

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА СБОРКИ-СВАРКИ ПЕРЕКРЫТИЯ КРЕПИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ МКЮ4У.56

УДК 621.757:621.791:622.28.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Бычек Д.С		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	К.П.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	К.Т.Н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата в	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Руководитель ВКР

А.В. Крюков

Студент гр. 3-10А41

Д.С. Бычек

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

Институт Юргинский технологический институт
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»
Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. руководителя ОПТ
_____ М.А. Кузнецов
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А41	Бычек Дмитрию Сергеевичу

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки перекрытия крепи механизированной МКЮ4У.56	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	13.01.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Материалы преддипломной практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Результаты проведенного исследования. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.МКЮ.4У.56.239.00.000 СБ Перекрытие Формат 2-А1 ФЮРА.МКЮ.4У.56.239.01.100 СБ Рама перекрытия Формат 2-А1 ФЮРА.000001.239.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное Формат 2-А1 ФЮРА.000002.239 ЛП План участка Формат А1 ФЮРА.000005.239 ЛП Экономическая часть Формат А1 ФЮРА.000004.239 ЛП Карта организации труда на производстве Формат А1
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Крюков А.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г.
Социальная ответственность	Солодский С.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент СП	Крюков А.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Бычек Д.С		

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 – 2019 учебного года)

Форма представления работы:

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Срока сдачи студентом готовой работы	20.05.19
--------------------------------------	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Обзор литературы	20
	Объекты и методы исследования	20
	Расчет и аналитика	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент СП	Крюков А.В	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:
<i>Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу перекрытия крепи МКЮ4У.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:
<i>1. Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления</i>
<i>2. Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями</i>
<i>3. Определение затрат на основные материалы</i>
<i>4. Определение затрат на вспомогательные материалы</i>
<i>5. Определение затрат на заработную плату</i>
<i>6. Определение затрат на силовую электроэнергию</i>
<i>7. Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.п.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Бычек Д.С		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А41	Бычек Дмитрию Сергеевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание технологического процесса, проектирование и участка сборки-сварки перекрытия крепи МКЮ4У.56 на предмет возникновения:	- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.4.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548.96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- физико-химическая природа вредностей, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной - защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
--	--

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	-механические опасности (источники, средства защиты); -термические опасности (источники, средства защиты); -электробезопасность (в т. ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); -пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
3. Охрана окружающей среды:	- защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Система вентиляции участка.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Бычек Д.С.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 с., 21 таблицу, 1 рисунок, 36 источников, 3 приложения, 10 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, производительность, план участка, приспособление, промышленная безопасность, себестоимость.

Объектом исследования является процесс изготовления перекрытия механизированной крепи МКЮ4У.56.

Цель работы - разработка технологии сборки – сварки и проектирование участка по изготовлению данного изделия с применением сварки в смеси газов.

В процессе работы рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочные и сварочные операции. В результате проведенной работы разработан технологический процесс.

Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоде предлагаемого технологического процесса.

Содержание

Введение	14
1 Обзор литературы.....	15
2 Объект и методы исследования	17
2.1 Описание сварной конструкции	17
2.2 Выбор способа сварки	17
2.3 Выбор сварочных материалов	18
2.4 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки.....	20
3 Расчет и аналитика	24
3.1 Качественная оценка основных элементов производства.....	24
3.1.1 Структура процесса изготовления сварной конструкции	24
3.1.2 Анализ вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	25
3.1.2.1 Требования к подготовке кромок.....	27
3.1.2.2 Требования к сварке при прихватке. Требования к прихватке (прихватке временных креплений).....	27
3.1.2.3 Требования к сварке при отрицательной температуре	28
3.1.2.5 Требования к сварке корневого валика. Требования к сварке	31
3.1.2.6 Требования к оформлению документации	33
3.1.2.7 Требования к контролю	33
3.1.3 Техническое нормирование операций.....	37
3.1.4 Расчет режимов сварки.....	42
3.1.5 Выбор оборудования	47
3.1.6 Разработка технической документации.....	48
3.1.7 Расчет основных элементов производства	48
3.1.7.1 Определение количества необходимого числа оборудования	48
3.1.7.2 Определение состава и численности рабочих.....	50
3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	51
3.2.1 Общая характеристика механического оборудования	52
3.2.2 Проектирование сборочно-сварочного приспособления	52
3.3 Рациональное размещение производственного процесса	55
3.3.1 Состав сборочно-сварочного цеха	55

3.3.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	56
3.3.3 Планировка заготовительных отделений	57
3.3.4 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	58
3.3.5 Планировка административно-конторских и бытовых помещений	59
4 Результаты проведенного исследования (разработки)	60
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	61
5.1 Сравнительный экономический анализ вариантов	61
5.2 Расчет объемов капитальных вложений	62
5.2.1 Определение капитальных вложений в сварочное оборудование и приспособления	62
5.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями	64
5.2.4 Затраты на вспомогательные материалы	65
5.2.5 Затраты на заработную плату	66
5.2.6 Затраты на силовую электроэнергию	67
5.2.7 Затраты на амортизацию и ремонт оборудования	68
5.2.8 Затраты на амортизацию приспособлений	69
5.2.9 Затраты на содержание помещения	70
5.3 Расчет технико-экономической эффективности	71
5.4 Основные технико-экономические показатели участка	72
6 Социальная ответственность	73
6.1 Описание рабочего места	73
6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	74
6.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	76
6.4 Охрана окружающей среды	78
6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	80
6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	80
6.7 Заключение по разделу социальная ответственность	81
Заключение	82
Список использованных источников	83
Приложение А Спецификация перекрытие крепи	
Приложение Б Спецификация Сборочно-сварочное приспособление	

Приложение В Технологический процесс.....

Диск CD-R

В конверте на
обложке

Графический материал

На отдельных листах

ФЮРА. МКЮ.4У.56.239.01.000 СБ Рама перекрытия

Формат 2-А1

ФЮРА. МКЮ.4У.56.239.00.000 СБ Перекрытие

Формат 2-А1

ФЮРА.000001.239.00.000 СБ. Приспособление сборочно-сварочное

Формат 2-А1

ФЮРА.000002.239 ЛП. План участка

Формат А1

ФЮРА.000003.239 ЛП. Вентиляция общеобменная

Формат А1

ФЮРА.000004.239 ЛП Экономическая часть

Формат А1

ФЮРА.000005.239 ЛП Карта организации труда на производственном участке

Формат А1

Введение

В настоящее время сварка является одним из ведущих процессов получения неразъемного соединения. Существует большая номенклатура видов сварки: ручная дуговая сварка; сварка в инертных активных газах; сварка под флюсом; электрошлаковая сварка; сварка давлением и т.д.

Наиболее распространена механизированная сварка в смеси газов $Ar + CO_2$, так как она имеет простой и эффективный технологический процесс, отличающийся гибкостью и универсальностью. Она имеет высокие технико-экономические показатели. Преимущества этого вида сварки заключается в следующем:

- высокая тепловая мощность дуги;
- высокое качество сварных швов;
- возможность сварки разнородных металлов и тонкостенных изделий.

В данной выпускной квалификационной работе производится проектирование участка сборки и сварки перекрытия секции крепи ФЮРА.МКЮ.4У.56.239.00.000 СБ. Целью данной работы является разработка производства с наибольшей степенью механизации и автоматизации повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшений условий труда.

1 Обзор литературы

При подготовке и выполнении данной работы были изучены нововведения в сфере механизированной сварки в защитных газах, технике сварки, применяемом оборудовании и оснастки.

Управление сварочной дугой и ее свойствами необходимо для повышения стабильности горения дуги и получения направленного переноса электродного металла в сварочную ванну, а также воздействия на процессы, протекающие в сварочной ванне и околошовной зоне.

К наиболее перспективным способам, обеспечивающим управление переносом электродного металла, а, следовательно, регулирование тепломассопереноса со снижением потерь электродного металла и влиянием на формирование сварного соединения, относятся основанные на применении источников сварочного тока с определенными алгоритмами управления. Современные сварные конструкции требуют высоких показателей качества. Импульсные процессы – один из методов, помогающих добиться высокого качества. Они позволяют снизить разбрызгивание, что сказывается на внешнем виде сварных соединений и снижает затраты на последующую механическую обработку. Сниженное тепловложение позволяет вести сварку без прожогов, а также в положениях, отличных от нижнего. Сейчас многие производители сварочного оборудования предлагают процесс сварки сжатой короткой дугой (форсированная дуга или SpeedArc). Форсированная дуга имеет ряд преимуществ перед дугой со струйным переносом:

- глубокое проплавление благодаря увеличенному давлению дуги на ванну жидкого металла;
- отсутствие подрезов благодаря короткой дуге;
- высокая производительность, обусловленная более высокой скоростью сварочного процесса и увеличением коэффициента наплавки (уменьшение числа проходов);
- уменьшение необходимой ширины разделки.

Процесс SpeedArc нацелен на повышение качества сварных соединений из толстолистового металла, связанного обеспечением гарантированного проплавления в корне шва, а также MIG/MAG сварки в узкую разделку. Функция SpeedArc в отличие от стандартной струйной дуги поддерживает уверенный струйный процесс переноса металла более короткой дугой. Дуга становится более сфокусированной, очень устойчивой. Благодаря высокому плазменному давлению в дуге обеспечивается более глубокое проплавление. При этом снижается тепловложение в основной металл и снижается вероятность возникновения таких дефектов, как подрезы [1, 2, 3].

Основываясь на приведенных выше статьях, выбирается механизированная сварка в смеси газов ($\text{Ar} + \text{CO}_2$) на оборудовании LORCH реализовавшим процесс SpeedArc.

2 Объект и методы исследования

2.1 Описание сварной конструкции

Изготавливаемое изделие – перекрытие, является сложной сварочной конструкцией выполняющей функцию опорной части секции крепи. Масса изделия равна 2720 кг.

Изготавливаемое изделие - перекрытие. Материал деталей стали: 14ХГ2САФД, 12ДН2ФЛ, 10ХСНД. Выбор этих сталей обусловлен необходимостью очень высокой надежности и прочности. Химический состав и механические свойства этих сталей приведены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Химический состав сталей в % (ГОСТ 19281-89) [4]

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	V
14ХГ2САФ	0,08-0,14	0,11-0,17	1,2-1,6	<0,04	<0,03	0,9	<0,05	<0,8	0,2
12ДН2ФЛ	0,08-0,16	0,40-0,90	0,20-0,40	<0,03	<0,03	1,3	0,3	2,0	0,12
10ХСНД	до0,12	0,5–0,8	0,8 – 1,1	<0,04	<0,03	0,6	0,9	0,50	-

Таблица 2.2 – Механические свойства сталей [4]

Сталь	σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ , %	КСУ (ударная вязкость), кДж/см ²
14ХГ2САФ	530	390	19	0,5
12ДН2ФЛ	650	390	12	-
10ХСНД	390	350	19	-

2.2 Выбор способа сварки

Способ сварки при разработке технологии следует выбирать таким образом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным исходными данными.

