

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 материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для изготовления караульной вышки

Обучающийся

М.Н. Дмитриев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Ручная дуговая сварка, которая согласно базовой технологии применяется при изготовлении рассматриваемой в настоящей выпускной квалификационной работе конструкции, обладает рядом существенных недостатков, наличие которых заставляет вести поиск более перспективных способов сварки.

На основании обзора и критического анализа альтернативных способов сварки для изготовления караульной вышки было принято решение для построения проектной технологии применить механизированную сварку в защитных газах. Предлагается использовать проволоку сплошного сечения, а для повышения эффективности сварки применить импульсное управление горением сварочной дуги.

Составлена проектная технология сварки, особенности выполнения операций которой описаны в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 50 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 25 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по строительству и ремонту несущих металлических конструкций.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварочных работ при строительстве караульных вышек.	7
1.1 Описание изделия и условий его работы.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	10
1.3 Технология изготовления металлического каркаса караульной вышки.	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	20
2 Построение проектного технологического процесса сборки и сварки металлического каркаса караульной вышки.	22
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	22
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.	27
2.3 Требования к выполнению операций проектного технологического процесса сборки и сварки каркаса караульной вышки.	32
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений	36
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта	36
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	38
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	40
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	42
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	44
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной	

квалификационной работе решений.	46
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	46
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	48
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	49
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам	51
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии	55
4.6 Показатели экономической эффективности.	57
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.	61

Введение

В настоящее время растут требования к обеспечению безопасности граждан Российской Федерации, которая предусматривает проведение целого ряда мероприятий по ограничению передвижения по территории. При этом необходимо, в первую очередь, обеспечить безопасность периметра, если выполняется охрана компактных площадей (места концентрированного проживания, склады техники и материалов, топливные хранилища и продовольственные склады). Протекающие в мировом обществе процессы характеризуются повышением скорости реагирования на изменяющиеся условия, при этом необходимость обеспечения безопасности может неожиданно возникнуть в различных, даже самых неожиданных, местах. С учётом этого требуется повышение интенсивности технологических процессов, обеспечивающих построение охранной инфраструктуры.

При организации охраняемого периметра существенная роль отводится караульным вышкам.

При построении караульной вышки необходимо обеспечить превышение караульного над уровнем земли не менее 0,5 метра. При этом предъявляются определённые требования к минимальным размерам кабины караульного. Высота должна составлять не менее 2,5 метра, длина кабины должна быть не менее 2,5 метра, ширина кабины должна быть не менее 2,5 метра. Такие размеры позволяют обеспечить комфортное размещение наблюдателя и его работу в течение смены. На практике при построении караульных вышек могут применяться вышки с меньшими рабочими зонами.

Конструкция караульной вышки должна обеспечивать возможность осуществлять круговой обзор подступов к охраняемым объектам в дневное и ночное время. Также следует предусмотреть возможность и удобство покидания наблюдательной вышки в экстренном случае. Конструкция вышки должна иметь устойчивость по отношению к механическим воздействиям до 20 кгс/см². Также вышка должна иметь возможность эксплуатации в

различных климатических условиях и выполнять все требования по обеспечению пожарной безопасности.

К конструкции вышки предъявляются также требования по обеспечению простоты сборки и эксплуатации. Вышка должна быть безопасна в эксплуатации, её конструкция должна препятствовать накоплению воды и проскальзыванию ног. Также должна обеспечиваться устойчивость вышки при ведении с неё стрельбы из пулемёта или автомата. Также не должен затрудняться пуск сигнальных ракет в различных направлениях.

Конструкция вышки должна предусматривать размещение и надёжное крепление радики, телефонного аппарата, тревожно-вызывной сигнализации.

Для изготовления караульных вышек применяется стальной профиль и металлический листовой прокат. Соединение элементов вышки выполняется при помощи ручной дуговой сварки.

Ручная дуговая сварка, которая хорошо зарекомендовала себя при изготовлении металлических конструкций, исчерпала резервы для дальнейшего повышения эффективности. При применении ручной дуговой сварки даже при использовании новых источников питания, сварочных материалов и назначения оптимальных параметров режима сварки необходимого кратного повышения качества и производительности достичь не удастся. Поэтому следует применять более перспективные способы сварки, переход к которым давно отслеживается на мировом рынке сварочной техники и сварочных материалов.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность выпускной квалификационной работы и поставленной цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении караульных вышек.

1 Современное состояние сварочных работ при строительстве караульных вышек

1.1 Описание изделия и условий его работы

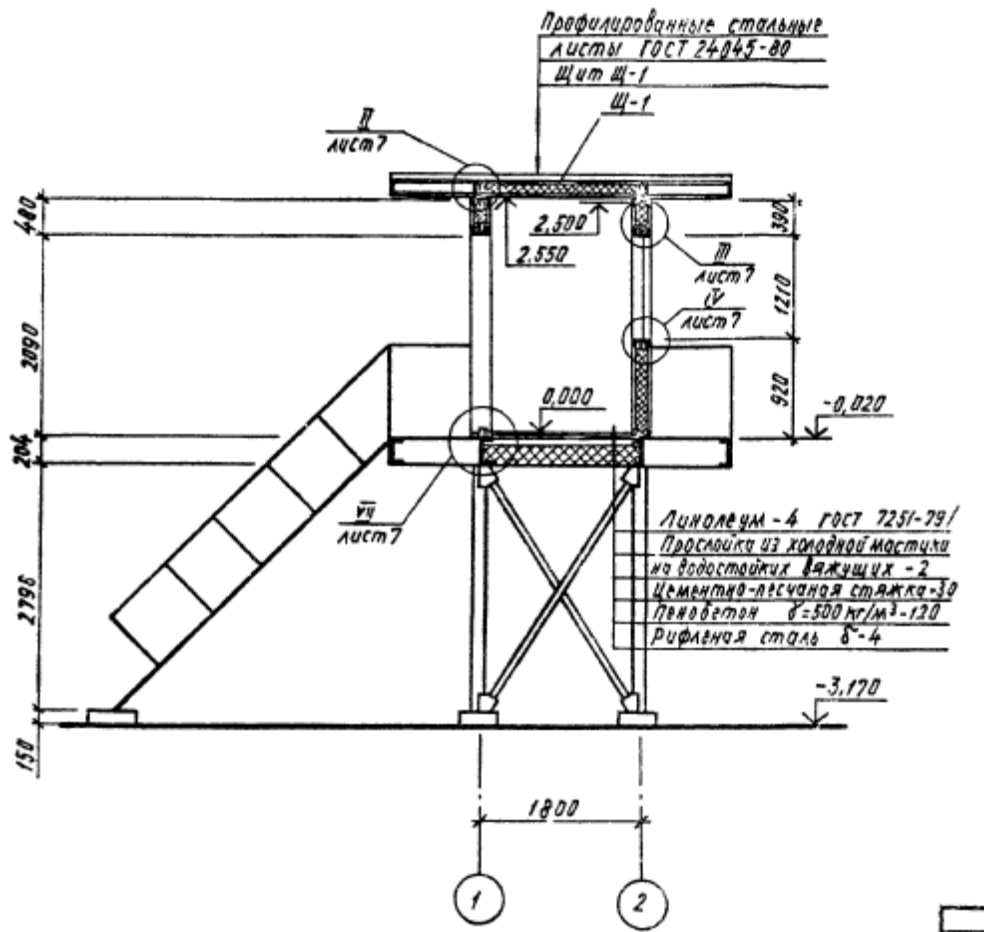
На рисунке 1 представлена караульная вышка, которая применяется для охраны складов взрывчатых веществ с годовым расходом от 1 до 20 тысяч тонн в условном эквиваленте. Караульная вышка является типовой конструкцией и её изготовление происходит в значительных объемах, поскольку количество складов боеприпасов и взрывчатых веществ в последнее время увеличивается. Кроме того, следует принимать во внимание нормы по максимальному количеству боеприпасов, которые уменьшились вследствие возможного применения противником далекодействующих высокоточных боеприпасов. Исходя из этого количество складов, а значит, и средство обеспечения их безопасности должно быть резко увеличено.

Назначение караульной вышки – размещение в ней вооружённого поста, который обеспечивает охрану подступов к складу, предотвращает несанкционированное проникновение на территорию склада людей и въезд на неё транспортных средств.

Представленная на рисунке 1 караульная вышка является типовым объектом и предназначена для охраны поверхностных складов взрывчатых веществ и аналогичных объектов.

Температура эксплуатации объекта составляет от +40 до –30 °С. Расчётная снеговая нагрузка составляет до 1 кПа. Рельеф местности, в которой предстоит эксплуатация караульной вышки – спокойный. При размещении вышки в условиях гористого рельефа эффективность её применения резко снижается, что заставляет применять вышки другой конструкции.

