

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: «Технология сборки и сварки дверей камерного типа»

Студент

Е.А. Попова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.т.н., доцент

Г.М. Короткова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

К.т.н., доцент

Н.В.Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

К.т.н., доцент

А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Новые металлические двери камерного типа в Российской Федерации весьма востребованы, их производство с каждым годом увеличивается, поэтому массовое изготовление такой ответственной продукции должно быть подкреплено соответствующими современными технологиями. Ручная дуговая сварка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Была поставлена цель – повышение качества и производительности сварочных операций при производстве металлических дверей камерного типа.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать выбор сварочных материалов; предложить сварочное оборудование, повышающее производительность сборки и сварки.

Выполнен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,24 млн. рублей.

Результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению при изготовлении металлических конструкций из низкоуглеродистых сталей с применением дуговых способов сварки.

Содержание

Введение	4
1 Анализ состояния вопроса	5
1.1 Описание изделия.	5
1.2 Сведения о материале изделия.	7
1.3 Базовый технологический процесс сборки и сварки изделия	8
1.4 Обоснование выбора способа сварки	11
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	14
2 Проектная технология сварки изделия	15
2.1 Повышение эффективности сварочных операций.	15
2.2 Описание технологических операций сборки и сварки двери	19
Заключение по второму разделу	23
3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений	25
3.1 Технологическая характеристика объекта	25
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	26
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	27
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	28
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	30
3.6 Заключение по разделу	31
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	32
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	32
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	34
4.3 Расчет штучного времени	35
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки ..	39

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	44
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	48
Заключение по экономическому разделу	50
Заключение	51
Список используемой литературы	52

Введение

Новые металлические двери камерного типа в Российской Федерации весьма востребованы, их производство с каждым годом увеличивается, поэтому массовое изготовление такой ответственной продукции должно быть подкреплено соответствующими современными технологиями. В настоящее время наблюдается укрупнение производства и управляющих структур, кустарные и полукустарные производства сменяются современными предприятиями, налаживающими выпуск продукции на основании новейшего сварочного оборудования и сертифицированных технологий.

Одним из таких производств, требующих модернизации, повышения производительности и качества за счёт привлечения новых технологий, является производство металлических дверей камерного типа. Потребность в них не только сохраняется, но и значительно увеличится в самое ближайшее время.

Основной операцией при производстве дверей камерного типа является сборка и сварка. Ручная дуговая сварка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Альтернативой ручной дуговой сварке является механизированная сварка в углекислом газе. Однако переход на форсированные режимы приводит к увеличению разбрызгивания электродного металла, что представляет существенную проблему, если стоит задача наладить выпуск конкурентоспособной продукции, сочетающей в себе качество выполнения, малую цену и хороший внешний вид.

В связи с этим следует признать актуальной **цель** выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности сварочных операций при производстве металлических дверей камерного типа.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание изделия

Камерные двери (рис. 1.1), а также другая продукция, для режимных зон и предприятий изготавливается по ГОСТу и ТУ и в обязательном порядке проходит сертификацию. Помимо дверной и замочной специализированной продукции для ИВС, СИЗО, тюрем, из металла изготавливается мебель и предметы обихода для осужденных. Кроме закрытых пенитенциарных учреждений, камерные замки и различные виды дверей используются для судов и мест, где содержат задержанных. Наряду с глухими створками и коробками для помещений требуются защита для окон и перегородки. Изготовление дверей и оснащение их замками, устройствами глазка, дверцами передачи пищи, задвижками и другими необходимыми элементами, согласно требованиям производится по предписаниям ФСИН России. Существуют различные входные группы конструкций для осуществления контроля доступа или ограничения посторонних лиц, рассчитанных для промышленных закрытых предприятий и банков.

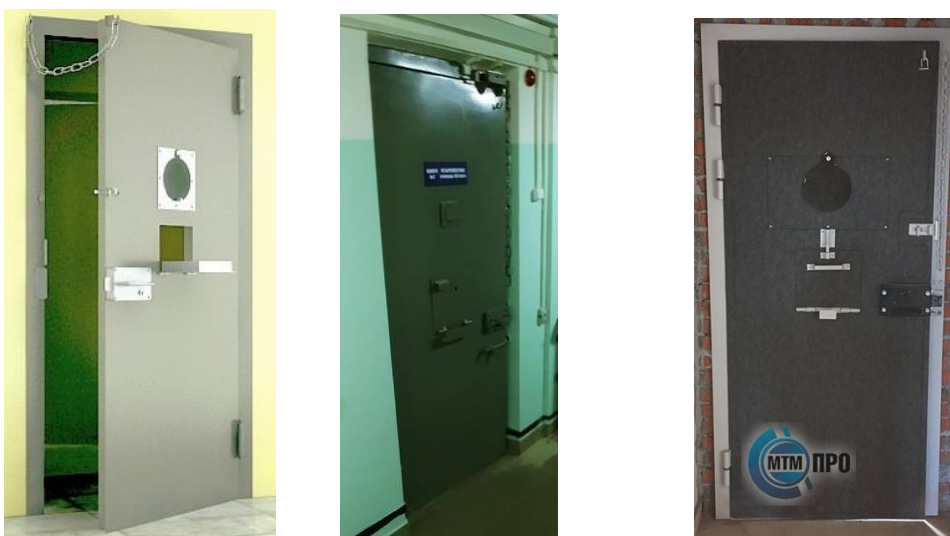
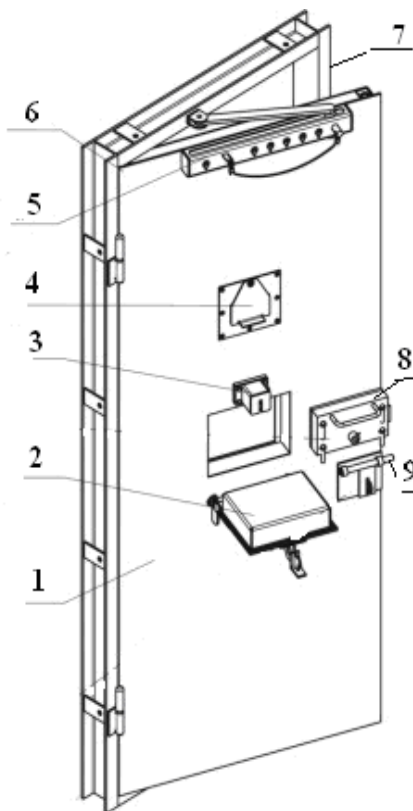