Основная применяемая низколегированная сталь 10ХСНД (таблица 2.1) обладает хорошей свариваемостью, при этом сварные соединения высокого качества получают без применения особых приемов.

В качестве рекомендуемых способов сварки, обеспечивающих качественное соединение с заданными свойствами при наименьших затратах на оборудование, рекомендуют для этих сталей ручной дуговой, под флюсом, плавящимся электродом в защитном газе и электрошлаковая.

Сталь 12ДН2ФЛ (таблица 2.1) – лито-сварные и комбинированные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °С. Желателен предварительный подогрев.

Сталь 14ХГ2САФ (таблица 2.1) – обладает хорошей свариваемостью, при этом сварные соединения высокого качества получают без применения особых приемов.

Принимаем способ сварки в смеси защитных газов плавящимся электродом.

2.3 Выбор сварочных материалов

Сварка ведется в среде защитных газов (смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона) по ТУ 2114-004-00204760-99.

Проволока Св-08ГСМТ ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Химический состав проволоки в % по ГОСТ 2246-70 [5]

Марка проволоки	Химический состав							
	C	Mn	Si	Ti	Ni	Cr	S	P
					не более			
Св-08ГСМТ	0,06-0,11	1,00-1,30	0,40-0,70	0,05-0,12	<0,03	<0,03	<0,025	<0,03

Таблица 2.4 – Механические свойства металла шва [5]

Марка проволоки	σ_b , МПа	δ , %	КСУ, кДж/см ²	
			20°C	-20°C
Св-08ГСМТ	452	18	120	75

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Состав CO₂, в % [6]

Содержание	Сорт		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
CO ₂ (не менее)	99,8	99,5	98,8
CO (не более)	0	0	0,05
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20°C (не более), г/см ³	0,178	0,515	не проверяют

В качестве инертного газа в смесь входит аргон по ГОСТ 10157-79.

Состав приведён в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Состав Ar, в % [7]

Содержание	Сорт	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не менее	0,0007	0,002
Объемная доля азота, %, не менее	0,005	0,01

Смесь изготавливают непосредственно на ООО «Юргинский машзавод» согласно требованиям ТУ 2114-004-00204760-99. Затем смесь централизованно подается через магистраль в цех к рабочим местам.

2.4 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней. При сварке в CO_2 тепловые характеристики дуги возрастают, что объясняется отчасти повышением доли теплоты, выделяющейся в результате химических реакций, и некоторым напряжением дуги. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO_2 :



С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более плавному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны [8].

Аргон, растекаясь по поверхности свариваемого изделия, защищает достаточно длительно довольно широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в CO_2 плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение CO_2 по реакции:



Окисление металла происходит по реакции:



Но в тоже время большая концентрация окиси углерода будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали:

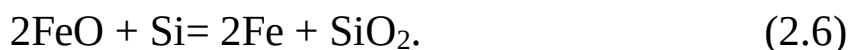


При сварке в CO_2 происходит потеря легирующих элементов. Это приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В результате возрастает вероятность образования пор из-за выделения оксида углерода в процессе кристаллизации, и снижаются механические свойства металла шва.

Образование пор из-за выделения оксида углерода при сварке углеродистых сталей предотвращается, если металл шва содержит до 0,12-0,14% С, не ниже 0,5-0,8% Мп. При этом металл шва характеризуется малой склонностью к образованию пор, трещин и достаточно высокими механическими свойствами.

В большинстве случаев при сварке сталей беспористые швы указанного выше состава получают при применении кремне – марганцовистых электродных проволок Св-08ГСМТ-О (Св-08Г2С), обеспечивающих малую загрязненность металла шва оксидными включениями.

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим сродством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



Окислы кремния и марганца образуют легкоплавкие соединения, которые в виде шлака всплывают на поверхность сварочной ванны. При сварке в углекислом газе количество шлака на поверхности шва составляет примерно от 1 до 1,5 % массы наплавленного металла [8].

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва выполняемого в защитной газовой среде проволокой Св-08ГСМТ остается на необходимом уровне.

При сварке в CO_2 наблюдается повышенное по сравнению с другими способами сварки разбрызгивание электродного металла. Этот недостаток ликвидируется, за счет использования газовой смеси на основе аргона. Некоторая часть капель расплавленного металла, вылетающих из зоны сварки, прилипает или сплавляется со свариваемой деталью, соплом горелки и токоподводящим наконечником. Налипание капель на поверхность сопла и токоподводящего наконечника может нарушить равномерную подачу электродной проволоки, ухудшить газовую защиту, поэтому необходимо периодически очищать сопло и токоподводящий наконечник от брызг.

Значительному снижению разбрызгивания электродного металла способствует добавление в смесь аргона. Это приводит к переходу от крупнокапельного переноса металла в дуге к струйному, что способствует улучшению сплавления, уменьшает подрезы, увеличивает производительность сварки и позволяет получать более плотные беспористые швы.

С увеличением выгорания кремния происходит образование горячих трещин, с уменьшением содержания кремния увеличивается количество расплавленного металла и уменьшается количество защитного газа на единицу массы переплавленного металла.

Технология сварки выбирается в зависимости от марки стали и требований, предъявляемых к сварным соединениям. Разработанная технология сварки должна обеспечивать получение достаточной работоспособностью при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в $Ar + CO_2$ должны соответствовать ГОСТ 14771-76, ГОСТ 23518-79. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений.

3 Расчет и аналитика

3.1 Качественная оценка основных элементов производства

3.1.1 Структура процесса изготовления сварной конструкции

В современном серийном сварочном производстве, существуют определенные принципы построения маршрута выпуска изделия. Так, при изготовлении продукции, включающей в себя некоторое количество деталей, на первом этапе из соответствующих элементов изготавливают сборочные единицы. Затем из сборочных единиц производят полную сборку изделия.

Производственный процесс изготовления перекрытия состоит из ряда операций: заготовительной, комплектовочной, сборочных, сварочных, слесарных, контрольных, транспортных.

Заготовительную операцию следует разбить на две подоперации: начальную обработку проката и изготовление деталей. Предварительная обработка металла включает зачистку, правку, вырезку заготовок из проката. Металл, прошедший предварительную обработку, поступает в заготовительное отделение цеха, где последовательно проходит ряд производственных операций по изготовлению деталей.

Сборка должна обеспечить точное взаимное расположение деталей и минимальные зазоры между ними.

Зазоры при сборке устанавливаются рабочими чертежами.

Сварка является одной из основных операций изготовления сварочного изделия. Она осуществляется в соответствии с технической документацией. Качество сварного изделия зависит от целого ряда факторов: правильности выбора сварочных материалов, оборудования, материала изделия, пространственного положения швов, квалификации сварщика и многих других.

Слесарная операция необходима для зачистки сварочного изделия от брызг расплавленного металла, правки изделия, если это необходимо.

Транспортная операция обеспечивает связь между отдельными рабочими местами, осуществляет перемещение материалов, деталей, сборочных единиц. Она осуществляется как при помощи межоперационного, так и внутрицехового, напольного транспорта.

Важное место в процессе производства изделия занимает операция контроля качества. Необходимо контролировать все факторы, которые могут повлиять на качество продукции. Основные из них, можно условно сгруппировать как технологические и конструктивные. Служба и система контроля в сварочном производстве должна предусматривать проверку основных технологических факторов, исходных материалов, оборудования, квалификации рабочих, технологического процесса и т. п.

3.1.2 Анализ вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

На рисунке 3.1 представлена схема изготовления перекрытия крепи.

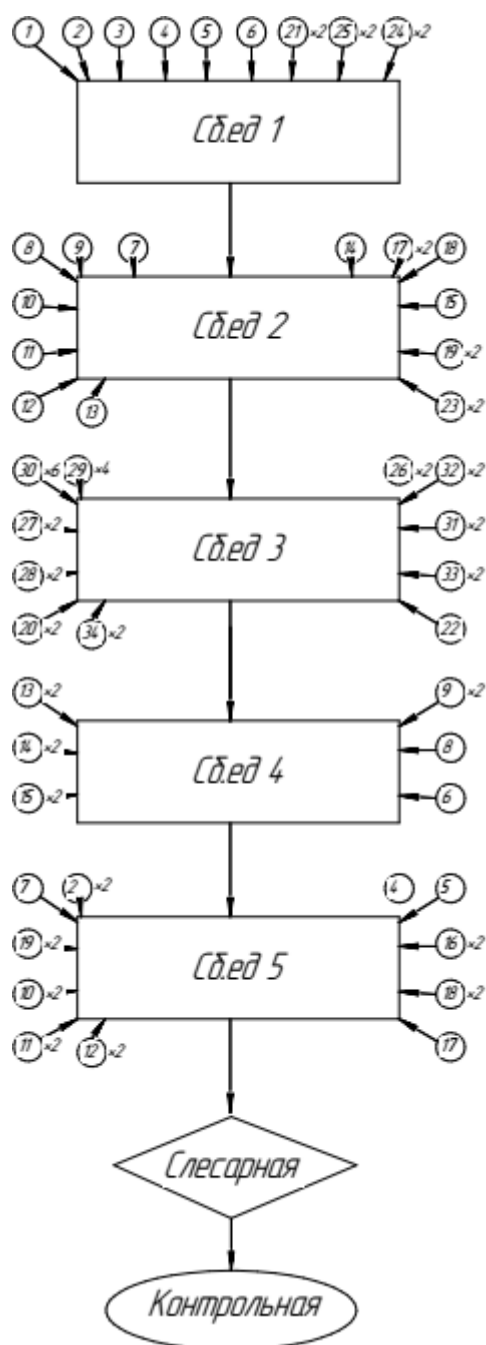


Рисунок 3.1 Схема изготовления изделия № 1

На основе представленной схемы разрабатываем технологию, которая приведена в приложении В.

3.1.2.1 Требования к подготовке кромок

Кромки под сварку обрабатывают способом, который обеспечивает необходимые формы, размеры, шероховатости, которые указываются в рабочих чертежах. Также необходимо обеспечить требуемые зазоры под сварку.

Размеры и допуски после обработки кромок под сварку должны соответствовать требованиям для дуговой сварки в защитном газе ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 23518-79.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм перед сборкой необходимо очистить от грязи, ржавчины, масла, влаги и др.

После кислородной и дуговой резки кромки заготовок необходимо очистить от шлака, брызг, наплывов металла. Зарезы не должны превышать 20% от общей длины кромки, но не более 150 мм в длину и 2 мм в глубину.