Проветривание вышки осуществляется через открывающиеся окна и неплотности световых проёмов.



КАРКАС ПОКРЫТИЯ

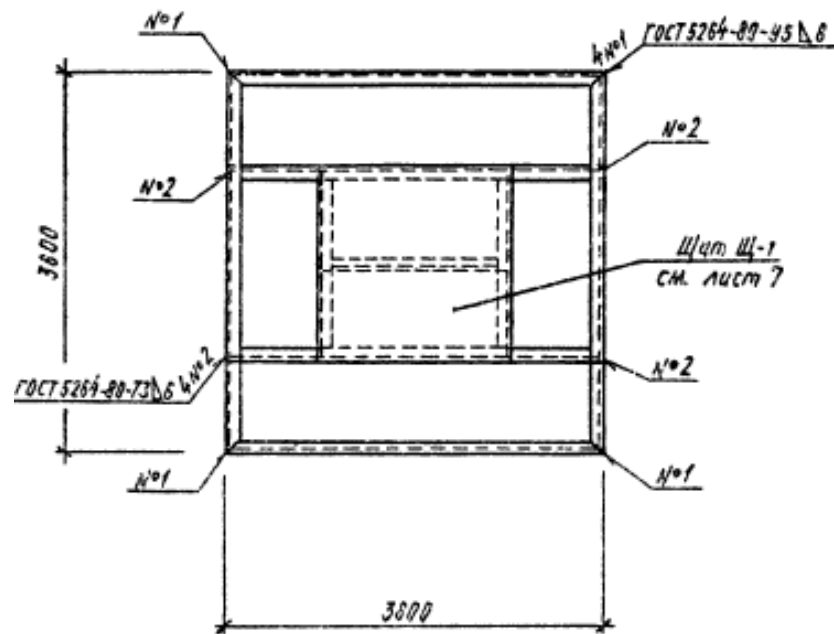


Рисунок 1 – Общее устройство караульной вышки

По оценке работ согласно специальному заданию МО РФ полная сметная стоимость изготовления и введения в эксплуатацию одной вышки составляет 5 млн. рублей. При этом стоимость изготовления металлического каркаса вышки составляет порядка 1,5 млн. рублей.

Конструкция вышки включает в себя смотровую площадку, которая располагается на высоте 3 метра. На площадке располагается утеплённая будка, которая позволяет проводить круговой обзор, как показано на рисунке 2. Площадка располагается на стойках, которые снабжены лестницей.

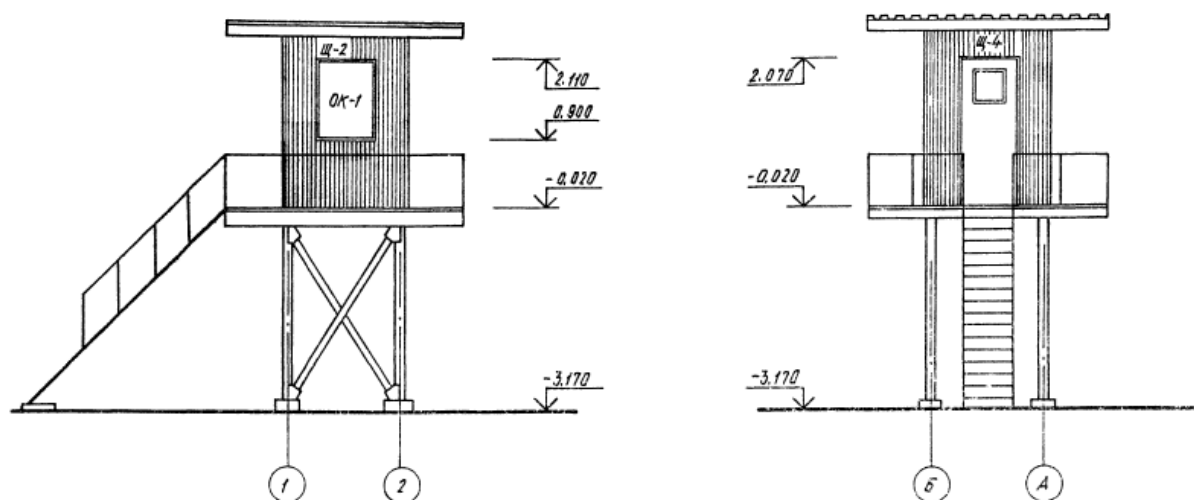


Рисунок 2 – Устройство фасадов караульной вышки

На вышке помещается два поисковых прожектора, которые применяются для освещения в ночное время подступов к складу и запретной зоны. Также вышка снабжается средствами связи и звуковой сигнализации. Караульное помещение снабжено электронагревательными приборами и поворотным стулом.

Вышка снабжается приемником электрической энергии 380 В и 220 В. Подводимая мощность составляет 5,16 кВт, в том числе, на освещение запланировано 1,16 кВт. Поскольку вышка не имеет потребителей с индуктивной нагрузкой, её средневзвешенный коэффициент мощности равен 1. Таким образом, наличие большого числа караульных вышек не сказывается отрицательно на местную электрическую сеть.

Также вышка снабжена противопожарной системой «Топаз»

Для изготовления стен вышки применяются трёхслойные утеплённые щиты. Такой щит представляет собой асбоцементный лист, на который закреплён утеплитель из минеральной плиты и сверху покрытый металлической защитой. Каркас вышки представляет собой сварную конструкцию из металлического профиля. Стойки вышки закреплены в железобетонном фундаменте.

Электрический обогрев внутреннего пространства караульной вышки позволяет поддерживать в ней в зимнее время температуру порядка +18 °С. При этом в качестве нагревательного прибора предлагается использовать электрический нагреватель ПЭТ-4, мощность которого составляет 4 кВт.

1.2 Сведения о материале изделия

Металлический каркас караульной вышки выполняется из профильного проката, для изготовления которого служит сталь Ст3. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали Ст3.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали Ст3 [23], [29]

Fe	C	Mn	Si	P	S
Основа	0,17 %	0,5 %	0,2 %	0,03 %	0,04 %

Сталь Ст3 является самой распространённой сталью, которая применяется для выполнения металлических конструкций различного назначения и может быть отнесена к конструкционным сталям обыкновенного качества. Сочетание низкой стоимости этой стали и удовлетворительных механических свойств обуславливает широкое применение стали Ст3 в промышленности. В значительной степени эта сталь применяется для сварки ответственных металлических конструкций, которые работают в условиях незначительных силовых и тепловых нагрузений [30]. Внесение в сталь при изготовлении модифицирующих

добавок может позволить существенно повысить эксплуатационные свойства конструкций [26]. В качестве модифицирующих добавок могут быть использованы смеси как отечественного, так и импортного изготовления. При этом, как отмечают исследователи [26], даже малое количество вносимых модифицирующих добавок существенно повышает свойства стали и улучшает её структуру.

При строительстве конструкций из стали Ст3 следует принимать во внимание её малую коррозионную стойкость [9]. Также следует учитывать удовлетворительную сопротивляемость стали усталостному разрушению. Количество циклов нагружения при усталостном разрушении составляет 10...40 тысяч.

Сталь Ст3 обладает хорошей свариваемостью, и при изготовлении из неё металлических конструкций возможно применение всех рациональных способов сварки. При этом обычно не требуется предварительного подогрева. Сталь Ст3 не склонна к закалке, поэтому термической обработки после сварки тоже выполнять не требуется.

1.3 Технология изготовления металлического каркаса караульной вышки

Строительство караульных вышек выполняется в соответствии с утверждённым планом, который должен готовиться с учётом особенностей конкретной местности. Строительную площадку следует оснастить ограждением, санитарно-бытовыми помещениями и необходимым освещением.

Строительство вышки должно предусматривать применение передовых методов организации производства и перспективных технологических процессов.

При строительстве караульной вышки применяемое оборудование должно быть защищено против опрокидывания или самопроизвольного

смещения. Не допускается расположение материалов ближе 1 метра от строительной траншеи.

В настоящей выпускной квалификационной работе особое внимание уделим вопросу построения металлического каркаса караульной вышки.

Базовая технология сборки и сварки элементов каркаса караульной вышки предусматривает выполнение нескольких технологических операций.

Первая операция – входной контроль проката, которая выполняется согласно [4], [27]. Проверяется состояние проката (листов и профильных элементов). На поверхности полуфабрикатов не должно быть дефектов в виде разрывов, отслоений, раковин, трещин и вздутий. Также не допускаются вкатанные окалины и сквозные разрывы.

При контроле волнистости листового проката прогиб не должен превышать 15 мм на 1 метр. В случае обнаружения большего прогиба следует провести дополнительную правку листа.