Рисунок 1.1 – Внешний вид дверей камерного типа

Двери для камер выпускаются из стали отечественного производства. Толщина листов на створках двери составляет 2мм. В конструкцию встроены ребра жесткости, двери могут иметь дополнительное оснащение: замками, устройствами глазка, дверцами передачи пищи, задвижками и другими необходимыми элементами

Стандартная дверь камерная ДК-1 предназначена для установки в помещениях тюрем, ИВС, СИЗО. Открывание в сторону коридора. Дверь камерная ДК-1 предназначена для установки в камерных помещениях. Дверь камерная ДК-1 состоит из каркаса полотна (6) и полотна двери (1) (рис. 1.2).



1- полотно двери, 2 - дверца для передачи пищи, 3 - замок форточный, 4 - глазок, 5 - ограничитель угла открытия двери, 6 - каркас, 7- коробка, 8 - замок камерный, 9 - щеколда

Рисунок 1.2 – Внешний вид двери камерного типа ДК-1

Полотно двери оборудовано-смотровым глазком (4) расширенного обзора со стеклом размер со стороны коридора (40x40) мм, со стороны камеры 150x240мм; форточкой (окном для подачи пищи (2)) размером (240*200)мм, которая запирается накладным запорным устройством (3);

замком камерного типа ЗК5,ЗК6 (8); засовом под висячий замок (9); цепным фиксатором угла открывания двери (5).

Коробка двери (7) выполнена из швелера №10 и имеет 6 отверстий для монтажа двери. Каркас полотна двери выполнен из гнутого швелера №4. Обшивка полотна двери выполнена из 2 стальных листов толщиной 2мм. Внутренний объем полотна заполнен минплитой. Толщина полотна двери ДК-1 - 44мм. Дверь камерная режимная ДК-1 имеет полимерно-порошковое покрытие или однослойное покрытие грунтовкой.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления элементов двери применяется сталь Ст3. Сталь Ст3 является конструкционной низкоуглеродистой сталью обыкновенного качества. В качестве основного преимущества данного конструкционного материала можно отметить его относительную дешевизну. Вследствие этого сталь Ст3 может считаться основным материалом в машиностроении, который служит для изготовления неответственных конструкций, работающих в условиях слабого нагружения. Именно такой конструкцией и является конструкция двери, технология сварки которой разрабатывается в данной выпускной квалификационной работе. Сталь Ст3 может быть отнесена к первой группе сплавов, сварка её с применением всех известных способов сварки не встречает затруднений, т.е. сталь можно отнести к хорошо сваривающимся. При этом во всех случаях достигается удовлетворительное качество сварных швов. В случае выполнения металлических конструкций из стали Ст3 нет необходимости применения дополнительной термической обработки.

Таблица 1.1 – Механические свойства стали Ст3

Марка стали	σ_B , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	Изгиб на 180° для толщин до 20 мм
Ст3	38...49	20	26	d=0,5a

Таблица 1.2 – Химический состав стали Ст3

Марка стали	Углерод С, %	Марганец Mn, %	Кремний Si, %
Ст3	0,14...0,22	0,4...0,6	0,12...0,30

1.3 Базовый технологический процесс сборки и сварки изделия

В соответствии с базовой технологией изготовления металлических дверей сборка и сварка изделия осуществляется в цехе металлоконструкций на нескольких отдельных его участках.

Подготовка металлического проката для выполнения разделительной резки и сама резка происходят на подготовительном участке. Резку листовых заготовок осуществляют с применением листовых гидравлических ножниц НД3312Б (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Резка листовых заготовок на ножницах НД3312Б

В качестве главного преимущества резки металлических листов с применением гильотинных кривошипных ножниц следует выделить простоту операции и её низкую себестоимость. Однако, следует отметить, что резка на гильотинных ножницах предусматривает выполнение только прямолинейных резов и требует высокой точности подготовки листовых заготовок. Применяемы при базовой технологии гильотинные ножницы НД3312Б российского производства, они предназначены для резки металлических листов толщиной до 6 мм, ширина которых не более 3000 мм. Эти ножницы характеризуются высокой надежностью в работе и простотой эксплуатации, для их обслуживания нет необходимости привлекать

высококвалифицированный персонал. Ножницы можно эксплуатировать при отрицательных температурах окружающей среды.

Для резки профильного проката используются отрезная пила LC1230 (рис. 1.4) производства Makita.



Рисунок 1.3 - Отрезная пила LC1230

Транспортные операции выполняются с применением ручных тележек.

Сборочно-сварочные операции выполняются на универсальном сборочно-сварочном участке, укомплектованном двумя постами ручной дуговой сварки на базе сварочного выпрямителя ВДУ-506 (рис. 1.4). Каждый сборочно-сварочный пост снабжён сборочными составными стальными плитами размером 3×6 м.