Непрямолинейность реза не должна превышать 1 мм, а все наплывы следует удалить и зачистить.

Также после дуговой резки кромки деталей нужно обработать на глубину от 1,5 до 2 мм от наибольшей впадины реза.

Необходимость механической обработки кромок деталей определяется согласно чертежам и технологической документации.

Если после машинной кислородной резки высота неровностей реза не превышает 0,3 мм, то обработку кромок можно не производить [9, 10].

3.1.2.2 Требования к сварке при прихватке. Требования к прихватке (прихватке временных креплений)

Прихватки элементов сварных конструкций должен выполнять сварщик той же квалификации, что и при сварке, при этом используются те же сварочные материалы. Сварочные материалы могут отличаться, если прихватка

и сварка выполняются различными видами сварки (например, прихватка ручной сваркой, а сварка полуавтоматом или автоматом).

Прихватки элементов сварных несущих конструкций должен выполнять сварщик, прошедший аттестацию в соответствии с правилами аттестации сварщиков Госгортехнадзора и имеющий соответствующие удостоверение.

Прихватки нужно располагать в местах расположения сварных швов.

Технологический процесс изготовления определяет количество, размеры и порядок их наложения.

В процессе наложения швов проектного сечения прихватки необходимо переплавить.

Для временного соединения деталей допускается наложение прихваток вне мест расположения швов, если это не создает добавочных концентраторов напряжений. В дальнейшем такие прихватки необходимо удалить и зачистить места из расположения.

После сборочных работ швы прихваток и места под сварку необходимо зачистить от шлака, брызг и окалины.

Если прихватки имеют дефекты, их необходимо удалить и выполнить заново [9, 10].

3.1.2.3 Требования к сварке при отрицательной температуре

Ручная и механизированная сварка стальных металлоконструкций производится без подогрева при температуре воздуха не ниже, указанной в таблице 3.1 [11].

Таблица 3.1 – Температура окружающего воздуха, при которой разрешается производить ручную и механизированную сварку стальных конструкций без подогрева

Толщина стали, мм	Температура воздуха, °С			
	Углеродистая сталь		Низколегированная сталь	
	Тип конструкции			
	Решетчатые	Листовые объемные и сплошные стенчатые	Решетчатые	Листовые объемные и сплошные стенчатые
До16 (включительно)	-20	-20	-20	-20
Свыше 16 до 30	-15	-15	-10	
» 30 до 40	-10	-10	0	5
» 40	0	0	5	10
Примечание. Ручную и механизированнуюсварку при температуре выше минус 20°С, но ниже указанной в таблице, необходимо производить с подогревом стали до 100 - 150 °С, в зоне выполнения сварки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.				

Сварка при отрицательной температуре (без подогрева) выполняется той же сварочной проволокой, что и при положительной температуре.

Если температура воздуха не ниже -20°С, то автоматическую сварку конструкций из углеродистой и низколегированной стали можно выполнять по той же технологии, что и при положительной температуре, при условии обеспечения необходимого качества сварного шва.

Автоматическую сварку можно вести при более низких температурах, но по специальной технологической документации, которая предусматривает увеличение тепловложения, снижение скорости охлаждения, что должно обеспечить получение качественного сварного соединения.

Если температура воздуха ниже минус 5°C, то все швы необходимо заварить полностью, последовательность предусматривается технологическим процессом сварки.

Допускаются перерывы только для смены электродной проволоки и зачистки сварного шва.

Не допускается прерывать сварку до выполнения заданного размера шва. Если прекращение сварки является вынужденным, то перед возобновлением процесса сварки необходимо выполнить подогрев, установленный технологией сварки.

Применение сварочных материалов, находившихся на морозе, возможно лишь после их просушки.

Перед началом холодного сезона (температура ниже минус 5°C), каждый сварщик должен пройти шестичасовую практику. Ее проводят на специальных образцах. После должны быть сварены контрольные образцы для механических испытаний.

Прошедшие данное испытание сварщики допускаются к сварке при любой более высокой температуре, а также при температуре ниже на 10°C, по сравнению с температурой на испытаниях.

Если необходимо осуществить сварку при более низкой температуре, то сварщики обязаны вновь сварить образцы для механических испытаний. Практику при этом повторять не требуется.

3.1.2.4 Требования к сборке сварного соединения

Сборка кромок под сварку должна соответствовать требованиям для дуговой сварки в защитном газе ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 23518-79.

При сборке под сварку необходимо обеспечить точность сборки деталей в пределах размеров и допусков, которые установлены рабочими чертежами.

Требуемая точность обеспечивается специальными сборочно-сварочными кондукторами и приспособлениями, которые должны исключать возможность появления деформаций, не затрудняя при этом выполнение сварки.

Приспособления, используемые при сборке под сварку, необходимо периодически проверять. Периодичность проверки, а также ее порядок устанавливает предприятие-изготовитель.

Перед сборкой, детали необходимо высушить, очистить и выровнять.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм перед сборкой необходимо очистить от ржавчины, грязи, масла, влаги и др.

Если необходимо перед сваркой дополнительно очистить место сварки и удалить концентрации влаги.

Зачистка должна обеспечить необходимое качество.

Приоритетное положение для сварки – нижнее, поэтому сборку по возможности осуществляют таким образом, чтобы обеспечить выполнение сварки преимущественно в нижнем положении.

Уступы и неровности, которые мешают правильной сборке, необходимо обработать.

Отклонения от геометрических размеров и формы, а также расположения поверхностей деталей в сборочной единице должны соответствовать указанным в чертежах.

3.1.2.5 Требования к сварке корневого валика. Требования к сварке

Сварку металлоконструкций необходимо производить в помещениях, которые исключают воздействие отрицательных атмосферных условий на качество сварных соединений.

Сварку на открытом воздухе допускается производить при условии применения специальных защитных приспособлений, которые надежно защищают место сварки и свариваемые поверхности от попадания осадков и ветра.

Механизированную сварку в защитных газах необходимо производить проволокой диаметром до 1,6 мм, вертикальные и потолочные швы - проволокой диаметром 0,8-1,2 мм.

Механизированную сварку в большинстве случаев выполняют с использованием выводных планок. В тех случаях, когда применение выводных планок невозможно, допускается производить сварку без них, но с обязательной заваркой кратера. При полуавтоматической сварке не рекомендуется зажигать дугу на основном металле вне границ сварного шва и выводить кратер на основной металл.

В случае перерыва в процессе сварки допускается возобновление после зачистки концевого участка сварного шва длиной не менее 50 мм и кратера от шлака. Кратер необходимо полностью перекрыть швом.

При двухсторонней сварке первым необходимо проварить корень шва, затем очистить шлак и протекший металл, после чего наложить с обратной стороны основной шов.

При многослойной сварке после наложения каждого слоя нужно зачистить швы и свариваемые кромки от шлака, обнаруженные дефекты необходимо устранить согласно технологии предприятия-изготовителя.

В случаи если применяются закрепления и обратные выгибы для выполнения определенных швов, необходимо их удалить после полного остывания детали. Сварку с закреплением деталей проводить только, если данное закрепление предусмотрено технологическим процессом.

После завершения сварки все швы, а также прилегающую к ним зону основного металла очистить от шлака, брызг, натеков металла, и удалить выводные планки. Удаление выводных планок осуществлять кислородной резкой или механическим путем, после этого торцы швов зачистить. Запрещается удалять выводные планки ударами молотка или кувалды.

Зачистку сварных брызг разрешается не проводить в труднодоступных местах металлоконструкции, если это указано в конструкторской документации.

После выполнения сварки каждый сварщик должен поставить свое клеймо: если одну металлоконструкцию сваривает группа сварщиков, то клеймо ставится рядом с выполненным швом, если сварку выполнял один сварщик, то клеймо ставится один раз в определенном месте, которое предусматривает чертеж или технологическая документация [9, 10].

3.1.2.6 Требования к оформлению документации

Документы специального назначения предназначены для описания технологических процессов и операций в зависимости от типа производства. К числу обязательных документов для единичного и мелкосерийного производства относится маршрутная карта (МК). Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологических документов, разрабатываемых на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и их составных частей. В ней дается полное описание технологического процесса, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали (изделия) в технологической последовательности его изготовления (ремонта) с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах. Формы МК, установленные ГОСТ 3.1118 – 82, являются унифицированными, и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

3.1.2.7 Требования к контролю

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки.

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [12].

Дефекты сварных соединений – отклонения от заданных свойств, сплошности и формы шва, свойств и сплошности околошовной зоны, что приводит к нарушению прочности и других эксплуатационных характеристик изделия.

Дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные.

Дефекты формы и размеров шва:

- неполномерность швов;
- неравномерность шва;
- несимметричность шва;
- бугристость шва;
- грибовидность;
- боковые выплески металла;
- подрезы шва;
- наплывы;
- прожоги.

Дефекты, нарушающие сплошность сварных соединений:

- непровары;
- трещины;
- поры;
- шлаковые включения.

Дефекты могут быть допустимыми и недопустимыми. Вид и размер допустимых дефектов обычно указывается в технических условиях или стандартах на данный вид изделия.

Проверка качества сварки в готовом изделии производится внешним осмотром и измерением сварного шва. Внешним осмотром выявляют несоответствие шва геометрическим размерам, наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, трещины, непровары, свищи и поры и т.д. [12].

Сварные соединения рассматриваются невооружённым глазом или с помощью лупы при хорошем освещении с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100%; обмер швов производят с помощью

инструментов и шаблонов –катетометров. Неразрушающими методами (капиллярный метод неразрушающего контроля (ГОСТ 18442-80) [12] в объеме, указанном в КД.

Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними.

Сварка, как и другие процессы обработки металлов, вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температур при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.

В зависимости от времени существования:

- временные– существующие лишь в определённый момент времени;
- остаточные – остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей.

В зависимости от размеров области:

- напряжения первого рода, которые действуют и уравниваются в крупных объёмах, соизмеримых с размерами изделия или его основных частей;
- напряжения второго рода – уравниваются в микрообъёмах тела в пределах одного или нескольких зёрен металла;
- напряжения третьего рода – уравниваются в объёмах, соизмеримых с атомной решёткой.

Сварочные напряжения являются напряжениями первого рода.

По направлению действия напряжения и деформации различают:

- продольные (вдоль оси шва);
- поперечные (поперёк оси шва).

По виду напряжённого состояния:

- линейные (действующие в одном направлении);
- плоскостные (действующие в двух направлениях);
- объёмные (действующие в трёх направлениях).