Для устранения поверхностных дефектов применяется зачистка, если при это толщина листа не уменьшится на величину более 0,4 мм.

При проверке кромок проката не допускается наличие на них разрывов, трещин и расслоений.

Качество проката контролируется визуально без применения увеличивающих приборов.

Вторая операция – очистка, разметка и резка. Предварительно выполняют правку листового и профильного проката. Для правки листового проката применяется многовалковая машина, которая состоит из двух рядов роликов, расположенных горизонтально. Ролики имеют равный диаметр и располагаются с одинаковым шагом. После правки контроль волнистости листа повторяют. На рисунке 3 представлена применяемая листопрямильная машина LP4-30-3000. Скорость правки составляет 15 м/мин, точность правки устанавливается 1 мм/мм² при количестве валков – 9 штук.

Для очистки поверхности проката от окалины и ржавчины применяют пескоструйную установку DBS-200, которая представлена на рисунке 4. При

пескоструйной очистке устанавливаются следующие режимы: рабочее давление воздуха – 10 бар, диаметр сопла – 11 мм, расход воздуха – 11,6 м³/мин, расход абразива – 50 кг/м², абразив – SA 3.

Резку листового проката выполняем с применением ножниц НГ-3225./02, которые представлены на рисунке 5. Частота ходов в минуту – не менее 10..12. Угол наклона подвижного ножа – 2...4 °.



Рисунок 3 – Листопрямительная машина LP4-30-3000



Рисунок 4 – Мобильная пескоструйная установка DBS-200



Рисунок 5 – Ножницы гильотинные с гидравлическим приводом НГ-3225.02

После проведения очистки поверхности профильного проката следует проконтролировать его геометрию и при необходимости провести правку. Контроль геометрии профильного проката выполняется с применением металлической линейки, рулетки и угольника. Кривизна профильного проката должна быть не более 24 мм на 1 метр. В противном случае следует провести правку. Для правки профильного проката применим правильную машину СКМЗ, которая представлена на рисунке 6. При этом скорость правки составляет 0,25...0,5 м/с, момент правки составляет 600 кгс·м, а угол ввода заготовок в первый ролик составляет $90^{\circ}20'$.



Рисунок 6 – Правка профильного проката на правильной машине СКМЗ

После правки профильного проката выполняется его разметка. Для этого применяется рулетка, металлическая линейка и чертилка. Также применяется угомер, угольник и штангенрейсмус. Точность разметки не должна быть хуже 1 мм.

Резку профильного проката выполняем с применением ленточнопильной машины LS-100, которая представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Малоразмерная ленточнопильная машина LS-100

Пилочное полотно машины выполняется из стали 25Х6ВФ, при изготовлении полотна применяется стандартная разводка зубьев. Постоянный шаг зуба составляет 8 мм при переднем угле зуба 0°. Скорость реза составляет 20 м/мин при натяжении пилочного полотна 300 Н·м.

Транспортировку заготовок на участок сборки и сварки проводится с применением однобалочного крана грузоподъемностью 1 тонна, представленного на рисунке 8. Скорость перемещения заготовок составляет 40 м/мин при скорости тали 25 м/мин.



Рисунок 8 – Крюковой однобалочный кран грузоподъемностью 1 тонна

На рисунке 9 представлен универсальный сборочный стенд, который используется для сборки заготовок перед сваркой. Конструкцией стенда позволяет обеспечить высокую точность при фиксировании заготовок, при этом сборка обеспечивается с высокой производительностью.

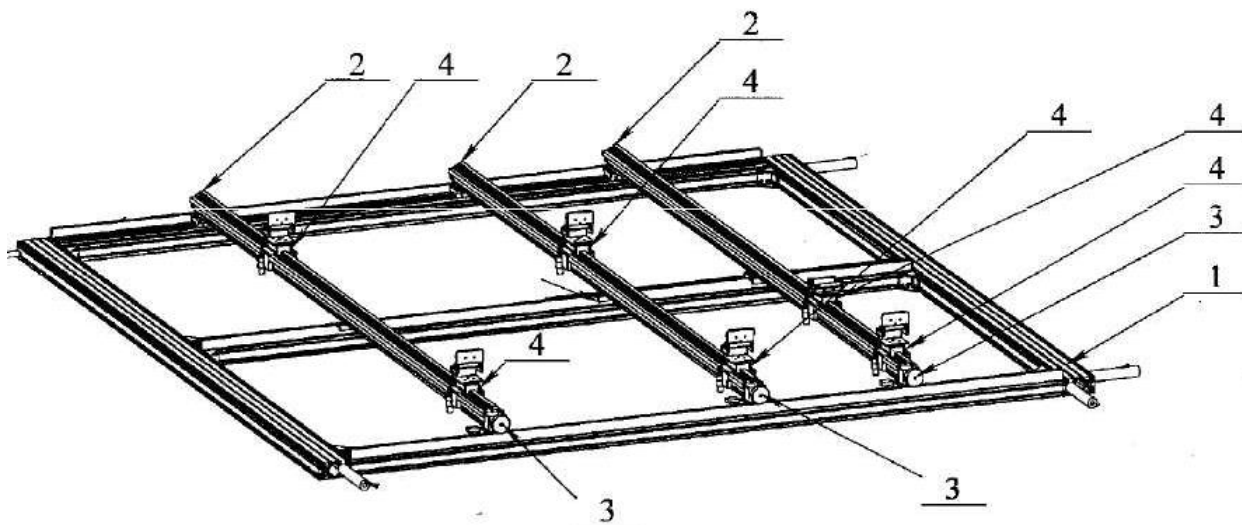


Рисунок 9 – Универсальный сборочный стенд

Конструкция станда предусматривает наличие основания (обозначено на схеме позицией 1), относительно которого установлены балки (обозначены на схеме позицией 2). Балки снабжены механизмами перемещения (обозначены на схеме позицией 3) и перемещающимися по ним каретками (обозначены на схеме позицией 4). Также в составе схемы имеются подвижные фиксаторы, зажимы фиксаторов, механизмы перемещения кареток. При установке на сборочном приспособлении допускается наличие зазора между заготовками до 1 мм.

Прихватку и сварку выполняют с применением ручной дуговой сварки штучными электродами УОНИ 13/55, МТГ-01К, МТГ-02 или МТГ-03. Содержание химических элементов наплавленном металле при использовании этих электродов приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в наплавленном металле при использовании электродов различных марок

Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	Mo	S+P
УОНИ 13/55	<0,09	1,05	0,42	-	-	< 0,040
МТГ-01К	< 0,06	1,35	0,33	-	-	< 0,035
МТГ-02	< 0,06	1,35	0,33	-	0,25	< 0,035
МТГ-03	< 0,06	1,10	0,45	0,70	0,40	< 0,035

Температура прокали и длительность прокали сварочных электродов указаны в таблице 3. После того, как прокали электродов была выполнена, их следует поместить в резервную печь, температура которой составляет 80...100 °С. Из резервной печи электроды вынимаются непосредственно перед использованием. В течение смены следует использовать все прокалённые и помещённые в резервную печь электроды. В противном случае для оставшихся электродов в новую смену процедуру прокали повторяют. Допускается не более трёх прокалок электродов, если в течение этого срока электроды не были использованы, их необходимо утилизировать.

Прокалку электродов выполняют в печи ЭПСЭ-40/400, которая представлена на рисунке 10-а. Для хранения прокалённых электродов

применяют резервную печь ЭПСЭ-10/400, которая представлена на рисунке 10-б.

Сварку выполняют в отапливаемых цехах, в которых постоянно поддерживается положительная температура и отсутствуют сквозняки.

Базовая технология предусматривает применение электродов УОНИ 13/55 диаметром 4 мм и 5 мм. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Для выполнения прихваток применяются электроды диаметром 4 мм. Для выполнения заполняющего слоя применяются электроды диаметром 5 мм. Для выполнения облицовочного слоя применяются электроды диаметром 4 мм. Значения параметров режима сварки в зависимости от диаметра электрода и пространственного положения сварного шва приведены в таблице 4. В качестве источника питания дуги применяют сварочный выпрямитель DC-400, который представлен на рисунке 4.