Рисунок 1.4 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки по базовому варианту технологии

Тип шва	Диаметр электрода, мм	Марка электрода	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
стыковой	2,5...3	УОНИ-13/55	80-120	25-26
угловой	3...4	УОНИ-13/55	120-160	26-27

Таблица 1.4 – Критика базовой технологии

№	Технологическая операция	Недостатки	Пути их устранения
1	Газовая резка и подготовка заготовок под сварку	1. Ручной труд 2. Плохое качество реза 3. Плохое сопряжение деталей	Применить плазменную резку
2	Сборка и сварка РДС	1. Тяжелый ручной труд 3. Низкая производительность 4. Низкое качество сварки, в том числе из-за погрешностей сборки	1. Заменить способ ручной сварки более производительный 2. Разработать приспособление для сборки под сварку
3	Контроль качества визуальный	1. Большое число дефектов 2. Плохая организация контроля – нет обратной связи с производством	Применить прогрессивные методики контроля качества

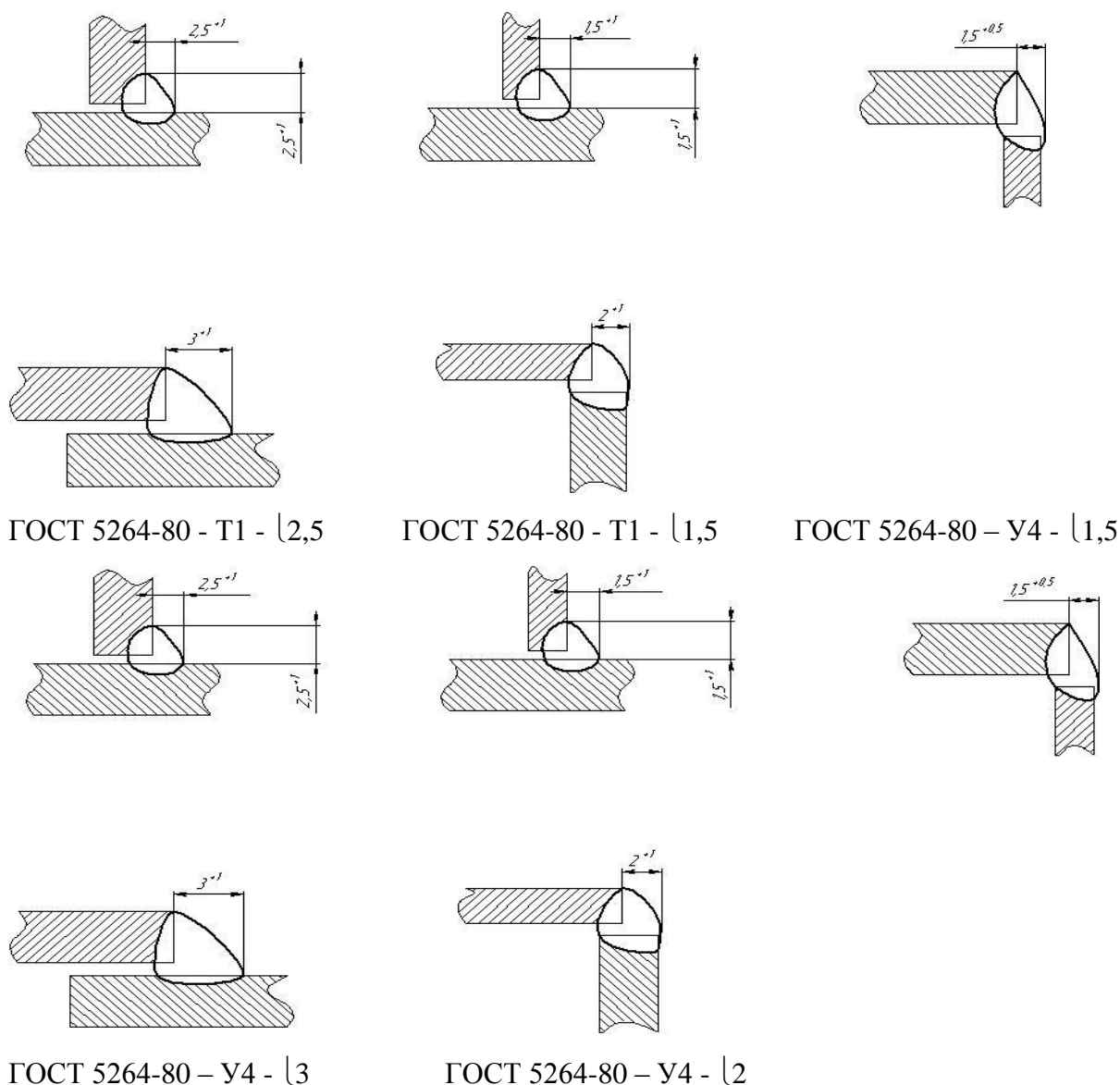


Рисунок 1.5 – Швы, выполняемые при изготовлении печи

1.4 Обоснование выбора способа сварки

Ручная дуговая сварка штучными электродами (рис. 1.6) по настоящее время может считаться самым распространённым способом выполнения металлических конструкций, который применяется как для выпуска продукции, так и в монтажных условиях. Организация сварочного поста может быть выполнена без существенных капитальных вложений в сварочное оборудование. Малая стоимость штучных электродов позволяет сократить расходы на начальном этапе производства.

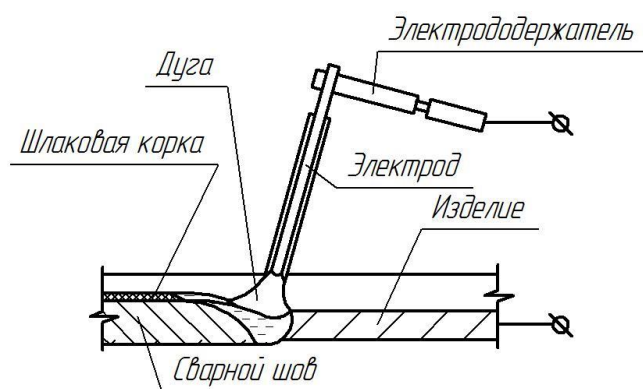


Рисунок 1.6 – Схема ручной дуговой сварки штучными электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика.

Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 2.7) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

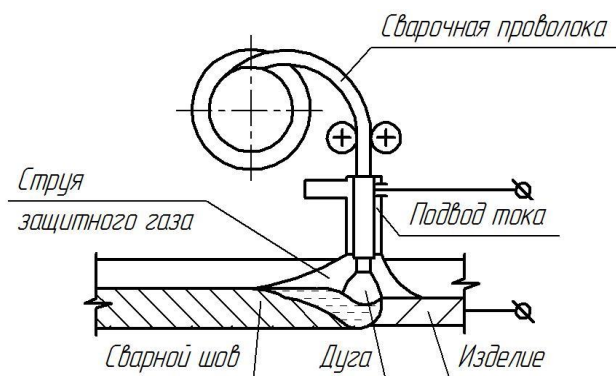


Рисунок 1.7 – Схема механизированной сварки в защитных газах

Механизированная сварка в защитных газах обладает следующими преимуществами: 1) относительная простота оборудования и его малая стоимость (если не принимать во внимание интеллектуальные источники питания); 2) возможность получения для сварочной ванны хорошей газовой защиты (при условии отсутствия осадков и ветра); 3) высокая производительность на форсированных режимах. Следует также отметить ещё одно преимущество механизированной сварки в среде защитных газов – это повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях.

Механизированная сварка в среде активных газов имеет и недостатки.

Первым недостатком является необходимость использования механизма подачи проволоки, стабильность работы которого существенно сказывается на качестве сварных соединений. Вторым недостатком, существенно снижающим мобильность сварщика, является необходимость использования газовых баллонов. Третьим недостатком является повышенное разбрызгивание электродного металла, которое увеличивается при переходе на форсированные режимы сварки, что существенно ограничивает производительность этого способа сварки.

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root CMT и PulseShock.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками (рис. 1.8) обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения.

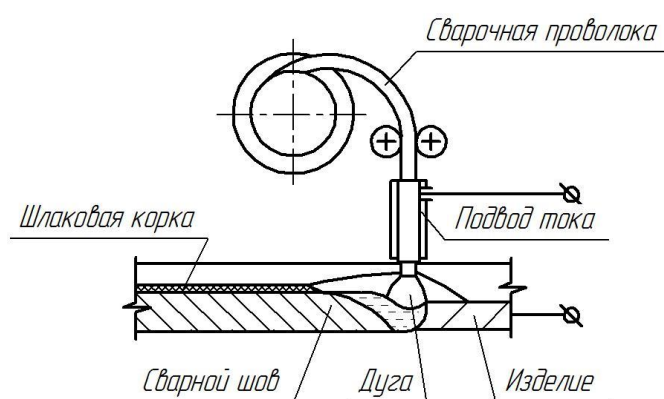


Рисунок 1.8 – Схема механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками

Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными

проводами отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость.

На основании проведенного анализа альтернативных способов сварки принимаем решение использовать механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель повышение качества и производительности сварочных операций при производстве металлических дверей камерного типа. В ходе выполнения анализа современного состояния вопроса сварки типовых металлических конструкций были рассмотрены устройство и принцип работы дверей, указаны основные сварные швы. Приведены сведения о материале изделия – сталь Ст3, показана применимость этой стали при производстве металлических конструкций и отсутствие необходимости замены материала. Была рассмотрена базовая технология сварки дверей с применением ручной дугой сварки штучными электродами, выявлены основные недостатки базовой технологии. На основании анализа имеющихся в наличии источников научно-технической информации показана перспективность замены способа ручной дуговой сварки штучными электродами на более перспективный способ – механизированную сварку. Таким образом, можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию;
- 2) задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать

выбор сварочных материалов; 3) предложить сварочное оборудование, повышающее производительность сборки и сварки.

2 Проектная технология сварки изделия

2.1 Повышение эффективности сварочных операций

Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения будем производить на основе литературного обзора. Поиск велся в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «механизированная сварка», «импульсное управление», «диссертация», «Автоматическая сварка журнал», «Сварочное производство журнал».

В работе [6] предложена компьютерная модель, которая позволяет описать процессы формирования неметаллических включений в металле сварочных швов на различных этапах их образования. Эта модель даст возможность использовать методы компьютерного моделирования при решении проблемы повышения работоспособности сварных соединений, разработки сварочных материалов нового поколения с прогнозируемыми свойствами. Исследования, выполненные с использованием этой программы, подтвердили не только хорошую сходимость расчетных данных с результатами экспериментов, но и показали принципиальную возможность прогнозирования содержания и состава неметаллических включений в жидком металле сварочной ванны, что затруднительно получить опытным путем.

Результаты этой работы могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки

Во второй работе [7] разработана модель для расчета глубины проплавления при сварке в углекислом газе на токе обратной полярности. Полученная эмпирическая формула обеспечивает наибольшую простоту и точность инженерных и научных расчетов глубины проплавления при

механизированной сварке и поз-воляет проводить ее экспресс-оценку.

Результаты этой работы доказывают высокую эффективность механизированной сварки с углекислом газе проволокой сплошного сечения.

В основе способа повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе лежит представление об «идеальном» цикле сварки, который должен обеспечиваться системой автоматического управления. На разных этапах цикла требуются различные алгоритмы управления [8]. Основными задачами систем управления для сварки в CO_2 с коротким замыканием дугового промежутка являются: уменьшение разбрызгивания металла более чем в 2 раза; повышение стабильности процесса сварки; компенсация возмущений, действующих на процесс сварки.

Наличие интервала времени «успокоения» капли необходимо для устранения возмущений по длине дугового промежутка. При внезапном изменении последнего время до короткого замыкания автоматически увеличивается или уменьшается путем изменения вылета электрода. В результате уже в следующем цикле длина дугового промежутка устанавливается равной заданной, т. е. в отличие от традиционных систем с саморегулированием, данная система имеет предельную скорость отработки возмущений по длине дуги.