В зависимости от изменения при сварке форм и размеров детали различают:

- деформации в плоскости – проявляются в изменении формы и размеров детали. Они могут быть продольными, поперечными и изгибающими;
- деформации из плоскости – проявляются в образовании поперечных или продольных волн, изломов и т.д.

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно расчленить на две основные группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений;
- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений [12].

С целью предотвращения развития деформаций, обеспечения требуемых форм и точности сварных конструкций, проводятся различные мероприятия, начиная со стадии проектирования и, кончая самим процессом изготовления сварного изделия:

- минимальная протяжённость сварных швов, минимальное сечение швов, удовлетворяющее расчётным условиям, что приводит к уменьшению остаточных деформаций и напряжений;
- симметричное расположение швов;
- оптимизация последовательности сборочно-сварочных работ;
- закрепление изделия в приспособлениях;
- прихватка деталей для исключения смещения их при сварке.

Эти меры в полной мере обеспечивают достаточно хорошее качество изделия. Применение каких-либо других способов борьбы с деформациями и напряжениями нецелесообразно, так как это ведёт к неоправданному удорожанию изделия.

На участке сборки и сварки перекрытия ФЮРА.МКЮ.4У.56.349.01.000СБ осуществляются следующие методы

контроля качества: визуальный (контроль наличия непроваров, прожогов, трещин), и капиллярная дефектоскопия.

3.1.3 Техническое нормирование операций

Техническое нормирование – является основой правильной организации труда и заработной платы, а технические нормы времени - основным критерием при расчёте потребного количества и загрузки оборудования и определение числа рабочих [13].

Норма штучного времени $T_{ш}$, мин, для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [13]:

$$T_{ш} = (T_{н.ш.к} \cdot L + t_{ви}) \cdot K_n, \quad (3.1)$$

где $T_{н.ш.к}$ – неполное штучно-калькуляционное время, ч;

L – длина свариваемого шва по чертежу, м;

$t_{ви}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования.

Неполное штучно-калькуляционное $T_{ншк}$ определяется по формуле:

$$T_{н.ш.к} = (T_0 + t_{вш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{п-з}}{100}\right), \quad (3.2)$$

где T_0 – основное время сварки, ч;

$t_{вш}$ – вспомогательное время сварки, зависящее от длины сварочного шва, мин;

$a_{обс.}$; $a_{отл.}$; $a_{п-з}$; – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные нужды, подготовительно-заключительную работу, процент к оперативному времени.

Для механизированной сварки в смеси газа плавящимся электродом сумма коэффициентов ($a_{\text{обст}} + a_{\text{отл}} + a_{\text{пз}}$) составляет 28,8 % [13].

Основное время для механизированной сварки в защитном газе определяется по формуле [13]:

$$T_o = \frac{F_1 \cdot \gamma \cdot 60}{I_1 \cdot \alpha} \cdot \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_n \cdot \alpha} \cdot n, \quad (3.3)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм²;

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³; (при сварке сталей составляет 7,8 г/см³);

α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Для примера определим норму времени согласно операции 050 технологического процесса.

Исходные данные:

- марки сталей: 14ХГ2САФД и 10ХСНД;

- марка электродной проволоки: Св-08ГСМТ;

- сварной шов угловой многопроходный без скоса кромок;

- шов №4 ГОСТ 14771-76-Н1-Δ12;

- длина шва - 21200 мм;

- положение шва нижнее;

- площадь поперечного сечения наплавленного металла шва с катетом 12 мм, $F = 86,4$ мм²;

- коэффициент наплавки для сварочной проволоки Св-08ГСМТ при механизированной сварке легированных сталей в среде $Ar + CO_2$, при вылете электрода $L = 13$ мм составляет $\alpha_n = 15$ г/(А·ч)

-из установленного производителем сварочного оборудования режима сварки (зависит от толщины свариваемого металла) принимаем величину сварочного тока $I=250\text{A}$.

При сварке в среде углекислого газа $K_{\text{шп}}=1$. Определяем основное время сварки по формуле 3.3 [13]:

$$T_0 = \frac{40 \cdot 7,85 \cdot 60}{250 \cdot 15} + \frac{46,4 \cdot 7,85 \cdot 60}{250 \cdot 15} \cdot 1 = 10,854 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.ш.к}} = (T_0 + t_{\text{в.ш}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обс.}} + a_{\text{отл.}} + a_{\text{п-з}}}{100}\right), \quad (3.4)$$

$$T_{\text{н.ш.к}} = (10,854 + 0,5) \cdot (1 + 28,8/100) = 9,99 \text{ мин.} = 0,17 \text{ ч.}$$

где $t_{\text{в.ш}}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва согласно литературе [13] составляет 0,75 мин.; $K_{\text{п}} = 1,2$

$$T_{\text{ш}} = (9,99 \cdot 21,2 + 0,78) 1,2 = 255,08 \text{ мин.} = 4,25 \text{ ч.}$$

Полученные при расчёте данные сводим в таблицу 3.2 и 3.3 аналогично.

Таблица 3.2 – Расчёт норм времени на изготовление перекрытия

№ операции	Наименование операции	Базовый технологический процесс	
		T_0 , мин.	$T_{\text{ш}}$, мин.
1	2	3	4
005	Комплектование	-	-
010	Слесарно-сборочная	-	88,2
015	Сварка	6,8	7,8
020	Слесарная	-	16,2
025	Сборка - сварка	204,0	228,0
030	Контроль	-	12,3
035	Слесарно-сборочная	-	118,2
040	Сварка	-	Уч. в оп. 050

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4
045	Слесарно-сборочная	-	45,0
050	Сварка	2440,2	2454,0
055	Слесарная	-	66,0
056	Контроль	-	8,9
060	Контроль	-	14,2
065	Слесарно-сборочная	-	44,4 Ост.уч. в оп.
070	Сварка	156,0	156,0
075	Слесарная	-	16,8
080	Контроль	-	22,1
085	Слесарно-сборочная	-	18,0
090	Сварка	1176,0	1188,6
095	Слесарная	-	88,2
100	Контроль	-	15,6
105	Контроль	-	9,1
110	Обработка резанием	-	-
115	Слесарно-сборочная	-	30,0
120	Сварка	29,4	29,4
125	Слесарно-сборочная	-	32,4
130	Сварка	823,4	823,4
135	Слесарная	-	83,4
140	Контроль	-	25,0
	ИТОГО	4835,8	5641,2

Таблица 3.3 – Нормы времени на изготовление перекрытия

№ операции	Наименование операции	Предлагаемый технологический	
		Т _о , мин.	Т _ш , мин.
1	2	3	4
005	Комплектование	-	-
010	Слесарно-сборочная	-	71,2
015	Сварка	5,44	6,44
020	Слесарная	-	16,2

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4
025	Сборка–сварка	163,2	187,2
030	Контроль	-	12,3
035	Слесарно-сборочная	-	109,2
040	Сварка	-	Уч. в оп. 050
045	Слесарно- сборочная	-	45,0
050	Сварка	1952,16	1965,96
055	Слесарная	-	66,0
056	Контроль	-	8,9
060	Контроль	-	14,2
065	Слесарно-сборочная	-	44,4Ост. уч. воп.
070	Сварка	124,8	124,8
075	Слесарная	-	16,8
080	Контроль	-	22,1
085	Слесарно-сборочная	-	18,0
090	Сварка	940,8	953,4
095	Слесарная	-	88,2
100	Контроль	-	15,6
105	Контроль	-	9,1
110	Обработка резанием	-	-
115	Слесарно-сборочная	-	30,0
120	Сварка	23,52	23,52
125	Слесарно- сборочная	-	32,4
130	Сварка	576,38	576,38
135	Слесарная	-	83,4
140	Контроль	-	25,0
	ИТОГО	3920,04	4725,44

3.1.4 Расчет режимов сварки

Расчёт режима дуговой сварки.

Параметры режима дуговой сварки в смеси газов плавящимся электродом следующие [14]:

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки;

V_c – скорость сварки;

I_c – сварочный ток;

U_c – напряжение сварки;

$l_в$ – вылет электродной проволоки;

$V_{эл}$ – скорость подачи электродной проволоки;

$n_{пр}$ – общее количество проходов;

$g_{зг}$ – расход защитного газа.

Для примера производим расчёт технологического процесса сборки и сварки перекрытия операции 050. Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08ГСМТ, в нижнем положении Тип соединения Т1-Δ14 по ГОСТ 14771-76, сварка многопроходная.

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла соответствующего прохода (корневого, заполняющего), мм [14];

$$d_{эл} = K_d \cdot F_{Hi}^{0,625}. \quad (3.5)$$

Коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации.

Ориентировочно площадь корневого и заполняющего проходов при нижнем положении шва принимаем $F_{HK} = 20 \text{ мм}^2$ и $F_{HЗ} = 40 \text{ мм}^2$.

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла:

$$F_{ho} = 0,6 \cdot K^2 = 0,6 \cdot 14^2 = 117,6 \text{ мм}^2. \quad (3.6)$$

Определим общее количество проходов:

$$n_{ho} = \frac{F_{ho} - F_{hk}}{F_{hz}} + 1 = \frac{117,6 - 20}{40} + 1 = 3,44. \quad (3.7)$$

Примем $n_{ho} = 4$.