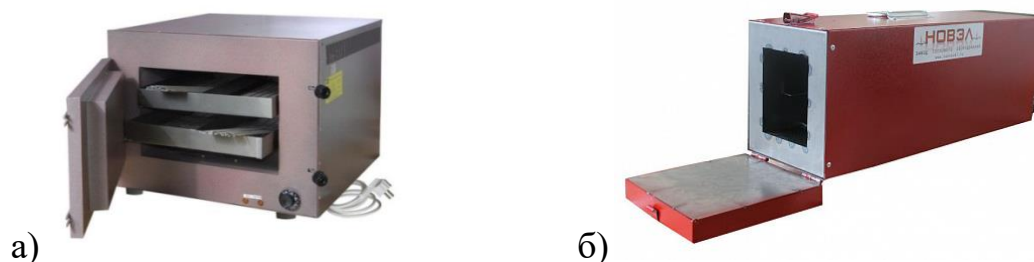


Рисунок 10 – Печи для прокали и резервного хранения электродов: ЭПСЭ-40/400 (а) и ЭПСЭ-10/400 (б)

Таблица 3 – Параметры прокали электродов перед сваркой

Марка электрода	Температура прокали	Время прокали
«УОНИ 13/55	380...420 °С	90...120 мин
МТГ-01К	360...400 °С	60...80 мин
МТГ-02	360...400 °С	60...80 мин
МТГ-03	360...400 °С	60...80 мин» [8]

Таблица 4 – Параметры режима сварки электродами УОНИ 13/55 Ø 4 и 5 мм

Диаметр электрода	Положение сварного шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
4 мм	130...160 А	120...150 А	120...150 А
5 мм	180...200 А	160...180 А	-



Рисунок 4 – Оборудование для ручной дуговой сварки:
источник питания DC-400

При изготовлении каркаса караульной вышки проводят следующие виды контроля: входной, пооперационный и приёмочный.

При приемке материалов проверяют наличие и соответствие маркировки условиям заказа, качество поверхности проката. Хранение заготовок и материалов следует выполнять под навесами или в закрытых помещениях, при этом должна быть обеспечена защита от механических повреждений, загрязнения и контакта с цветными металлами, который может вызвать коррозию материала.

Для каждой поступающей партии электродов проверяется наличие сопроводительного документа, в которых должна содержаться следующая информация:

- тип, марка и диаметр сварочных электродов;
- масса электродов без учёта массы тары;
- название предприятия, на котором выполнялось изготовление сварочных электродов;
- наименование и номер стандарта или технических условий на сварочные электроды;
- результаты проведённых испытаний на выполнение требований к электродам;
- номер партии и дата изготовления.

Условия хранения и подготовки сварочных материалов должны соответствовать требованиями РТМ 26-304-78.

Если условия хранения вызывают сомнение в состоянии сварочных электродов, независимо от срока их хранения следует провести испытания электродов на соответствие техническим требованиям.

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При приёмочном контроле проводят визуально-измерительный контроль качества.

Визуальный контроль проводят по отношению 100 % сварных соединений. Для проведения визуального контроля применяется набор, который представлен на рисунке 5 и включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.



Рисунок 5 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля сварных швов

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений. Сварной шов должен иметь плавный переход к основному металлу.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения производительности и качества сварочных операций при изготовлении металлических каркасов караульных вышек.

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки.

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги.

В настоящее время отмечается неуклонное уменьшение доли поставляемого на рынок оборудования для ручной дуговой сварки и материалов для ручной дуговой сварки [6], [16], [17]. Происходит повсеместное внедрение способов механизированной и автоматической сварки: проволокой сплошного сечения в газовой защите, самозащитной проволокой, под флюсом. Применение этих способов не только позволяет увеличить производительность процесса сварки, но и существенно повысить качество и эксплуатационные свойства конструкций.

При решении первой задачи предстоит обосновать выбор способа сварки, при этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений.

При решении второй задачи предстоит рассмотреть варианты повышения эффективности выбранного способа сварки с применением современных достижений в области управления сварочными процессами.

При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [12], [18].

При решении третьей задачи предстоит составить проектную технологию сварки. В ходе решения этой задачи предстоит дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции, назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование и сварочные материалы.

При выполнении оценочного раздела следует выполнить анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда. Также следует выполнить оценку экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели.

Четвёртой задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [7].

Пятой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [14], [15].

Решению первой, второй и третьей задачу посвящен второй раздел настоящей выпускной квалификационной работы. Решение четвёртой и пятой задач воспоследует в оценочном блоке настоящей выпускной квалификационной работе – третьем и четвёртом разделах.

2 Построение проектного технологического процесса сборки и сварки металлического каркаса караульной вышки

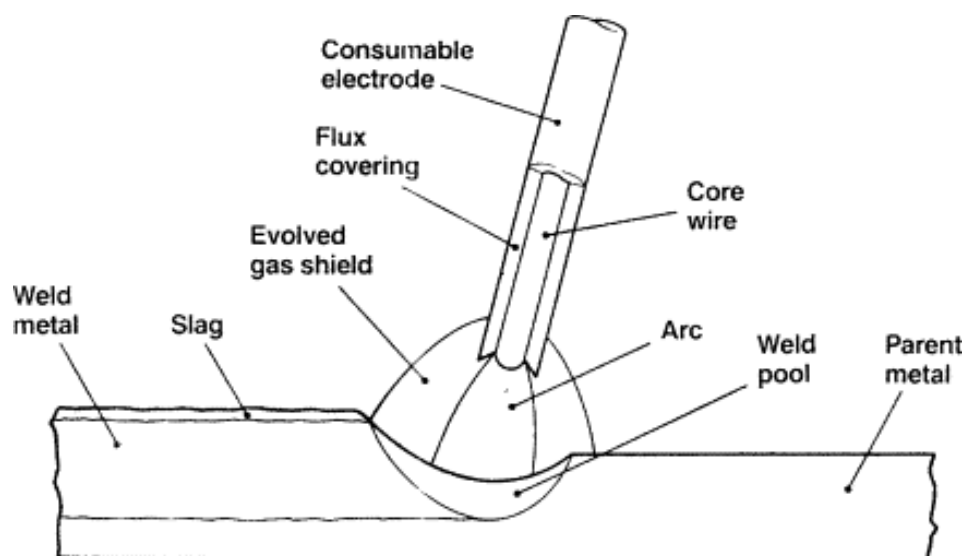
2.1 Обоснование выбора способа сварки

При обосновании выбора способа сварки необходимо руководствоваться преимуществами и недостатками каждого из рассмотренных способов сварки. При этом предпочтение следует отдавать способам, позволяющим механизировать и автоматизировать основные технологические процессы.

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, является самым универсальным способом. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса. За счёт применения электродов со специальным покрытием [21] можно повысить текучесть шлака и улучшить формирование корневого слоя шва. Также повышение эффективности ручной дуговой сварки возможно за счёт применения специальной техники сварки [3] и импульсного управления дугой [8].

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению

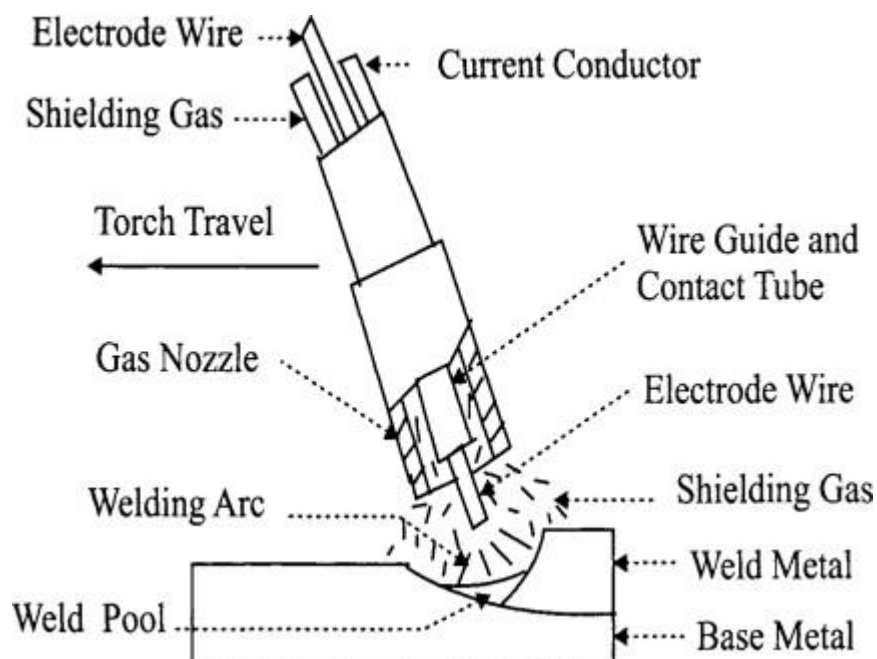
производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.



core wire – металлический сердечник, consumable electrode – плавящийся электрод, flux covering – покрытие электрода, arc – сварочная дуга, weld pool – сварочная ванна, parent metal – основной металл, evolved gas shield – защитная газовая оболочка, slag – шлак, weld metal – наплавленный металл