Как показано в работе [9], параметры колебаний сварочного тока и скорости плавления электродной проволоки при ее импульсном движении обусловлены как характеристиками импульсов подачи с их периодическим воздействием, так и характеристиками системы источник сварочного тока– дуговой процесс, представляющими собой аperiodический переходный процесс. Предложенная [9] математическая модель, описывающая в аналитической форме зависимость между скоростью подачи электродной проволоки и скоростью ее плавления, может быть использована для расчета условий управления переносом электродного металла при целенаправленно задаваемых импульсах, а также для оценки влияния отклонений в скорости

подачи, возникающих по различным причинам, на формирование сварного соединения.

В работе [10] предложен состав газовой смеси для механизированной сварки в защитных газах, в состав которой введен озон в количестве 0,00001...0,1%, что существенно повышает технологические свойства сварочной дуги.

В качестве источника питания выбран инверторный сварочный аппарат постоянного тока ФОРСАЖ-302, который предназначен для:

- полуавтоматической сварки (**MIG/MAG**) стальных, медных, титановых сплавов стальной и порошковой проволокой диаметром от 0,8 до 1,2 мм;
- ручной дуговой сварки (**MMA**) штучными покрытыми электродами диаметром от 1,6 до 5,0 мм;
- сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертных газов (**TIG**) при наличии специальной горелки.

Внешний вид инвертора показан на рисунке 2.1 .



Рисунок 2.1 – Внешний вид инверторного сварочного аппарата

Инверторный сварочный аппарат постоянного тока ФОРСАЖ-302 обладает падающей внешней вольтамперной характеристикой ВАХ, которая обеспечит устойчивую работу системы «источник питания - дуга» при

отклонении по длине дуги, что важно при ручной дуговой сварке. На рисунке 2.2 приведены внешние ВАХ инвертора. Вольтамперные характеристики инвертора гарантируют высокие технологические сварочные свойства, как в режиме полуавтоматической сварки, так и в режиме ручной дуговой сварки. Высокие эксплуатационные характеристики инвертор сохраняет при работе в особо сложных климатических условиях. Климатические условия Самарской области не относятся особо сложным.

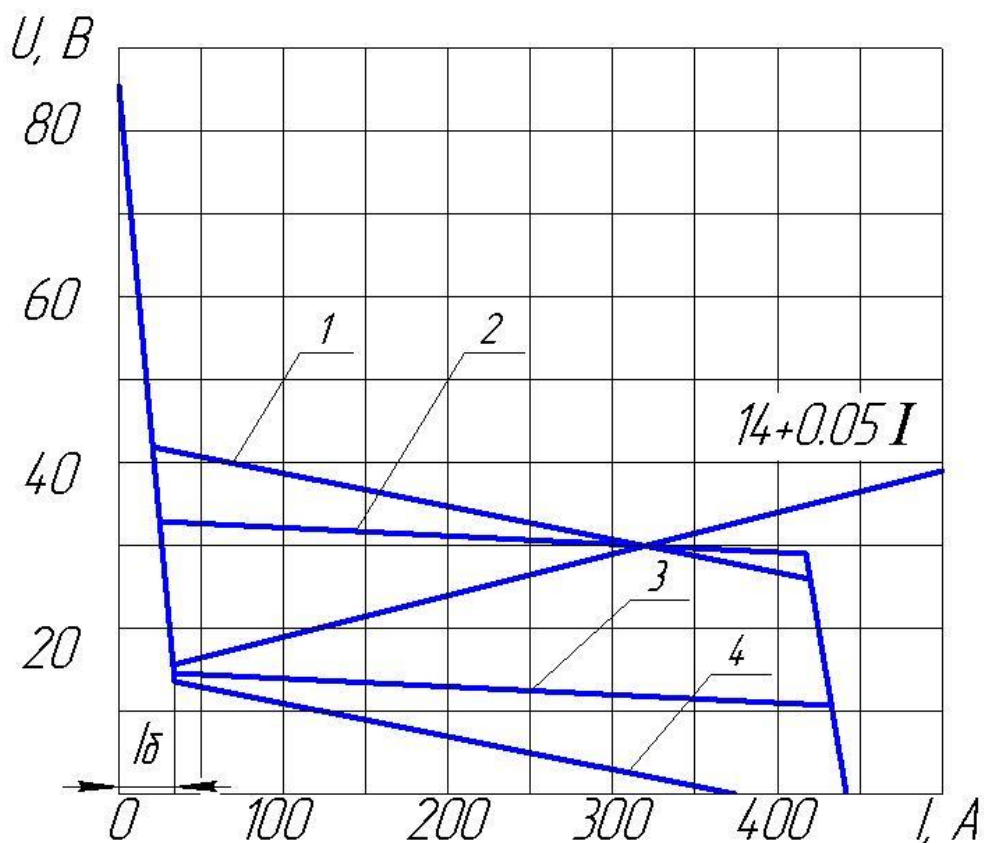


Рисунок 2.2 – Внешние ВАХ инвертора ФОРСАЖ -302

Функциональная блок схема сварочного инвертора «Форсаж 302» приведена на рис. 2.3.