Уточним площадь F_{hz} с учетом количества проходов:

$$F_{hz} = \frac{F_{ho} - F_{hk}}{n_{ho} - n_{hk}} = \frac{117,6 - 20}{4 - 1} = 32,5 \text{ мм}^2. \quad (3.8)$$

Рассчитаем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{эпк}$ и заполняющих $d_{эпз}$, $K_d = 0,149 \dots 0,409$:

$$d_{эпк} = (0,149 \dots 0,409) \cdot F_{hk}^{0,625} = (0,149 \dots 0,409) \cdot 20^{0,625} = (0,969 \dots 2,66) \text{ мм}, \quad (3.9)$$

$$d_{эпз} = (0,149 \dots 0,409) \cdot F_{hz}^{0,625} = (0,149 \dots 0,409) \cdot 32,5^{0,625} = (1,289 \dots 3,538) \text{ мм}. \quad (3.10)$$

Примем стандартные значения диаметра сварочной проволоки [14]:

$$d_{эпк} = 1,2 \text{ мм. и } d_{эпз} = 1,2 \text{ мм.}$$

Рассчитаем скорость сварки для корневого, заполняющего и проходов:

$$V_{ск} = \frac{8,9 \cdot d_{эпк}^2 + 50,6 \cdot d_{эпк}^{1,5}}{F_{hk}} = \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{20} = 3,97 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (3.11)$$

$$V_{сз} = \frac{8,9 \cdot d_{эпз}^2 + 50,6 \cdot d_{эпз}^{1,5}}{F'_{hz}} = \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{32,5} = 2,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}. \quad (3.12)$$

Принимаем $V_{ск} = 4 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$, $V_{сз} = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

При известных площадях наплавленного металла, диаметрах электродных проволок и скорости сварки рассчитаем скорости подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{\text{ЭПК}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СК}} \cdot F_{\text{НК}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 20}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 78,6 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (3.13)$$

$$V_{\text{ЭПЗ}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СЗ}} \cdot F'_{\text{НЗ}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^2 \cdot (1 - \psi_p)} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 32,5}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 93 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (3.14)$$

Рассчитаем сварочный ток для корневого, заполняющего и проходов при сварке на обратной полярности:

$$\begin{aligned} I_{\text{СК}}^+ &= d_{\text{ЭПК}} \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПК}} \cdot V_{\text{ЭПК}} + 145150} - 382 \right) = \\ &= 1,2 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 78,7 + 145150} - 382 \right) = 197 \text{ А}, \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{СЗ}}^+ &= d_{\text{ЭПЗ}} \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot d_{\text{ЭПЗ}} \cdot V_{\text{ЭПЗ}} + 145150} - 382 \right) = \\ &= 1,2 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 93 + 145150} - 382 \right) = 227 \text{ А}. \end{aligned} \quad (3.16)$$

Определим напряжение сварки для корневого, заполняющего и проходов:

$$U_{\text{С}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\text{С}}, \quad (3.17)$$

$$U_{\text{СК}} = 14 + 0,05 \cdot 220 = 25 \text{ В},$$

$$U_{\text{СЗ}} = 14 + 0,05 \cdot 250 = 26,5 \text{ В}.$$

Расход защитного газа для соответствующих проходов:

$$q_{\text{ЗГ}} = 3,3 \cdot 10^{-3} I_{\text{С}}^{0,75}, \quad (3.18)$$

$$q_{\text{ЗГК}} = 3,3 \cdot 10^{-3} I_{\text{СК}}^{0,75} = 3,3 \cdot 10^{-3} 220^{0,75} = 0,189 \text{ л/мин} = 11,3 \text{ л/ч},$$

$$q_{\text{ЗГЗ}} = 3,3 \cdot 10^{-3} I_{\text{СЗ}}^{0,75} = 3,3 \cdot 10^{-3} 250^{0,75} = 0,207 \text{ л/мин} = 12,4 \text{ л/ч},$$

Аналогично проводим расчёт режимов сварки остальных швов, полученные результаты сводим в таблицу 4.1.

Таблица 3.4 – Режимы для механизированной сварки сборочной единицы (рама перекрытия)

№ шва	Тип шва	Катет шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Кол-во проходов	Расход газа, л/мин
1	T1	5	1,2	240...260	25...27	1	14...16
2	T1	12	1,2	220...250	25...27	3	11...12
3	T1	14	1,2	220...250	25...27	4	11...12
4	H1	12	1,2	220...250	25...27	3	11...12
5	T3	8	1,2	240...260	25...27	1	14...16
6	T3	14	1,2	220...250	25...27	4	11...12
7	H1	2	1,2	80...100	19...20	1	8...9
8	T1	-	1,2	240...260	25...27	5	14...16
9	T3	-	1,2	240...260	25...27	7	14...16
10, 11 12, 13 14, 15	Нест.		1,2	240...260	25...27	1	14...16

Таблица 3.5 – Режимы для механизированной сварки перекрытия

№ шва	Тип шва	Катет шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Кол-во проходов	Расход газа, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
1	T1	5	1,2	240...260	25...27	1	14...16
2	T1	8	1,2	240...260	25...27	1	14...16
3	T1	12	1,2	220...250	25...27	3	11...12
4	T1	14	1,2	220...250	25...27	4	11...12

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
5	T3	8	1,2	240...260	25...27	1	14...16
6	У6		1,2	240...260	25...27	1	14...16
7	T6		1,2	240...260	25...27	1	14...16
8	H1	5	1,2	240...260	25...27	1	14...16
9	H1	14	1,2	220...250	25...27	4	11...12
10, 11 12, 13	Нест.		1,2	240...260	25...27	1	14...16

На основании данных производителя[15] сварочного оборудования LORCH режим SpeedArc нацелен на повышение качества сварных соединений из толстолистового металла, связанного с обеспечением гарантированного проплавления в корне шва. Функция SpeedArc в отличие от стандартной струйной дуги поддерживает уверенный струйный процесс переноса металла более короткой дугой. Дуга становится более сфокусированной, очень устойчивой. Благодаря высокому плазменному давлению в дуге обеспечивается более глубокое проплавление. При этом снижается тепловложение в основной металл и снижается вероятность возникновения таких дефектов, как подрезы. Этот режим позволяет не только существенно снизить расход сварочных материалов, но и повысить производительность сварки за счет уменьшения количества проходов при многопроходной сварке. За один проход возможна сварка металла толщиной до 15 мм. SpeedArc - высокопроизводительный процесс сварки со струйным переносом металла короткой дугой с высокой плотностью энергии, который за счет более эффективного использования энергии дуги допускает увеличение скорости сварки до 30 % в сравнении с обычной сваркой в защитном газе.

Рекомендуются следующие режимы сварки в зависимости от толщины свариваемого металла:

S=16 мм. $I_{св}$ =360-375 А U=34-35В расход з.г.16,8 л/ч.

S=20 мм. I_{св}=400-415А U=35-36В расход з.г.18,1 л/ч.

S=25 мм. I_{св}=420-440А U=36-37 В расход з.г.19,8 л/ч.

3.1.5 Выбор оборудования

Для сварочных операций выбираем следующее оборудование обеспечивающее процесс форсированной дуги.

Таблица 3.6 – Технические характеристики сварочного аппарата LorchS8 [16]

Характеристика	Значение
Сварочный ток, А	25-500
Регулировка напряжения	плавная
Сварочная проволока	
Сталь, мм	0,6-1,6
Алюминий, мм	1,0-2,4
Ток при 100% ПВ, А	400
Ток при 60% ПВ, А	500
ПВ при макс. токе, %	60
Габариты, мм	1116*463*852
Масса источника, кг	107,3
Масса подающего, кг	20,2

Таблица 3.7 – Технические характеристики сварочного аппарата ПДГ-350 «Корунд» [17]

Характеристика	Значение
Сварочный ток, А	50-350
Регулировка напряжения	28 ступеней
Сварочная проволока	0,8-1,2
Ток при 100% ПВ, А	230
Ток при 60% ПВ, А	300
Ток при 45% ПВ, А	350
Габариты, мм	940*480*790

3.1.6 Разработка технической документации

Все решения, принятые в процессе ТПП изделия должны быть документально оформлены. К технологическим документам (ТД) относят текстовые и графические документы отдельно или в совокупности определяющие ТП изготовления или ремонта изделия с учетом контроля и перемещения, комплектацию деталей и сборочных единиц и маршрут прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия по службам предприятия. Создаваемая технологическая документация выполняет две основные функции – организационную и информационную. В рамках организационной функции ТД обеспечивает изготовление деталей и сборочных единиц, служит средством организации труда всех участников производственного процесса. Информационная функция заключается в том, что ТД содержит необходимую информацию для различных служб предприятия, в частности, используемую для определения загрузки оборудования участков, цехов и предприятия, установления потребности в средствах технологического оснащения и материалах, расчета себестоимости изделия.

Технологический процесс производства верхней секции приведен в приложении В.

3.1.7 Расчет основных элементов производства

3.1.7.1 Определение количества необходимого числа оборудования

Необходимое количество оборудования и приспособлений $n_{об.i}$, шт, определяется по формуле [19]:

$$n_{об.i} = \frac{T_{шт} \cdot N_{год}}{F_d}, \quad (3.19)$$

Г

где $T_{шт}$ – трудоемкость работ, выполняемых в этой операции, н/час;

$N_{год}$ – заданная годовая программа выпуска изделий, шт/год;

$F_{д.об.}$ – действительный годовой фонд работы оборудования, час;

$F_{д.об.}=3760$ ч.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.8 и 3.9.

Коэффициент загрузки оборудования и приспособлений $k_{зи}$, %, определяется по формуле [19]:

$$k_{зи} = \frac{n_{об.и}}{n_{об.пр.}} \cdot 100\% \quad (3.20)$$

где $n_{об.и}$ – расчетное количество оборудования и приспособлений, шт.;

$n_{об.пр.}$ – принятое количество оборудования и приспособлений, шт.

Таблица 3.8 – Количество сварочного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Технологический процесс	$C_{п}$, шт	$K_{зо}$
Базовый	7	71
Предлагаемый	5	75

Таблица 3.9 – Необходимое число оснастки и коэффициент его загрузки

Номер операции	Наименование	$T_{ш}$, мин.	$C_{р}$, шт.	$C_{п}$, шт.	$K_{зо}$, %
Базовый технологический процесс					
010-015	Плита сборочная	96	0,085	1	8,5
020-060	Кантователь	2962,8	2,63	3	88
065-140	Плита сборочная	2582,4	2,29	3	76
Предлагаемый технологический процесс					
010-015	Приспособление ФЮРА.000001.349.00.0000 СБ	77,64	0,067	1	6,7
020-060	Позиционер	2424,96	1,92	2	95,8

065-140	Плита сборочно-сварочная	2230,7	1,7	2	86,6
---------	--------------------------	--------	-----	---	------

3.1.7.2 Определение состава и численности рабочих

Состав, рабочих в сборочно-сварочном цехе, подразделяется на группы:

- основные производственные рабочие;
- вспомогательные рабочие;
- инженерно-технические работники (ИТР);
- младший обслуживающий персонал (МОП).

Общее, требуемое для участка списочное и явочное количество производственных рабочих, определяется по формулам:

$$P_{\text{сп}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.21)$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.22)$$

где $F_{\text{н}}$ —номинальный фонд времени рабочих, $F_{\text{н}}=1981$ ч. [19];

$F_{\text{д}}$ —действительный фонд времени рабочих, $F_{\text{д}}=1740$ ч. [19];

$P_{\text{яв}}$ и $P_{\text{сп}}$ —расчетные значения соответственно явочного и списочного состава производственных рабочих, результаты заносим в таблицу 3.10.

Остальные категории работников рассчитываем в процентном соотношении от списочного количества рабочих:

- $P_{\text{всп}}=P_{\text{сп}} \cdot \Pi/100$, вспомогательные рабочие -25% от количества основных рабочих[19];

- $P_{\text{итр}}=(P_{\text{сп}}+P_{\text{всп}}) \times \Pi/100$, ИТР - 8% от суммы основных и вспомогательных рабочих [19];

- младший обслуживающий персонал (МОП) - 2% от суммы основных и вспомогательных рабочих [19];

- контролеры качества продукции - 1% от суммы основных и вспомогательных рабочих [19].