Рисунок 6 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

На рисунке 7 представлена схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая является альтернативой ручной дуговой сварке [24], [25]. В числе преимуществ этого способа сварки следует отметить повышение производительности по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке практически не образуется шлаковая корка, поэтому многослойная сварка также ускоряется и повышается её качество. При механизированной сварке в защитных газах наблюдается повышенная вязкость расплавленного металла, что позволяет выполнять сварку при различных пространственных положениях. Проволока сплошного сечения имеет повышенную стойкость против заломов, что выгодно отличает этот способ сварки от сварки порошковой проволокой. При сварке в защитных газах улучшаются условия труда сварщика.



electrode wire – электродная проволока, current conductor – токоподвод, shielding gas – защитный газ, torch travel – направление сварки, wire guide and contact tube – контактный наконечник, welding arc – сварочная дуга, shielding gas – защитный газ, weld metal – наплавленный металл, base metal – основной металл, weld pool – сварочная ванна

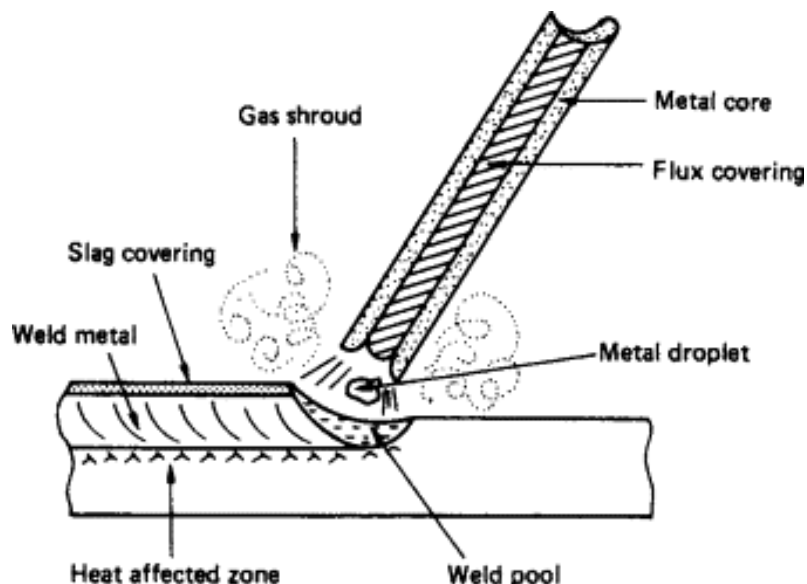
Рисунок 7 – Схема выполнения механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки. Также повышенная вязкость расплавленного металла может стать причиной образования горячих трещин.

На рисунке 8 представлена схема выполнения сварка порошковыми проволоками, которая может быть выполнена с использованием того же оборудования, что и сварка проволокой сплошного сечения. При сварке порошковыми проволоками удаётся получить сочетание положительных качеств ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах [28], [32].

Главным недостатком сварки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную

ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.



metal core – металлическая оболочка, flux covering – флюсовый наполнитель, metal droplet – капля электродного металла, gas shroud – защитная газовая оболочка, weld pool – сварочная ванна, slag covering – шлаковая корка, weld metal – наплавленный металл, heat affected zone – зона термического влияния

Рисунок 8 – Схема выполнения сварки порошковой проволокой

Оценка преимуществ и недостатков каждого способа выполним по критериям оценки, которые предложены в работах [5], [20], [22]

В качестве критериев оценки выступают:

- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов,
- производительность процесса сварки,
- качество выполняемого сварного соединения,
- условия труда сварщика,
- эксплуатационные качества изделия после выполнения сварки,
- интегральная экономическая эффективность способа сварки.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа сварки им были выставлены следующие экспертные оценки по критериям, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Экспертная оценка способов сварки по критериям

Наименование способа сварки	Номер критерия оценки					
	1	2	3	4	5	6
«ручная дуговая сварка покрытыми электродами	4	2	1	1	1	2
механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	2	3	3	3	3	3
механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой» [8]	3	4	2	2	2	1

По сумме баллов экспертной оценки ручная дуговая сварка получила 11 баллов, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах получила 17 баллов, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой получила 14 баллов.

На основании результатов экспертной оценки следует сделать вывод, что перспективной для проектной технологии способами сварки является механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

В странах СНГ наблюдается значительное отставание применения порошковых проволок, что объясняется недостаточным производством порошковых проволок.

На основании вышеизложенного для построения проектной технологии сварки металлического каркаса караульной вышки предлагается использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств сварки проволоками сплошного сечения в защитных газах следует рассмотреть разработки отечественных и зарубежных исследователей-сварщиков в области импульсного управления сварочной дугой [13], [31].

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

Интенсивные разработки в области импульсного управления механизированной сваркой в защитных газах ведутся мировыми исследователями-сварщиками начиная с 60-х годов прошлого века. За счёт применения инверторных источников питания удалось расширить технологические возможности импульсного управления. Установлено, что эффективность сварки в защитных газах в значительной степени определяется типом переноса электродного металла, который влияет на тепловой баланс при сварке, пространственную устойчивость сварочной дуги, металлургические процессы, геометрию сварного шва, образование дефектов, потери на угар и разбрызгивание [10].

На рисунке 9 представлены виды переноса электродного металла. Особенности каждого типа переноса электродного металла изучены и подробно описаны, каждый тип имеет свои преимущества и недостатки.

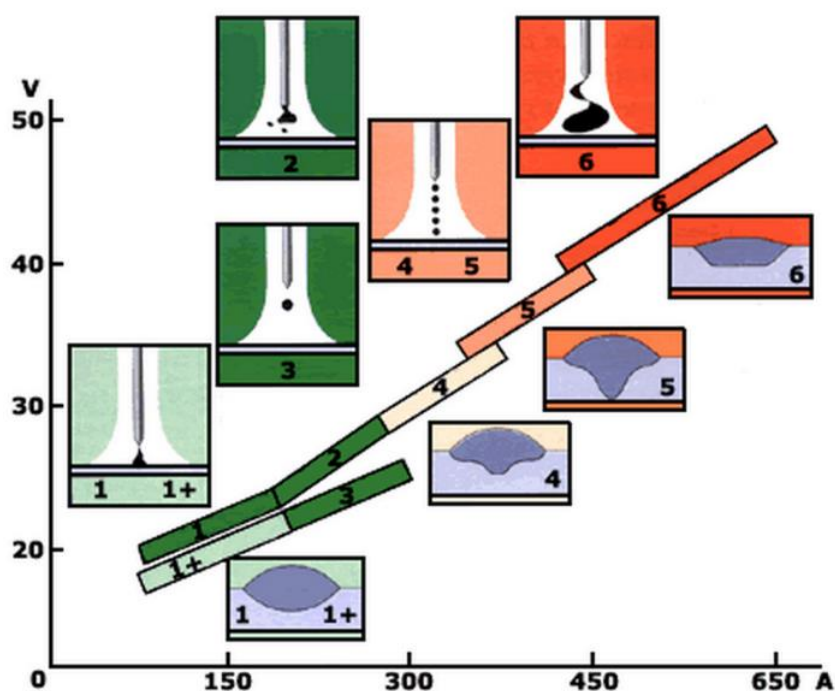


Рисунок 9 – Диапазон сварочных токов и напряжений на дуге при различных типах переноса металла

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

На рисунке 10 представлены основные технологические факторы, наличие и величина которых определяет характер процесса переноса электродного металла при сварке.