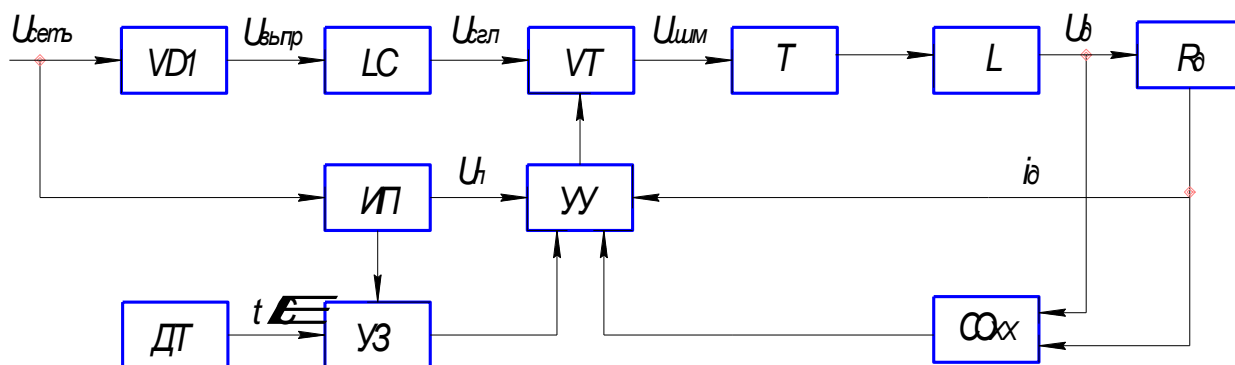


Рисунок 2.3 - Функциональная схема сварочного инвертора «Форсаж 302»

В основу работы сварочного инвертора положен метод высокочастотного преобразования электрической энергии, что значительно снижает габариты и вес всего источника питания. Сварочный инвертор «Форсаж 302» состоит из следующих узлов: VD1 - выпрямительный мост, напряжение сети ($U_{\text{сети}}$) 380В выпрямляется $U_{\text{выпр}}$ входным выпрямителем VD1, сглаживается ($U_{\text{сгл}}$ - сглаженное напряжение) входным фильтром LC и поступает на вход транзисторного преобразователя VT, Т - трансформатор, L - дроссель, ИП - дополнительный источник питания, УУ - управляющее устройство, ДТ - датчик температуры, УЗ - устройство защиты, СО_{хх} - схема ограничения холостого хода. Схема ограничения холостого хода (СО_{хх}) контролирует выходное напряжение инвертора и при прерывании сварки более чем на 5секунд включает режим безопасного напряжения холостого хода, Иб – сигнализирует о переходе аппарата на безопасное напряжение холостого хода « $U_{\text{хх}} < 12\text{В}$ ». Питание управляющего устройства УУ обеспечивает отдельный источник питания ИП.

2.2 Описание технологических операций сборки и сварки двери

На первом этапе следует выполнить правку листов, что позволит устранить в них волнистость и выпучины, а также убрать у профильного

проката отклонения от правильной формы. Поскольку в рамках проектной технологии используется прокат толщиной до 3 мм, предусмотрим правку 100 % листового проката и 20 % профильного проката.

Для правки листов проводится местная пластическая деформация в холодном состоянии. Допустимая величина остаточного относительного удлинения при холодной правке составляет не более 1 %. Листы многократно пропускают между двумя рядами валков. При этом рабочая скорость правки составляет приблизительно 0,3...1,5 м/с.

В процессе выполнения правки листов между валками правильной машины заводят один конец листа. После этого опускается верхний ряд валков, которые приводятся в рабочее положение. Далее включают привод вращения валков, а сам лист пропускают через валки. После первого прохода направление вращения валков меняется на противоположное, а сам лист пропускают в обратную сторону. Возвратно-поступательные движения листов проводят в количестве 5...6 что позволяет достигнуть требуемой формы.

С использованием металлической линейки проверяют качество правки листов. Допускается волнистость не более 2 мм на 1000 мм, а величина стрелы прогиба должна быть не более 1 мм.

Для правки сортового проката применим правильную машину JZJ20-40 (рис. 2.5).



Рисунок 2.4 – Правка листового проката на многовалковой машине ЛВ-7-1000



Рисунок 2.5 – Правка сортового проката на машине JZJ20-40

-Для очистки заготовок применяют дробеметную установку QWD100 (рис. 2.6), в которой лист располагают на подающем механизме и подают в камеру. На стенках камеры расположены дробеметные аппараты, которые выбрасывают стальную или чугунную дробь с большой скоростью. Размер дроби составляет порядка 0,6...0,8 мм. Примерная производительность установки 200 м²/час.



Рисунок 2.6 – Дробемётная установка QWD100

Механическая разделительная резка листового материала с прямо-линейными кромками производится на гильотинных ножницах (рис. 2.7). Разрезаемый лист подается до упора 6, прижимается к столу 1 прижи-мом 3. При опускании верхней траверсы 4 производится скалывание материала ножами 5, изготавливаемыми из твердых металлов или сплавов.

Качество отрезаемой кромки находится в прямой зависимости от величины зазора между ножами. Отклонение от прямолинейности кромки допускается до 0,1 толщины. Чем меньше толщина разрезаемого металла, тем меньше должен быть угол наклона ножа, тем меньше будет коробление детали. Допускаемые погрешности при резке металлов на гильотинных ножницах составляют 1,5 мм при длине реза 100...500 мм.



Рисунок 2.7 – Гильотинные ножницы НД3312Б

Для резки профильного проката используются отрезная пила LC1230 (рис. 1.4) производства Makita.

Для сборки и сварки предусматривается стенд, который изготавливается в соответствии с габаритными размерами камерной двери. Внешний вид стенда приведен на рисунке 2.8.