Таблица 3.10 – Количество рабочих на участке

Вариант технологического процесса	Базовый	Предлагаемый
Трудоемкость $T_{ш}$, мин.	5641,2	4725,44
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{сп}$ и $P_{п}$, чел.	10,81/11	8,03/9
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	9,49/10	7,05/8
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	2,75/3	2,23/3
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	1,12/2	0,8/1
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,28/1	0,2/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,14/1	0,1/1

Определяем коэффициент сменности по формуле [19]:

$$k_p = P_{яв} / P_{яв1} \quad (3.23)$$

где k_p – коэффициент сменности,

$P_{яв1}$ – число рабочих в первую смену, чел.

Для базового технологического процесса: $k_p = 10/5 = 2$.

Для предлагаемого технологического процесса: $k_p = 8/4 = 2$.

3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

3.2.1 Общая характеристика механического оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных изделий представляет собой одну из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Сборочные операции при изготовлении сварных конструкций имеют целью – обеспечение правильного взаимного расположения деталей собираемого изделия. Наиболее рационально для сборки использовать прижимы.

Основными требованиями к сборочно-сварочным приспособлениям являются:

- свободный доступ к деталям;
- обеспечение рациональной последовательности сборки;
- обеспечение минимального числа кантовок изделий;
- безопасность в работе;
- прочность и жесткость приспособления.

В связи с тем, что изделие обладает значительной массой для кантовки и перемещения используется кран мостовой грузоподъемностью 10 тонн.

3.2.2 Проектирование сборочно-сварочного приспособления

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства. Специфическая особенность этого производства - резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно сварочные операции по трудоемкости составляют всего 25-30 % общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75 % приходятся на долю сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и

автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75 % всего комплекса цехового оборудования [20].

К конструкциям сборочно-сварочных приспособлений предъявляются многочисленные требования. В связи с разделением приспособлений по назначению на три группы можно отдельно рассмотреть требования, предъявляемые к каждой из них.

В случае если изделие собирается отдельно и операция сборки не связана с последующими операциями сварки и транспортировки, то к сборочным устройствам предъявляются общие требования: приспособление должно обеспечивать качество сборки, требуемую производительность, невысокую стоимость и малую трудоемкость.

Если приспособление предназначено для сборки и сварки изделия одновременно, то необходимо наложить ряд дополнительных требований и ограничений на конструкцию приспособления [20]:

- 1) удобство и безопасность в работе;
- 2) применение наиболее простых и надежных фиксаторов, не деформирующих поверхность деталей изделия;
- 3) обеспечение быстрой и надежной установки изделия;
- 4) минимальные поверхности соприкосновения поверхностей изделия и фиксирующих устройств;
- 5) прочность и надежность оснастки;
- 6) минимальное количество отъемных частей во избежание их потери;
- 7) использование унифицированных, нормализованных и стандартных деталей и механизмов для обеспечения быстрого изготовления, повышения ремонтпригодности приспособления и снижения стоимости;
- 8) обеспечение длительной неизменности размеров;
- 9) обеспечение заданной последовательности сборки и наложения швов;

10) обеспечение сборки изделия с одной установки, наименьшего числа поворотов при сборке;

11) обеспечение быстрого отвода тепла из зоны сварки для уменьшения коробления изделия;

12) применение механизмов для загрузки, подачи и установки деталей и выгрузки собранного изделия;

13) возможность смены изнашиваемых частей и демонтажа фиксаторов;

14) быстрая установка поворотных стапелей и приспособлений в нужное положение;

15) смазка устройств без разбора механизмов;

16) отсутствие острых кромок и углов;

17) исключение подгоночных и доделочных работ с изделием после его сборки и сварки в приспособлении;

18) малый вес приспособлений, которые вместе с собираемым изделием удерживаются на весу.

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используются сборочно-сварочное приспособление и позиционеры. В разработанном сборочном приспособлении ФЮРА.000001.239.00.000СБ установлены откидные опоры и пневмоприжимы.

3.3 Рациональное размещение производственного процесса

3.3.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [18].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цеха могут включать следующие отделения и помещения:

- производственные отделения: заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла.

- сборочно-сварочное отделение, подразделяющееся обычно на узловую и общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления пороков, нанесения покрытий и отделки продукции;

- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно-конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [18].

Проектируемый в составе завода самостоятельный сборочно-сварочный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым сборочно-сварочным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу в целом.

При проектировании как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий.

3.3.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

Размещение цеха – всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [18].

Для проектируемого участка сборки-сварки перекрытия принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением

производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется кран – балкой.

3.3.3 Планировка заготовительных отделений

Заготовительные отделения сборочно-сварочного цеха обычно располагают в продольных пролетах. При этом они либо служат продолжением продольных пролетов сборочно-сварочных отделений, либо располагаются параллельно этим пролетам.

Заготовительные отделения для компоновки, когда пролеты сборочно-сварочного и заготовительного отделений составляют продолжения один другого, планируют в следующем порядке:

- из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортов металлов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;
- общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортов металлов;
- количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения [19].

Если при планировке заготовительного отделения требуемое число пролетов последнего получается меньше установленного количества пролетов для сборочно-сварочного отделения, площадь, остающаяся в пролетах, не занятых заготовительным отделением, используют для размещения различных

вспомогательных производств и помещений (мастерских – инструментальной, ремонтной) [19].

3.3.4 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

При разработке плана отделений узловой и общей сборки и сварки основным является определение требуемого числа пролетов и необходимых размеров каждого из них – длины, ширины, высоты. Эти параметры, принятые приблизительно при составлении компоновочной схемы цеха, подлежат уточнению в процессе подробной разработки технологического плана с учетом рекомендуемых размеров пролетов по нормам технологического проектирования.

При детальном проектировании основным методом уточнения указанных параметров плана отделений сборки и сварки служит последовательное (по ходу выполнения технологического процесса) размещения на плане принятого по расчету количества оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест. При этом стремятся не только обеспечить прямоточность производства, но также достигнуть наилучшего использования грузоподъемности транспортных средств.

В схеме компоновки цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей сборки и сварки каждого изделия расположены в одних и тех же продольных пролетах, специализация которых осуществляется по производству отдельных типов заданных для изготовления изделий. В связи с этим для рассматриваемой схемы планировки цеха необходимое число пролетов зависит от количественного соотношения заданных к производству изделий разных типов. В таком случае требуемое число пролетов можно приблизительно оценить на основе их специализации с уточнением его в процессе последующего размещения оборудования и рабочих мест на плане проектируемого цеха [18].

После проведения всех подсчетов и установления на основе указанных выше соображений рационального взаимного расположения продольных пролетов приступают к нанесению на бумагу в принятом масштабе сетки колонн проектируемого цеха и к размещению в его пролетах оборудования и рабочих мест.

Планировку элементов производства в каждом пролете сборочно-сварочных отделений выполняют сообразно с последовательностью работ, указанной в ранее разработанной карте технологического процесса.

Одновременно с вычерчиванием габаритов рабочих мест в проходах, вокруг последних указывают также размещение рабочих.

3.3.5 Планировка административно-конторских и бытовых помещений

При каждом сборочно-сварочном цехе либо в отдельном здании вблизи цеха должны быть предусмотрены административно-конторские и бытовые помещения.

Все бытовые и административно-конторские помещения цеха часто размещают в особой пристройке к основной производственной части здания цеха. Местоположение и общую компоновку этой пристройки с остальной частью здания цеха выбирают таким образом, чтобы при увеличении масштабов производства бытовые помещения не могли служить препятствием для расширения производственной части здания.

Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий».

4 Результаты проведенного исследования (разработки)

В процессе разработки были достигнуты следующие результаты:

- выбрана наиболее рациональная схема изготовления конструкции;
- обозначены требования к подготовке кромок деталей под сварку, к сборке, прихватке и сварке, требования к контролю и др;
- проведено техническое нормирование операций;
- рассчитаны режимы сварки;
- произведен подбор сварочного оборудования;
- рассчитаны основные элементы производства;

Разработано сборочно-сварочное приспособление.

Спроектирован план участка сборки-сварки перекрытия крепи.

На основании проведенного исследования был разработан технологический процесс изготовления перекрытия крепи МКЮ.4У.56.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

5.1 Сравнительный экономический анализ вариантов

Экономическая часть предназначена для экономической оценки производственного процесса.

Разработка технологического процесса изготовления перекрытия крепи МКЮ.4У.56 допускает различные варианты решения.

Существует базовый вариант изготовления перекрытия, который используется на ООО «Юргинский машзавод».

При замене базового варианта технологического процесса сборки и сварки на новый, необходимо обосновать экономическую эффективность, достигнутую при внедрении предлагаемого варианта.

Наиболее экономически целесообразным считается тот вариант, который при наименьших затратах обеспечивает выполнение заданной годовой программы выпуска продукции.

Показатель приведенных затрат является обобщающим показателем. В нем находят отражение большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса.

Определение приведенных затрат производят по формуле [21]:

$$C_{\text{прив}} = C_{\text{год}} + E_n \times K, \quad (5.1)$$

где $C_{\text{год}}$ — себестоимость годового объема продукции, руб/изд;

$E_n = 0,15$ — норма эффективности капитальных вложений, (руб/год);

K — суммарные капитальные вложения, руб.

Годовой экономический эффект от выбранного варианта организации производства определяется по разности приведенных затрат по формуле [21]:

$$\mathcal{E} = C_{\text{прив}}^1 - C_{\text{прив}}^{11}, \quad (5.2)$$

где $C_{прив}^1$, $C_{прив}^{11}$ – приведенные затраты по сравниваемым вариантам, руб/год.

На основании проведенных расчетов выбирается оптимальный вариант и принимается решение по технико-экономическим и организационным вопросам изготовления сварной конструкции.

5.2 Расчет объемов капитальных вложений

Капитальные вложения представляют собой выражаемые в денежной форме единовременные затраты на создание новых и реконструкцию, модернизацию действующих основных фондов и образование запасов оборотных средств.

Капитальные вложения K , обычно учитываемые при сопоставлении различных сборочно-сварочных процессов, укрупнено можно представить в виде суммы следующих затрат [21]:

$$K = K_{co} + K_{пр} + K_{зд}, \quad (5.3)$$

где K_{co} – капитальные вложения в сварочное оборудование, руб;

$K_{пр}$ – капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и другую оснастку, руб;

$K_{зд}$ – капитальные вложения в здания, руб.