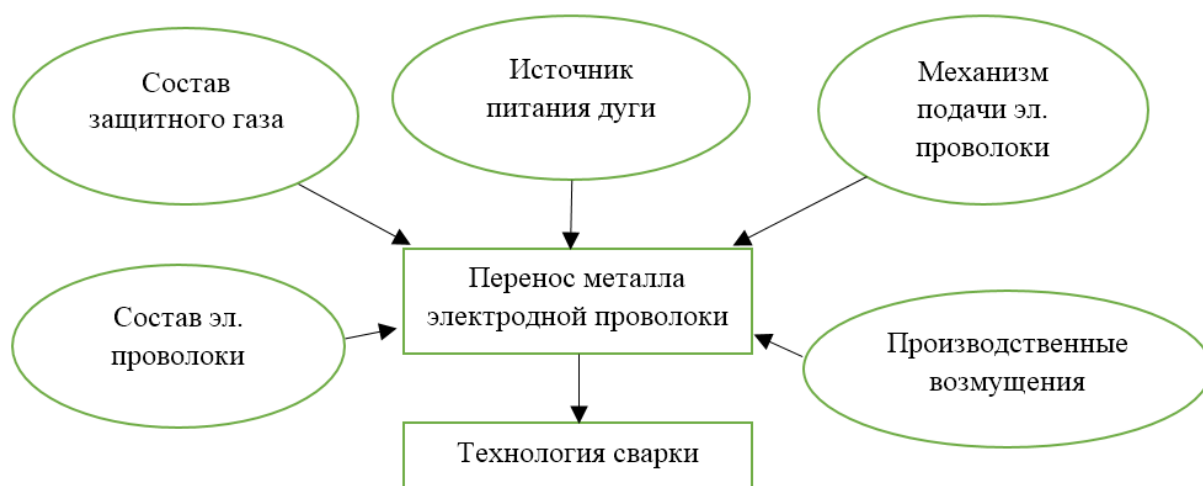


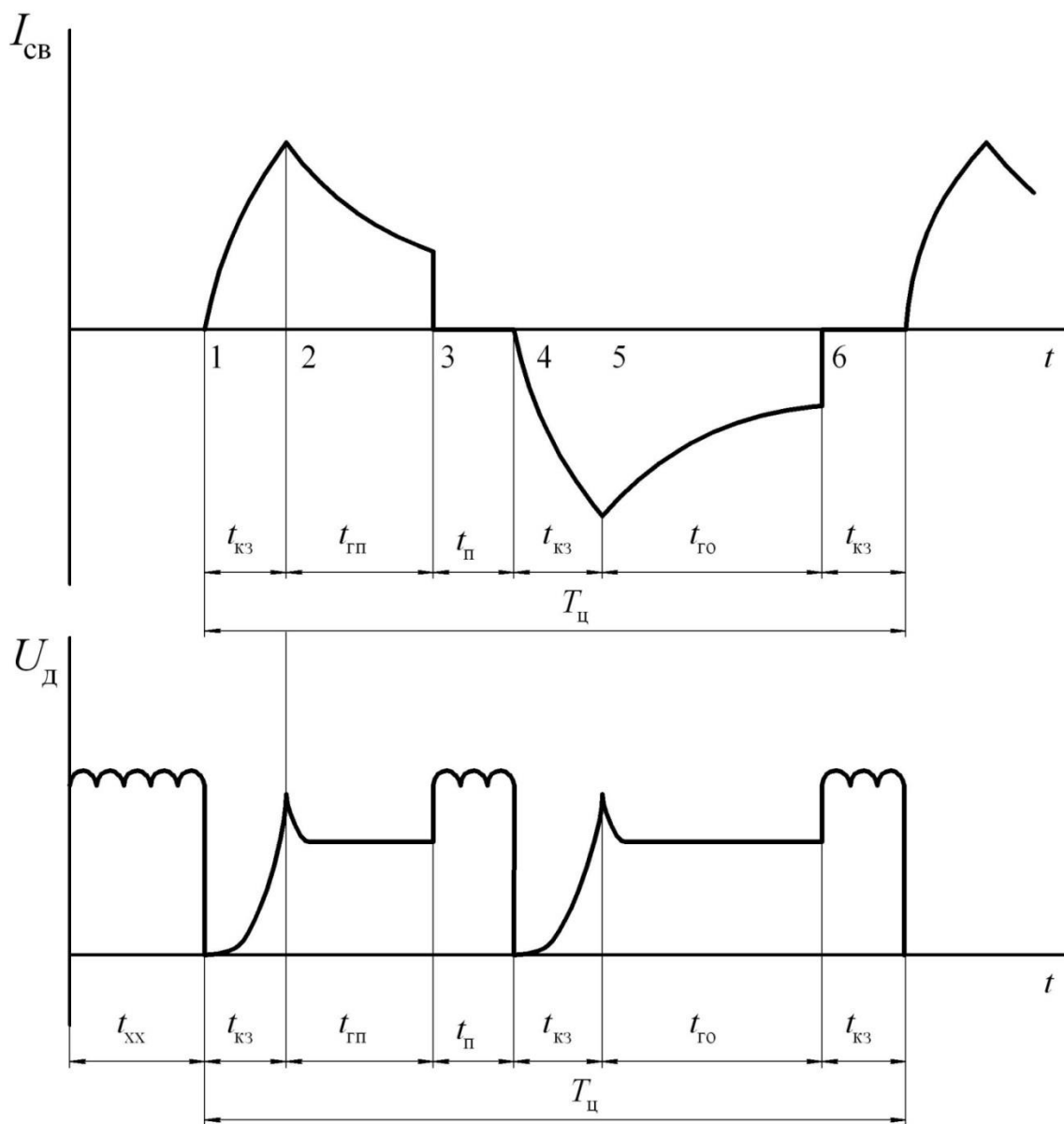
Рисунок 10 – Основные технологические факторы, определяющие характер переноса электродного металла при сварке

На рисунке 11 представлены основные процессы, реализующие импульсное управление при механизированной сварке и фирмы-разработчики.



Рисунок 11 – Основные разработчики технологий импульсного управления при механизированной сварке в защитных газах

Для импульсного управления сварочной дугой предлагается использовать разработку отечественных исследователей-сварщиков [1], которая позволяет расширить технологические возможности стандартного сварочного выпрямителя, обеспечивая формирование импульсов при управлении горением сварочной дуги. На рисунке 12 представлены осциллограммы сварочного тока и напряжения, которые получаются при реализации предлагаемого способа сварки. Режим короткого замыкания начинается в момент времени 1. На диапазоне 1-2 в течение времени $t_{кз}$ источник работает в режиме короткого замыкания. После окончания короткого замыкания в момент времени 2 происходит возбуждение сварочной дуги на прямой полярности. На диапазоне 2-3 в течение времени $t_{гп}$ горит дуга прямой полярности, и происходит дозирование энергии на расплавление одной капли электродного металла.



$t_{кз}$ – «интервал короткого замыкания дугового промежутка;
 $t_{хх}$ – интервал холостого хода источника питания;
 $t_{гп}$ – длительность горения дуги на прямой полярности;
 $t_{го}$ – длительность горения дуги на обратной полярности;
 $t_{п}$ – длительность паузы тока перед коротким замыканием;
 $T_{ц}$ – длительность цикла плавления и переноса электродного металла» [1]

Рисунок 12 – Осциллограммы тока и напряжения при сварке по предлагаемому способу

По окончании периода времени $t_{гп}$ в момент времени 3 происходит обрыв сварочной дуги. На диапазоне 3-4 в течение времени $t_{п}$ сварочный ток не протекает. За это время под действием сил поверхностного натяжения капля расплавленного металла располагается соосно с электродом. В момент

времени 4 начинается фаза короткого замыкания, и происходит смена полярности источника питания.

В диапазоне 4-5 в течение времени $t_{кз}$ источник работает в режиме короткого замыкания. В момент времени 5 начинает гореть дуга на обратной полярности, которая горит в диапазоне 5-6 в течение времени $t_{го}$. В момент времени 6 происходит обрыв дуги. С учётом особенностей плавления электродного металла при горении дуги на прямой обратной полярности время $t_{го}$ горения дуги на обратной полярности устанавливают в 1,3...1,5 раза больше времени $t_{гп}$ горения дуги на прямой полярности.

Функциональная схема устройства для обеспечения предлагаемого способа управления горением сварочной дуги представлена на рисунке 13. Параллельно источнику постоянного тока (обозначен на рисунке позицией 1) подключен тиристорный преобразователь. При этом к положительному полюсу источника 1 подключены силовые тиристоры анодной группы (обозначены на рисунке позициями 2 и 3) и сглаживающий дроссель (обозначен на рисунке позицией 4).

К отрицательному полюсу источника питания подключены силовые тиристоры катодной группы (обозначены на рисунке позициями 5 и 6) и коммутирующий дроссель (обозначен на рисунке позицией 7).

Два диода (обозначены на рисунке позициями 8 и 9) шунтируют силовые тиристоры 2 и 3 анодной группы в обратном направлении. К отрицательному полюсу источника питания 1 подключена нижняя обкладка конденсатора фильтра (обозначен на рисунке позицией 10). Верхняя обкладка конденсатора 10 подключена к анодной группе через блокирующий диод (обозначен на рисунке позицией 11).

К отрицательному полюсу источника питания 1 подключена нижняя обкладка коммутирующего конденсатора (обозначен на рисунке позицией 12). Верхняя обкладка коммутирующего конденсатора 12 подключается к верхней обкладке конденсатора фильтра 10 через зарядный дроссель и блокирующий диод (обозначены на рисунке позициями 13 и 14).