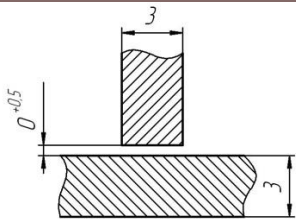
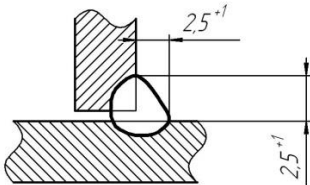
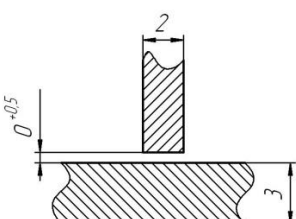
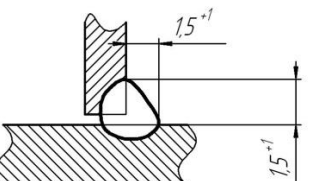
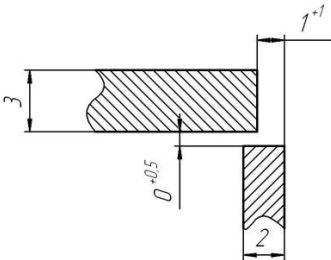
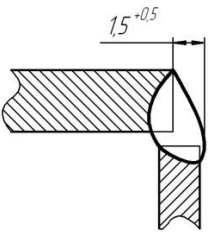
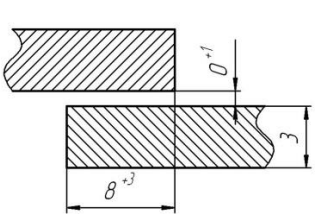
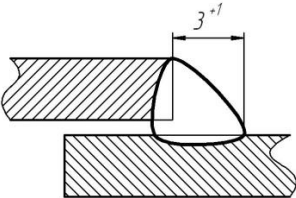
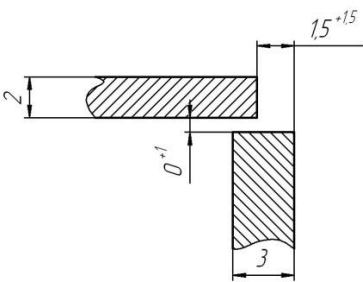
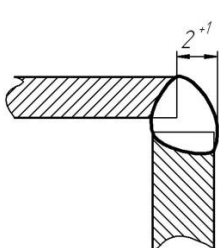
Рисунок 2.8 – Стенд для сборки и сварки

В зависимости от шва (табл. 2.1) применяются различные режимы сварки (табл. 2.2).

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки швов

Шов	$d_{эл}$	$I_{св}$	$U_{д}$	$V_{св}$	$l_{эл}$	$Q_{г}$
	мм	А	В	м/ч	мм	л/мин
№1	1,2	200-250	19-22	35-50	9-12	7-8
№2	1,2	160-200	18-21	40-50	8-12	6-7
№3	1,2	110-140	18-20	30-50	8-12	6-7
№4	1,2	170-210	19-23	25-45	8-15	7-8
№5	1,2	110-140	18-20	30-50	8-12	6-7

Таблица 2.2 – Конструктивные элементы сварных швов

Шов	Разделка	Форма шва
№ 1 ГОСТ 14771-76 - Т1 - УП - $\Delta 2,5$		
№ 2 ГОСТ 14771-76 - Т1 - УП - $\Delta 1,5$		
№ 3 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - $\Delta 1,5$		
№ 4 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - $\Delta 3$		
№ 5 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - $\Delta 2$		

Заклучение по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение качества и производительности сварочных операций при производстве металлических дверей камерного типа.

Ручная дуговая сварка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать выбор сварочных материалов; предложить сварочное оборудование, повышающее производительность сборки и сварки.

Для повышения эффективности механизированной сварки предложено применить инверторный источник питания ФОРСАЖ-302.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает оформление оценочного блока, в котором следует выполнить: 1) анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство; 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки камерных дверей. В соответствии с базовой технологией сварка выполняется ручная дуговая штучными электродами. На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки механизированной в защитном газе проволокой сплошного сечения.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1 Входной контроль	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	Кран-балка; лупа х4	Рукавицы х/б
2. Заготовительная операция	Слесарь-сборщик	Сортоправильная машина; дробемётный аппарат; ножницы гильотинные; резак ГРМ-70; фрезерный станок; газорезательная машина	Мел, ацетилен, кислород, круг абразивный, сверло Р6М5
3. Выполнение сварных швов	Электросварщик	Машинка шлифовальная, полуавтомат, источник питания	Круг абразивный, защитный газ, сварочная проволока
4. Контроль качества	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп	-

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1 Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	1) Кран-балка 2) острые края листов и профильного проката
2. Заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сортоправильная машина 2) Дробемётный аппарат 3) Ножницы гильотинные, 4) Резак ГРМ-70 5) Фрезерный станок 6) Газорезатель-ная машина
3. Выполнение сварных швов	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сборочное приспособление 2) Полуавтомат сварочный ПДГ-515 3) Выпрямитель ВДУ-506 4) Шаблон сварщика УШС-3

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Контроль качества	- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 3.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информационные об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда

Продолжение таблицы 3.3

5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Подготовительная операция, сборочная операция, операции сварки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка металлических дверей	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособлений и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки камерных дверей. Ручная дуговая сварка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки в защитном газе с импульсным управлением горением дуги.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	24	24
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса:	Цоб	Руб.	60000	84000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	30	30
Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см}, \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

D_n – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

T_n – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з},$	(4.3)
--	-------

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,02 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Пг_{.баз.} = 2054/4,84 = 424 \text{ изделий за год};$$

$$Пг_{.проектн.} = 2054/3,02 = 680 \text{ изделий за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $Пг = 400$ изделий за год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{расч} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_{\text{Э}} \cdot K_{вн}}, \quad (4.5)$$