5.2.1 Определение капитальных вложений в сварочное оборудование и приспособления

Капитальные вложения в сварочное оборудование рассчитывается по формуле [21]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi}, \quad (5.4)$$

где K_{co} – капитальные вложения в сварочное оборудование, руб.;

n – количество типоразмеров оборудования;

C_{oi} – оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб. [22];

O_i – количество оборудования i -го типоразмера, ед.;

μ_{oi} – коэффициент загрузки оборудования i -го типоразмера.

Расчеты капитальных вложений в сварочное оборудование сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования C_{oi} , руб.	Кол-во оборудования n , шт.	K_{co} , руб.
Базовый технологический процесс			
MAGSTER 500W PDE-41W [23]	378000	7	2646000
Предлагаемый технологический процесс			
ПДГ-350 «Корунд» [24]	64850	1	45395
Lorch S8 [25]	586800	4	1877760
Итого			1923155

Капитальные вложения в сварочные приспособления и другую оснастку следует рассчитывать по формуле [21]:

$$K_{np} = \sum_{j=1}^m K_{npj} \cdot P_j \cdot \mu_{nj}, \quad (5.5)$$

где K_{np} – капитальные вложения в сварочные приспособления и другую оснастку, руб.;

m – количество типоразмеров приспособлений;

K_{npj} – стоимость приспособления j -го типоразмера, руб.;

P_j – количество приспособлений j-го типоразмера, ед.;

$\mu_{пj}$ – коэффициент загрузки j-го приспособления.

Расчеты капитальных вложений в сборочно-сварочные приспособления и оснастку сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и оснастку

Наименование оборудования	K_{np} , Руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		P_n , шт	K_{np} , руб/ед.год	P_n , шт	K_{np} , руб/ед.год
Приспособление сварочное ФЮРА.000001.239.00.000 СБ	98650	-	-	1	6906
Кантователь [26]	250000	3	660000	-	-
Позиционер [27]	74000	-	-	2	141784
Плита сборочно-сварочная	110000	4	334400	2	189200
ИТОГО			994400		337890

5.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Для определения капитальных вложений в здание воспользуемся онлайн калькулятором [32].

Расчет производится на основе габаритов помещения.

Для предлагаемого технологического процесса (площадь помещения равна 255,8 м²) $K_{зд} = 4\,750\,236$ руб.

Для базового технологического процесса (площадь помещения равна 347,3 м²) $K_{зд} = 5\,996\,600$ руб.

Затраты на присадочные материалы рассчитываются по формуле [21]:

$$C_{\text{м}} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot C_{md}, \quad (5.7)$$

где $C_{\text{м}}$ – затраты на присадочные материалы, руб./изд.;

h – число наименований (типоразмеров) электродных и присадочных материалов, применяемых при сварке изделия;

G_d – вес наплавленного металла при сварке изделия электродным материалом d-го типоразмера, кг/изд.;

k_{nd} – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла, $k_{nd}=1,15$.

C_{md} – стоимость электродного и присадочного металла d-го типоразмера, руб./кг. Цена проволоки Св80ГСМТ = 378 руб/кг [28].

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{\text{м}} = 165,56 \cdot 1,15 \cdot 378 = 71968,9 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_{\text{м}} = 165,56 \cdot 1,15 \cdot 378 = 71968,9 \text{ руб./изд.}$$

5.2.4 Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на вспомогательные материалы определяются по формуле [21]:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{газ}} + C_{\text{оп}}, \quad (5.8)$$

где $C_{\text{в}}$ – затраты на вспомогательные материалы, руб./изд.;

$C_{\text{газ}}$ – затраты на защитный газ, руб./изд.;

$$C_{\text{газ}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{уки}} \cdot q_{\text{газ}} \cdot C_{\text{газ}}, \quad (5.9)$$

где n – количество операций;

$t_{икі}$ – норма времени на выполнение i -й операции, мин/опер.;

$q_{газi}$ – расход газа, л/мин, $q_{газi}=11$ л/мин;

$C_{газ}$ – стоимость газа руб/л (0,064 руб/л);

$C_{др}$ – другие затраты на вспомогательные материалы (затраты на сжатый воздух, охлаждающую воду, смазочные и обтирочные материалы и т.п.), определяемые по техническим характеристикам сварочного оборудования, руб./изд.

Для предлагаемого технологического процесса затраты на газ и вспомогательные материалы в целом будут равны:

$$C_{газ} = 3786,3 \cdot 11 \cdot 0,064 = 2665,55 \text{ руб./изд.}$$

$$C_{\epsilon} = 2665,55 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса затраты на газ и вспомогательные материалы в целом будут равны:

$$C_{газ} = 4835,8 \cdot 11 \cdot 0,064 = 3404,4 \text{ руб./изд.}$$

$$C_{\epsilon} = 3404,4 \text{ руб./изд.}$$

5.2.5 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату определяются по формуле [21]:

$$C_z = \sum_{i=q}^n (C_{чи} \cdot t_{икі} \cdot k_{дон} \cdot k_{сс} \cdot k_{рай}) / 60, \quad (5.10)$$

где C_z – затраты на заработную плату, руб./изд.;

$C_{чи}$ – часовая тарифная ставка, устанавливаемая в зависимости от разряда работы, условий труда, категории рабочих и формы оплаты труда, руб./час (184 руб для сварщика 4 разряда) [29, 30];

$t_{икi}$ – время изготовления изделия, мин;

$k_{дон}$ – коэффициент, учитывающий доплаты и премии, $k_{дон}=1,2$;

$k_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в фонды медицинского и социального страхования, пенсионный фонд РФ и фонд занятости населения, $k_{сс}=1,3$;

$k_{рай}$ – районный коэффициент, $k_{рай}=1,3$.

Для базового технологического процесса:

$$C_3 = (184 \cdot 5641,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3) / 60 = 35083,75 \text{ руб./изд.}$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_3 = (184 \cdot 4725,44 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3) / 60 = 29388,45 \text{ руб./изд.}$$

5.2.6 Затраты на силовую электроэнергию

Для электродуговых способов сварки затраты на электроэнергию определяются по формуле [21]:

$$C_9 = \sum_{i=q}^n (U_i \cdot G_i / (\eta_i \cdot \alpha_{ni} \cdot \alpha_{oi})) \cdot C_{эл}, \quad (5.11)$$

где C_9 – затраты на силовую электроэнергию для электродуговых способов сварки, руб./изд.;

U_i – Напряжение в дуге i -ой операции, В;

G_i – вес наплавленного металла в i -ой операции, кг/изд.;

η_i – коэффициент полезного действия установки;

α_{ni} – коэффициент наплавки, г/а·час;

α_{oi} – коэффициент, учитывающий время горения дуги в общем времени сварки;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт·час (4.1 руб.).

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{\text{з}} = (26,5 \cdot 165,56 / (0,93 \cdot 15 \cdot 0,65)) \cdot 4,1 = 1983,79 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_{\text{з}} = (26,5 \cdot 165,56 / (0,88 \cdot 15 \cdot 0,65)) \cdot 4,1 = 2096,51 \text{ руб./изд.}$$

5.2.7 Затраты на амортизацию и ремонт оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования при заданном объеме производства определяется по формуле [21]:

$$C_a = \sum_{i=1}^n (C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot \alpha_i \cdot r_i) / N, \quad (5.12)$$

где C_a – затраты на амортизацию и ремонт оборудования, руб./изд.;

α_i – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, процентов (11 % [31]);

r_i – коэффициент затрат на ремонт оборудования, $r_i = 1,15 \dots 1,20$, принимаем $r_i = 1,15$.

Расчеты затрат на амортизацию и ремонт оборудования сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Затраты на амортизацию и ремонт оборудования

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования C_i , руб	Кол-во оборудования O_i , шт	Норма амортизации α_i , %	Затраты на амортизацию C_a , руб/изд
Базовый технологический процесс				
MAGSTER 500W PDE-41W[23]	378000	7	11	1054,36
Предлагаемый технологический процесс				

ПДГ-350 «Корунд» [24]	64850	1	11	2,87
Lorch S8 [25]	586800	4	11	1187,68
Итого				1190,55

5.2.8 Затраты на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений и другой оснастки рассчитываются по формуле [21]:

$$C_n = \sum_{j=1}^m (K_{npj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj} \cdot \alpha_j) / N, \quad (5.13)$$

где C_n – затраты на амортизацию приспособлений и другой оснастки, руб./изд.;

α_j – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оснастки j-го типоразмера, процентов (15% [31]);

Расчеты затрат на амортизацию приспособлений сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	Цена, руб.	Кол-во оборуд., шт.	Норма амортизации, %	Затраты на амортизацию, руб./изд.
Предлагаемый технологический процесс				
Приспособление сварочное ФЮРА.000001.239.00.000 СБ	98650	1	15	5,1
Позиционер	74000	2	15	106,34
Плитасборочно-сварочная	110000	2	15	142,89
ИТОГО				254,33
Базовый технологический процес				
Плитасборочно-сварочная	110000	1	15	7
Кантователь	250000	3	15	495
Плитасборочно-сварочная	110000	3	15	214,33
ИТОГО				716,33

5.2.9 Затраты на содержание помещения

Затраты на содержание помещения рассчитываются по формуле [22]:

$$C_{зд} = S \cdot C_{зд\text{ ср}} / N, \quad (5.14)$$

где $C_{зд}$ – затраты на содержание помещения, руб./изд.;

$C_{зд\text{ ср}}$ – среднегодовые затраты на содержание помещения, руб./год
м²(250 руб/год м²);

S – площадь участка

По базовому технологическому процессу:

$$C_{зд} = 347,3 \cdot 250 / 200 = 434,12 \text{ руб./изд.}$$

По предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{зд} = 255,8 \cdot 250 / 200 = 319,75 \text{ руб./изд.}$$

5.3 Расчет технико-экономической эффективности

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 5.1:

Себестоимость годового объема продукции рассчитывается по формуле [21]:

$$C_{год} = N \cdot (C_m + C_6 + C_3 + C_э + C_a + C_{np} + C_n), \quad (5.15)$$

где $C_{год}$ – себестоимость годового объема продукции, руб./год.;

N – годовая программа выпуска, изд./год;

C_m – затраты на основные материалы, руб.;

C_6 – затраты на вспомогательные материалы, руб.;

C_3 – затраты на заработную плату, руб.;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб.;

C_a – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_{np} – затраты на амортизацию приспособлений, руб.;

C_n – затраты на содержание помещения, руб.