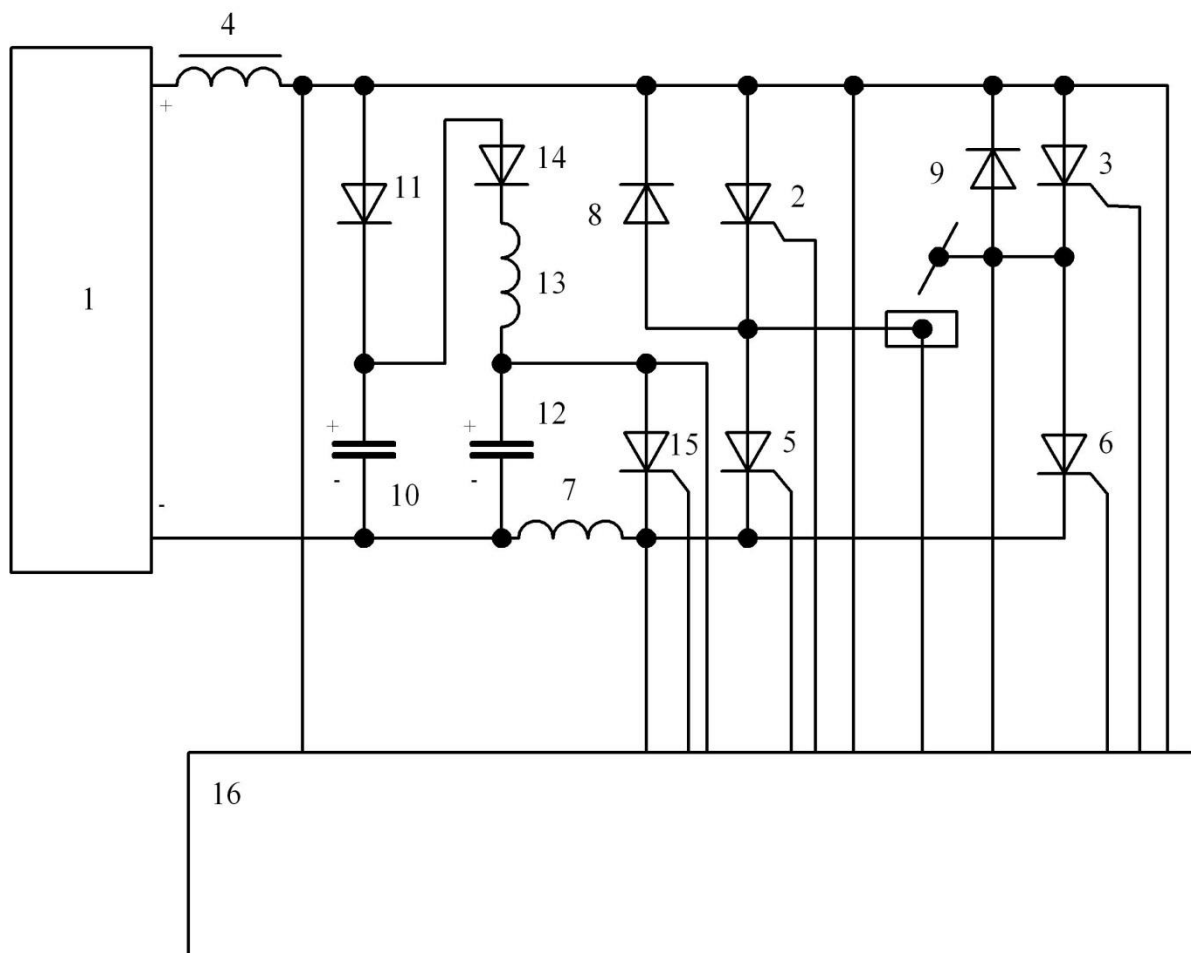


Рисунок 13 – Функциональная схема устройства для осуществления способа

Верхняя обкладка коммутирующего конденсатора 12 подключается к катодной группе тиристоров через вспомогательный тиристор (обозначен на рисунке позицией 15).

Управление схемой происходит от блока управления тиристорами (обозначен на схеме позицией 16).

2.3 Требования к выполнению операций проектного технологического процесса сборки и сварки каркаса караульной вышки

Технология изготовления сварной конструкции предусматривает выполнение следующих операций: очистка; правка; разметка; резка; сборка; сварка; контроль качества.

Для сварки применяется проволока Св-08ГС сплошного сечения диаметром 1,2 мм, которая представлена на рисунке 14-а. Содержание химических элементов в наплавленном металле приведено в таблице 6.



Рисунок 14 – Применяемый по проектной технологии сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Таблица 6 – Содержание химических элементов в металле шва при сварке проволокой Св-08ГС

С, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
<0,10	1,4-1,7	0,6-0,85	<0,030	<0,025	0,20	0,25	<0,025

В работе [19] показана особенно высокая эффективность применения импульсных процессов при механизированной сварке в случае использование газовой смеси «углекислый газ + аргон» в соотношении 70 % + 30 %. применение в качестве защиты смеси газов по сравнению со сваркой в чистом углекислом газе ещё больше усиливает защиту сварочной ванны. Баллоны со смесью представлены на рисунке 14-б.

Сварку выполняют в отапливаемых цехах, в которых постоянно поддерживается положительная температура и отсутствуют сквозняки.

Сварку выполняют постоянным током обратной полярности («+» - на электроде). Параметры режима сварки зависят от выполняемого соединения и приведены в таблице 7.

Для подачи сварочной проволоки предлагаем применять механизм подачи Форсаж-МПМ, представленный на рисунке 15-а. В качестве источника питания сварочной дуги применим выпрямитель ВДУ-3020, представленный на рисунке 15-б.

Таблица 7 – Параметры режима механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения

«Толщина металла и катета шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Проходы	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин
Стыковое, S=4...8 мм	1,2	1 проход	200...220	20...24	24...28	20...24
Тавровое, К=6	1,2	1 проход	120...160	20...22	22...28	18...22» [25]



Рисунок 15 – Применяемое сварочное оборудование: механизм подачи Форсаж-МПм (а) и выпрямитель ВДУ-3020 (б)

Очистку металлического проката перед запуском в производство выполняем на дробемётной установке QWD100, которая представлена на рисунке 16. Очищают всю поверхность проката от ржавчины и прокатной окалины. Для очистки применяется колотая или литая дробь ДСК диаметром 0,8...1,2 мм. До выполнения дробемётной очистки следует удалить с поверхности проката консервационную смазку и жировые загрязнения при помощи растворителя.

Для правки сортового прокат предлагается применить правильную машину JZJ20-40, которая представлена на рисунке 16. После выполнения правки и очитки необходимо покрыть поверхность проката быстросохнущей грунтовкой с толщиной слоя 15...20 мкм.



Рисунок 16 – Дробемётная установка QWD100



Рисунок 17 – Правка сортового проката на машине JZJ 20-40

«Разметку проката перед резкой осуществляют при помощи металлических рулонок со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линеек длиной 1000 мм, угломеров с нониусом, угольников и штангенрейсмусов. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм.

Механическая резка проката выполняется на ленточнопильном станке JET HBS-1220AF, представленном на рисунке 18. При сборке деталей под сварку следует обеспечивать требуемую геометрию изделия, надёжное и плотное прижатие всех деталей друг к другу, сохранение размеров при последующих перемещениях» [25].



Рисунок 18 – Ленточнопильный станок JET HBS-1220AF

«Размеры прихваток для стыковых соединений: глубина 2...3 мм, ширина 4...6 мм, длина 10...15 мм. Размеры прихваток для угловых, тавровых и нахлесточных соединений: катет 3...5 мм, длина 10...15 мм. После выполнения прихваток их следует очистить от шлака и брызг, проконтролировать на предмет отсутствия недопустимых дефектов (трещин, наплывов, подрезов, несплавлений по кромкам). При обнаружении дефектов прихватку удаляют, зачищают металл на глубину 1 мм» [25].

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [11] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [14], [15].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности сварочных работ при изготовлении металлических конструкций. В качестве типовой конструкции рассматривается караульная вышка. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Повышение эффективности сварки предлагается достигать за счёт внедрения разработок отечественных исследователей-сварщиков. Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Особенности выполнения операций проектного технологического процесса представлены в таблице 8. Первой операцией проектного технологического процесса является входной контроль. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, набор измерительного оборудования. Второй операцией проектного технологического процесса является заготовительная. Для её выполнения применяется дробеструйная установка, листоправильная машина, гильотинные ножницы, машина для правки сортового проката, ленточнопильный станок. Третьей операцией проектного технологического процесса является сборка и сварка. Для её выполнения применяется

сварочный выпрямитель, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, формировать сварочных импульсов, сборочное приспособление. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, дефектоскоп.

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
Входной контроль	слесарь-сборщик	набор визуально-измерительного контроля, набор измерительного оборудования
Заготовительная	слесарь-сборщик	дробеструйная установка, листоправильная машина, гильотинные ножницы, машина для правки сортового проката, ленточнопильный станок
Сборка и сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	сварочный выпрямитель, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, формировать сварочных импульсов, сборочное приспособление
Контроль качества	дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, дефектоскоп

Представленные в таблице 8 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса,

которые были рассмотрены выше. В таблице 9 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. Источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки.