где $Пг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{4,84 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,92$$
$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3,02 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,57$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{расч}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Kзб = 0,92/1 = 0,92$$

$$Kзп = 0,57/1 = 0,57$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При сварке изделия применяются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология ремонтной сварки предусматривает применение механизированной сварки. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{Т-З}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 197,84 + 286,1 = 483,94 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 98,35 + 142,32 = 240,67 \text{ рублей}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\begin{aligned} Z_{\text{осн.баз.}} &= 4,84 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1819,84 \text{ руб.} \\ Z_{\text{осн.проектн.}} &= 3,02 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1135,52 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\begin{aligned} Z_{\text{доп.базов.}} &= 1819,84 \cdot 12/100 = 218,38 \text{ рублей;} \\ Z_{\text{доп.проектн.}} &= 1135,52 \cdot 12/100 = 136,26 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{базов.}} &= 1819,84 + 218,38 = 2038,22 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{проектн.}} &= 1135,52 + 136,26 = 1271,78 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 2038,22 \cdot 30/100 = 693,00 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 1271,78 \cdot 30 / 100 = 432,41 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{об}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{60000 \cdot 21,5 \cdot 4}{2054 \cdot 100} = 25,12 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{84000 \cdot 21,5 \cdot 2,5}{2054 \cdot 100} = 21,98 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{э-эб} = \frac{9 \cdot 4 \cdot 3,02}{0,7} = 155,31 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{9 \cdot 2,5 \cdot 3,02}{0,7} = 97,07 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 25,512 + 155,31 = 180,43 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 21,98 + 97,07 = 119,05 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 483,94 + 2038,22 + 693 + 180,43 = 3395,59 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 240,67 + 1271,78 + 432,41 + 119,05 = 2063,91 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 3395,59 + 1,5 \cdot 1819,84 = 3395,59 + 2729,76 = 6125,35 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 2063,91 + 1,5 \cdot 1135,52 = 2063,91 + 1703,28 = 3767,19 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 6125,35 + 1,15 \cdot 1819,84 = 6125,35 + 2092,82 = 8218,17 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 3767,19 + 1,15 \cdot 1135,52 = 235,2 + 3767,19 = 5073,04 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	483,94	240,67
2	Фонд заработной платы	ФЗП	2038,22	1271,78
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	693,00	432,41
4	Затраты на оборудование	Зоб	180,43	119,05
	Себестоимость технологич.	Стех	3395,59	2063,91
6	Расходы цеховые	Рцех	2729,76	1703,28
	Себестоимость цеховая	Сцех	6125,35	3767,19
7	Расходы заводские	Рзав	2092,82	1305,85
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	8218,17	5073,04

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{Общ}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{ОбщБ} = K_{ОбБ} = n \cdot Ц_{Об.Б} \cdot K_{З.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 600000 - (600000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 21300 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 1 \cdot 21300 \cdot 0,46 = 9798 \text{ рублей}$$

Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБПроектно}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (4.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 84000 \cdot 1,05 \cdot 0,57 = 50274 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 60000 \cdot 0,05 = 3000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулы (4.22) и (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 84000 \cdot 0,05 = 4200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 3000 + 4200 = 7200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 50274 + 7200 = 57474 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 57474 - 9798 = 47676 \text{ руб.}$$

Размер $K_{уд}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_{Г}}, \quad (4.25)$$

где $П_{Г}$ – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{удБаз.} = 9798/400 = 24,50 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 57474 /400 = 143,69 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{4,84 - 3,02}{4,84} \cdot 100\% = 38\%$$

Повышение $П_{Г}$ производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_T = \frac{100 \cdot 38}{100 - 38} = 61\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{3395,59 - 2063,91}{3395,59} \cdot 100\% = 40\%$$

Условно-годовую экономию $Пр_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{\text{у.г.}} = (8218,17 - 5073,04) \cdot 400 = 1258052 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{Э_{\text{уГ}}} \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{47676}{1258052} = 0,37$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_r = 1258052 - 0,33 \cdot 47676 = 1242318 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии сварки с применением ручной дуговой сварки обладает малой производительностью. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку в защитных газах. В результате предлагаемых мероприятий повышается производительность труда.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоёмкость на 38 %, увеличивается производительность труда на 61 %, уменьшается технологическая себестоимость на 40 %. Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,3 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,24 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,37 года. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки камерных дверей. Ручная дуговая сварка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Была поставлена цель – повышение качества и производительности сварочных операций при производстве металлических дверей камерного типа.

На основании анализа альтернативных способов сварки следует признать обоснованным выбор механизированной сварки в среде инертных газов проволокой сплошного сечения.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать выбор сварочных материалов; предложить сварочное оборудование, повышающее производительность сборки и сварки.

Выполнен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,24 млн. рублей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению при изготовлении металлических конструкций из низкоуглеродистых сталей с применением дуговых способов сварки.

Список используемой литературы

1. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х тт.— М.: Машиностроение, 1978.
2. Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки, взаимодействие металла с газами / И.К. Походня, И.Р. Явдошин, А.П. Пальцевич [и др.]. – К.: наукова думка, 1994. – 444 с.
3. Походня, И.К. Исследования и разработки ИЭС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой (обзор) / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2010. – № 12. – С. 34–42.
4. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
5. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потапьевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
6. Головкин, В.В. Моделирование состава неметаллических включений в металле сварных швов высокопрочных низколегированных сталей / В.В. Головкин // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 3–7.
7. Варуха, Е.Н. Расчёт глубины проплавления изделия при сварке в углекислом газе / Е.Н. Варуха, А.А. Морозов // Автоматическая сварка. – 2002. – № 8. – С. 20–23.
8. Ланкин, Ю.Н. Автоматическое управление процессом сварки плавящимся электродом в CO_2 с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка / Ю.Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 2007. – № 1. – С. 3–10.
9. Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи проволоки и ее плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.

10. А. с. 448106 СССР , В 23 к 35/38. Защитная газовая смесь / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий и др. – Приор. 26.06.72. Оpubл. 30.10.74; Бюл. № 40.

11. Заруба, И. И. Особенности применяемых способов ограничения тока короткого замыкания при сварке в углекислом газе / И.И, Заруба, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 1978. – № 1. – С. 16–19.

12. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

13. Недосека, А.Я. Об оценке надёжности эксплуатирующихся конструкций / А.Я. Недосека, С.А. Недосека // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. – № 2. – С. 7–17.

14. Заруба, И. И. Механизм разбрызгивания металла при дуговой сварке / И. И. Заруба // Автоматическая сварка. – 1970. – № 11. – С. 12–16.

15. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

16. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

17. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

18. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

19. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

20. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.