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{год} = 200 \cdot (71968,9 + 3404,4 + 29388,45 + 1989,79 + 1187,68 + 254,33 + 319,75) = 21702660 \text{ руб./год.}$$

$$C_{прив}^1 = 21702660 + 0,15 \cdot 7011281 = 22754352,15 \text{ руб./год.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_{год} = 200 \cdot (71968,9 + 3404,4 + 35083,75 + 2096,51 + 1054,36 + 716,33 + 434,12) = 22951674 \text{ руб./год.}$$

$$C_{прив}^2 = 22951674 + 0,15 \cdot 9637000 = 24397224 \text{ руб./год.}$$

Экономический эффект на единицу продукции рассчитывается по формуле [19]:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{прив}}^1 - C_{\text{прив}}^2) / N, \quad (5.16)$$

$$\mathcal{E} = 24397224 - 22754352,15 = 1642871,85 \text{ руб./год},$$

$$\mathcal{E} = (24397224 - 22754352,15) / 200 = 8214,36 \text{ руб./изд.}$$

Результаты расчётов показали, что применение предлагаемого технологического процесса дает положительный экономический эффект.

5.4 Основные технико-экономические показатели участка

Годовая производственная программа, шт.	200
Средний коэффициент загрузки оборудования	0,63
Производственная площадь участка, м ²	255,8
Количество оборудования, шт.	5
Списочное основных рабочих, чел.	9
Количество вспомогательных рабочих, чел.	2
Количество ИТР, чел.	1
Количество МОП, чел.	1
Количество контролеров, чел.	1
Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, руб./год.	1642871,85
Экономический эффект на единицу продукции, руб./изд.	8214,36

6 Социальная ответственность

6.1 Описание рабочего места

На участке производится сборка и сварка перекрытия крепи. При изготовлении перекрытия осуществляются следующие операции: сборка, сварка механизированная в смеси газа $Ar + CO_2$, слесарные операции.

При изготовлении перекрытия на участке используется следующее оборудование:

сварочный полуавтомат ПДГ-350 «Корунд»	1 шт.
сварочный полуавтомат LORCHS8SpeedPuls	4 шт.
приспособления ФЮРА.000001.239.00.000 СБ	1 шт.
позиционер	2 шт.
плита сборочно-сварочная	2шт.

Перемещение изделия производят кран-балкой и краном мостовым. Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется четырьмя окнами, а также светильниками расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона. Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери. На случай пожара цех оснащен запасным выходом. Все работы производятся на участке с площадью $S=255,8 \text{ м}^2$.

6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м^3 пыли с содержанием в ней марганца до 13,7%, а также CO_2 до $0,5 \div 0,6\%$; CO до 160 мг/м^3 ; окислов азота до $8,0 \text{ мг/м}^3$; озона до $0,36 \text{ мг/м}^3$; оксидов железа $7,48 \text{ г/кг}$ расходуемого материала; оксида хрома $0,02 \text{ г/кг}$ расходуемого материала.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью—более 90% частиц, скорость витания частиц $< 0,1 \text{ м/с}$.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20мм от места сварки.

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, летучие углеводороды.

На участке сборки и сварки изготовления перекрытия крепи применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом — зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к

источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть $0,2 \div 0,5$ метров в секунду.

Определим необходимый объём воздуха L , удаляемый от местных отсосов по формуле [33]:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V, \quad (6.1)$$

где F – суммарная площадь рабочих проёмов и неплотностей, м^2 ;

V – скорость всасывания воздуха на рабочем участке, м/с ; $V = 0,5 \text{ м/с}$.

$$L = 3600 \cdot 0,08 \cdot 0,5 = 144 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет $L = 144 \text{ м}^3/\text{с}$.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный FUK-1800/СП с двигателем типа АДМ63В2У2, мощностью 0,55 кВт.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- ПДГ-350 «Корунд»;
- полуавтомат LORCH
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2 \text{ кг}$) ГОСТ 2310-77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364–80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [34].

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания резиновыми амортизаторами для агрегатов с эластичной муфтой к вентиляторам, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения обшивкой двумя слоями гипсоволокнистых листов с каждой стороны.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами $172 \div 293$ Дж/с ($150 \div 250$ ккал/ч) [33].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную, припроведение сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

6.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол,

стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключаяющие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1– Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Циток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

6.4 Охрана окружающей среды

1. Защита селитебной зоны

Распределение территорий осуществляется на основании генеральных планов, на которых указаны участки расселения, использования природного компонента, а также учитываются территориальные возможности производительных сил. Весь комплекс планирования, определения зон, застройки и т. д. необходим, чтобы городские и сельские поселения были максимально удобными, грамотно распланированными, отвечающими требованиям безопасного проживания, а также имели способность развивать инфраструктуру на территории. В СНиП 2.07.01-89:2 дается определение «селитебная зона», определяются правила, требования, регламентируется

последовательность действий для создания городских и сельских поселений, а также указываются данные для проведения расчетов.

Промышленные объекты являются основным источником загрязнения окружающей среды. Поэтому следует учитывать, при создании селитебной зоны, направление ветра, которое наиболее вероятно в этой местности. Так же селитебная зона должна быть отгорожена от промышленных предприятий зелеными насаждениями.

2. Охрана воздушного бассейна.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки перекрытия крепи ФЮРА.МКЮ.4У.56.239.00.000 СБ используют масляные фильтр для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95÷98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [35, 36].

3. Охрана водного бассейна

Охрана водного бассейна заключается в очистке стоков машиностроительного предприятия, для этого применяют механические методы, химические и физико-химические методы, а также комбинированные. Выбор того или иного метода зависит от концентрации взвешенного вещества, степени дисперсности его частиц и требований, предъявляемых к очищенной воде.

4. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки рамы привода предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается.

6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) – 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проект вытяжной вентиляции.

На участке сборки и сварки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В холодный и переходной периоды года при категории работ IIб – работы средней тяжести оптимальные параметры, следующие: температура от плюс 17 до минус 19 °С; относительная влажность 60-40 %; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В тёплый период года: температура 20-22° С; относительная влажность 60-40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

6.7 Заключение по разделу социальная ответственность

В результате проведённой работы можно сделать следующие выводы: на участке сборки-сварки перекрытия крепи приняты необходимые меры для защиты от большинства опасных и вредных факторов на проектируемом участке:

- применена местная приточная и вытяжная вентиляция;
- индивидуальные средства защиты (сварочные щитки и маски, для защиты тела сварщиков используется спецодежда: брюки, куртки, а для защиты кистей рук – рукавицы со специальной противопожарной пропиткой, респираторами типа <<Лепесток>>, очки защитные;
- противопожарные меры (огнетушители порошковые и углекислотные, ящики с песком);
- создание оптимальных условий труда (обеспечен оптимальный микроклимат);

В ВКР произведена разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Приняты необходимые меры по обеспечению экологической безопасности и охраны окружающей среды.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях механизации сборочно-сварочных операций по изготовлению перекрытия ФЮРА.МКЮ.4У.56.239.00.000 СБ разработан механизированный участок, на котором перемещение деталей выполняется кран-балкой, а изделие краном мостовым. Это позволяет сократить время по перемещению изделия с одного рабочего места на другое.

Выбрано оборудование сварочный полуавтомат ПДГ–350 «Корунд» и сварочный полуавтомат LORCH S8Speed Puls.

Было применено приспособление сборочное ФЮРА.000001.239.00.000 СБ.

В данной работе приведено обоснование выбора способов сварки, сварочных материалов и оборудования, спроектировано сборочно-сварочное приспособление.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоды предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 200 изделий.

Площадь спроектированного участка – 255,8м²;

Средний коэффициент загрузки оборудования – 63;

Экономический эффект на изделие – 8214,36.

Список использованных источников

1. Лебедев В.А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла (обзор) //Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С.45–53.
2. «Обзор процесса SpeedArc»<http://domsvarki.ru/protsess-speedarc>
3. «Обзор процесса SpeedArc»<http://www.tg-prom.com/>
4. Марочник сталей и сплавов // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php
5. СварМонтажСтрой // <http://www.svarms.ru/content/sv-08gsmt>
6. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
7. ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.
8. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением: Машиностроение, 1973. – 448с.
9. Новейшие технологии изготовления сварных конструкций: Учебное пособие для ст. спец. 120500 / Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006.– 180 с.
10. Технология изготовления сварных конструкций: Эл. учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства» / Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. – Юрга: ДО, 2009. – 115 с.;
11. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.
12. Маслов Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб.пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
13. Ахумов А.В. Справочник нормировщика. Ленинград, «Машиностроение», 1986, 458с.
14. Федько В.Т. Дуговая сварка плавлением: Учебное пособие. – Томск: изд. Том.ун-та, 1994. – 241 с.
15. Обзор процесса SpeedArc //<http://domsvarki.ru/protsess-speedarc>

16. S3 LORCH. Технические характеристики // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://lorch.nt-rt.ru/images/manuals/3-6.PDF>.
17. Сварочный полуавтомат ПДГ-350 Корунд // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.seveko.ru/catalog/elektro-svarochnoe-oborudovanie/poluvavtoma-ticheskaya-svarka/poluvavtomaty-vstroennyj-mpp/pdg-350-korund/>.
18. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1980. – 319 с.
19. Основы технологической подготовки производства : учеб.пособие / Е. Б. Вотинова, М. П. Шалимов, А. М. Фивейский. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2017. – 168 с.
20. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета.- 2013. – 132 с.
21. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» вечерней формы обучения / О.Н. Жданова. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. – 32с.;
22. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под. Общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд., 1990. – 448 с.;
23. LincolnElektrik: Каталог оборудования // http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/Komplekty_gotovye_k_rabote/Poluavtomaticheskaya_svarka/
24. «ООО ВолгаСпецТехно» // <https://ropex.info/p288302567-svarochnyj-poluavtomat-korund.html>
25. Интернет магазин сварочного оборудования Lorch // http://www.hdb-eshop.ru/product_info.php?products_id=544
26. Сварочные кантователи производства А-завод // http://azavod.ru/catalog/svarochnoe_oborudovanie/svarochnye_pozicionery_kantovat

[eli_i_orbitalnye_stoly/svarochnye_kantovateli/svarochnyy_kantovatel_s_2-mya_vraschatelnyami_ksm2v-t600/](#)

27. Сварочное оборудование // <http://www.russvar.ru/price.html>

28. Пульс цен // https://www.pulscen.ru/price/050314-svarochnaja-provoloka/f:30314_sv08gsm

29. Свапка и пайка // <http://svarkaipayka.ru/tehnika-bezopasnosti/zarplata-svarshhika.html>

30. Народный советник // http://nsovetnik.ru/zarplata/tarifnaya_stavka_eto_ili_vse_o_tarifnoj_stavke/

31. Консультант плюс
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1927/55690fcdbc9664fae4fb4275ef0220ad16459d71/

32. On-line калькулятор для расчета стоимости будущего строения // <http://extroy.ru/calculator>

33. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.

34. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. Изд. 2-е. дополнительное / В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2003. – 159 с.

35. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5212/

36. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838.