Таблица 9 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
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
Заготовительная	<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
Сборка и сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
Контроль качества	<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

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

- 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.

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 9 данных. При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии. Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

В таблице 10 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Таблица 10 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) «инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений» [7]	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 10 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Разработки специальных технических средств и организационных мероприятий для защиты персонала не требуется.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Проведение работ по сварке и наплавке связано с нагревом до высокой температуры, наличием брызг расплавленного металла и светового излучения высокой интенсивности. В результате этого функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	Аппарат плазменной резки, сварочное оборудование, станки для механической обработки
Классификация по виду горящего вещества	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [7]
Наименование основных опасных факторов пожара	«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» [7]
Наименование вторичных опасных факторов пожара	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [7]

Анализ данных в таблице 11 позволяет установить, что возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е». Этот класс пожара предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 12 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 12 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
«Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [7]	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы от негативного воздействия, которое возникает при выполнении операций проектного технологического процесса.

На основании анализа операций технологического процесса могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 13 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 13 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
атмосфера	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [2]
гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [2]
литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [2]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности сварочных работ при изготовлении металлических конструкций. В качестве типовой конструкции рассматривается караульная вышка.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Первой операцией проектного технологического процесса является входной контроль. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, набор измерительного оборудования. Второй операцией проектного технологического процесса является заготовительная. Для её выполнения применяется дробеструйная установка, листопрямильная машина, гильотинные ножницы, машина для правки сортового проката, ленточнопильный станок. Третьей операцией проектного технологического процесса является сборка и сварка. Для её выполнения применяется сварочный выпрямитель, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, формировать сварочных импульсов, сборочное приспособление. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, дефектоскоп.

В таблице 14 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 14 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

«Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономическо го показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	500 тыс.	800 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	20	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [14]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 19,8 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 24$ часа и $t_{шт.проектн.} = 13,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 16$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/24 = 85$ изделий для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/16 = 128$ изделий для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 80$ изделий в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 24 \cdot 80 / (2054 \cdot 1,03) = 0,9$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 16 \cdot 80 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,9/1 = 0,9$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,7/1 = 0,7$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=120 \cdot 8 = 960$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=554,8+489,2 = 1044$ рублей.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений и организационных мероприятий приводит к повышению расходов на сварочные материалы. Это объясняется тем, что базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, в качестве материалов которой выступают штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение более прогрессивной процесса – механизированной сварки в защитных газах. В качестве сварочных материалов в этом случае выступает сварочная проволока и защитный газ.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат $K_д$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_д = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 24 \cdot 150 \cdot 1,88 = 6768$ рублей для базового

варианта технологического процесса и $Z_{\text{осн}} = 16 \cdot 150 \cdot 1,88 = 4512$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента доплат $K_{\text{доп}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12\%$:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 6768 \cdot 12 / 100 = 812$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 4512 \cdot 12 / 100 = 541$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 6768 + 812 = 7580$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 4512 + 541 = 5053$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34\%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 7580 \cdot 34 / 100 = 2577$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 5053 \cdot 34 / 100 = 1718$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{об}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{маш}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_э$ и цена оборудования $Ц_{об}$.

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 24 / 2054 / 100 = 1256$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 16 / 2054 / 100 = 1340$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $Ц_{ээ}$:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ} / КПД. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 20 \cdot 24 \cdot 3,4 / 0,7 = 2331$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 30 \cdot 16 \cdot 3,4 / 0,85 = 1920$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 1256 + 2331 = 3587$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 1340 + 1920 = 3260$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $ФЗП$, затрат на производственные площади $Z_{пл}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 960 + 7580 + 2577 + 3587 + 2297 = 17001$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 1044 + 5053 + 1718 + 3260 + 1613 = 12688$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} . \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 17001 + 1,5 \cdot 6768 = 17001 + 10152 = 27153$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 12688 + 1,5 \cdot 4512 = 12688 + 6768 = 19456$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}} . \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 27153 + 1,15 \cdot 6768 = 27153 + 7783 = 34936$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 19456 + 1,15 \cdot 4512 = 19456 + 5188 = 24644$ рублей.

В таблице 15 представлена калькуляция заводской стоимости.

Данные, представленные в таблице 15, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

Таблица 15 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	960	1044
2. Фонд заработной платы	ФЗП	7580	5053
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	2577	1718
4. Затраты на оборудование	Зоб	3587	3260
5. Затраты на площади	Зпл	2297	1613
6. Технологическая себестоимость	Стех	17001	12688
7. Цеховые расходы	Рцех	10152	6768
8. Цеховая себестоимость	Сцех	27153	19456
9. Заводские расходы	Рзав	7783	5188
10. Заводская себестоимость» [13]	Сзав	34936	24644

Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 500000 - (50000 \cdot 2 \cdot 18 / 100) = 320000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 320000 \cdot 0,9 = 288000$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ.пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл.пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об.пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $C_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$:

$$K_{\text{об.пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об.пр.}} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 588000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 500000 \cdot 0,05 = 25000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 800000 \cdot 0,05 = 40000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 25000 + 40000 = 65000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 588000 + 65000 = 653000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ пр}} - K_{\text{общ б}}. \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 653000 - 288000 = 365000$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r. \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 288000/80 = 3600$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 653000/80 = 8162$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}}. \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (24-16) \cdot 100 \% / 24 = 33 \%$.

Повышение производительности P_T рассчитывается как

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 33 / (100 - 33) = 50 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (17001 - 12688) \cdot 100\% / 17001 = 25 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{ож}$ рассчитывается как

$$P_{ож} = \mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot P_T. \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (34936 - 24644) \cdot 80 = 823200$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 365000 / 823200 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_Г$ рассчитывается как

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав.б.} + E_H \cdot K_{удб}) - (C_{зав.пр.} + E_H \cdot K_{удпр})] \cdot P_T \quad (31)$$

Таким образом $\mathcal{E}_Г = [(34936 + 0,33 \cdot 3600) - (24644 + 0,33 \cdot 8162)] \cdot 80 = 702$ тыс. рублей.

Производительность труда повышается на 50 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 25 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности сварочных работ при изготовлении металлических конструкций. В качестве типовой конструкции рассматривается караульная вышка.

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Первой операцией проектного технологического процесса является входной контроль. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, набор измерительного оборудования. Второй операцией проектного технологического процесса является заготовительная. Для её выполнения применяется дробеструйная установка, листоправильная машина, гильотинные ножницы, машина для правки сортового проката, ленточнопильный станок. Третьей операцией проектного технологического процесса является сборка и сварка. Для её выполнения применяется сварочный выпрямитель, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, формировать сварочных импульсов, сборочное приспособление. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является контроль

качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, дефектоскоп.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 50 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 25 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по строительству и ремонту несущих металлических конструкций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1292959 СССР. Способ дуговой сварки плавящимся электродом с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его осуществления / Князьков А. Ф., Гребенников А. А., Сараев Ю. Н.; Заявл. 29.04.1985; Опубл. 28.02.1987, Бюл. № 8. 9 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Березин В. Л., Суворов А. Ф. Сварка трубопроводов и конструкций. М. : Недра. 1976. 359 с.
4. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных соединений / В.Н. Волченко. – М: Машиностроение. 1986. – 172 с.
5. Волченко В.Н. Эффективность сварочных процессов с учетом энергетической классификации. М.: Машиностроение, 1967. 320 с.
6. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Дудко Д. А., Сидорчук В. С., Зацерковный С. А. Технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами с модуляцией параметров режима //Автоматическая сварка. 1991. № 12. С. 59–60.
9. Дятлова, В. Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. М. : Машиностроение, 1964. 351 с.
10. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48–52.
11. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

13. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.

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

15. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

16. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.

17. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.

18. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

19. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е. А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2011. № 1 С. 35–36.

20. Павлова И. А., Павлов А. С. Технико-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

21. Патент № 2219032 РФ, МКИ В23К35/365. Состав электродного покрытия / Лозовский М. М., Волохов А. П., 2003.

22. Перерва О. Л. Экономика инновационных процессов на промышленном предприятии // Экономическая наука современной России. 2005. № 2. С. 89–96

23. Поволоцкий Д. Я. Основы технологии производства стали. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. 189 с.
24. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
25. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.
26. Радченко И. Ю. Влияние модифицирующих добавок на структуру стали Ст3 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия. 2012. № 39. С. 67–70.
27. РД 34.15.132 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов
28. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
29. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
30. Ценев Н. К., Шаммазов А. М. Влияние внутренних границ раздела на развитие процессов разрушения в низкоуглеродистых сталях // ДАН. 1998. № 6. С. 762–764.
31. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.
32. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.