

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 сборки и сварки перехода через трубопровод

Студент

Н.Н. Куликович

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Д.Э. Советкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе решался вопрос повышения эффективности сварочных технологий при строительстве металлических конструкций. В работе предложена проектная технология сборки и сварки перехода через трубопровод.

На основании анализа преимуществ и недостатков рассмотренных в настоящей выпускной квалификационной работе альтернативных способов сварки для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения. Для повышения эффективности сварки предлагается внедрить в производство разработки отечественных учёных-сварщиков.

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.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 43 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 29 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,59 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

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 сварки переходов через трубопровод. . . . .	7
1.1 Описание особенностей конструкции и условий работы. . . . .	7
1.2 Сведения о материале изделия. . . . .	9
1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии. . . . .	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. . . . .	15
2 Проектный технологический процесс сборки и сварки перехода через трубопровод. . . . .	17
2.1 Обоснование выбора способа сварки. . . . .	17
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. . . . .	20
2.3 Описание сварочного участка. . . . .	24
2.4 Описание операций проектного технологического процесса сборки и сварки. . . . .	26
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений. . . . .	29
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. . . . .	29
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков. . . . .	31
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков. . . . .	33
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта. . . . .	34
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. . . . .	35
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений. . . . .	38
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	

технологиям. . . . .	38
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. . . . .	40
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии. . . . .	41
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. . . . .	43
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. . . . .	47
4.6 Показатели экономической эффективности. . . . .	49
Заключение . . . . .	51
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	53

## Введение

В настоящее время повышаются требования безопасности при работе на ответственных производственных и транспортирующих объектах. Также настоящие экономические условия заставляют вплотную рассматривать вопрос газификации объектов инфраструктуры в российских регионах. Это позволит значительную часть природного газа, который ранее направлялся в Европу, перенаправить на внутренний российский рынок. Также становится возможным улучшение условий проживания и труда российских граждан.

Магистральные трубопроводы являются очень сложным технологическим комплексом, в состав которых помимо самих труб входит большое число разновидностей технологического оборудования. К такому оборудованию относят перекачивающие станции, вспомогательные трубопроводы, технологическую обвязку, элементы автоматики, вспомогательные металлические конструкции.

Таким образом, будут актуальными любые работы, которые направлены на совершенствование элементов магистральных трубопроводов и повышение эффективности при их производстве.

Перемещение обслуживающего персонала через трубопровод происходит по специальным переходам, которые представляют собой достаточно сложную и массивную металлическую конструкцию, в состав которой входит фундаментная часть, стойки, пешеходные площадки и ограждения.

В настоящий момент элементы перехода и сборка всего перехода выполняется на производственной площадке с применением ручной дуговой варки. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса. В настоящее время доля соединений, получаемых с применением ручной дуговой сварки, неуклонно снижается, а сама ручная дуговая сварка уступает место более производительным и перспективным процессам [6], [15], [17].

Несмотря на свои явные преимущества, которыми обладает ручная дуговая сварка, этот способ имеет ряд неустранимых недостатков, критическим образом сказывающихся на выборе способа сварки при построении технологии производства конструкций. Наличие большого числа дефектов и малая производительность, а также вредные условия труда сварщика приводят к тому, что ручная дуговая сварка заменяется другими способами сварки (механизованная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, сварка без газа самозащитной проволокой).

Также следует принимать во внимание, что построение современного производства требует механизации и автоматизации основных и вспомогательных технологических процессов. При этом повышается производительность и улучшаются экономические показатели предприятия. Также механизация и автоматизация производств позволяет продлить экономическую активность населения в условиях сокращающегося числа работников необходимой физической кондиции и мобилизовать большее число работников для выполнения более ответственных мероприятий. Общее повышение производительности и качества выполняемых работ позволяет повысить конкурентоспособность предприятий [8], [18].

На основании вышеизложенного следует сделать вывод о высокой актуальности цели выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки при изготовлении переходов через трубопровод.

Поставленную цель предполагается достигать за счёт обоснованного выбора способа сварки, позволяющего повысить производительность и качество сварочных работ, а также применения средств механизации и автоматизации сварочных работ. При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [11], [16].

# 1 Современное состояние сварки переходов через трубопровод

## 1.1 Описание особенностей конструкции и условий работы

На рисунке 1 представлен переход через трубопровод, который позволяет перемещаться обслуживающему персоналу предприятия поперёк пучков труб технологического трубопровода. Лестничная часть позволяет подниматься на заданную высоту перехода, горизонтальная часть перехода позволяет проходить персоналу на заданной высоте, несущая часть поддерживает всю конструкцию и должна успешно сопротивляться рабочей нагрузке, ветровой нагрузке и экстремальному нагружению.

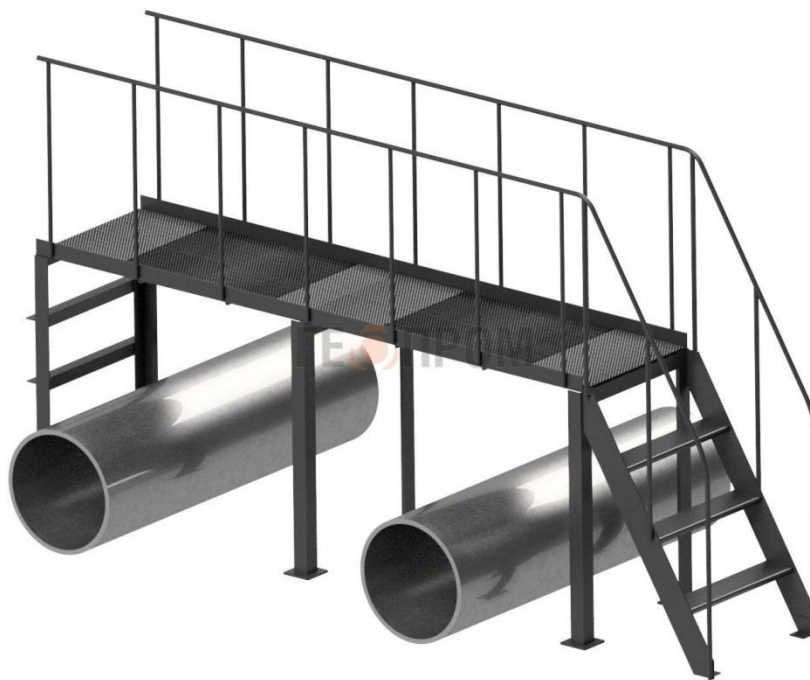


Рисунок 1 – Общее устройство перехода через трубопровод

Самой сложной в исполнении является вертикальная часть перехода, которая представлена на рисунке 2.

В состав стойки входят косынки в количестве двух штук (обозначены на рисунке позицией 1), упоры в количестве двух штук (обозначены на рисунке позицией 2), пластины в количестве десяти штук (обозначены на рисунке позицией 3).

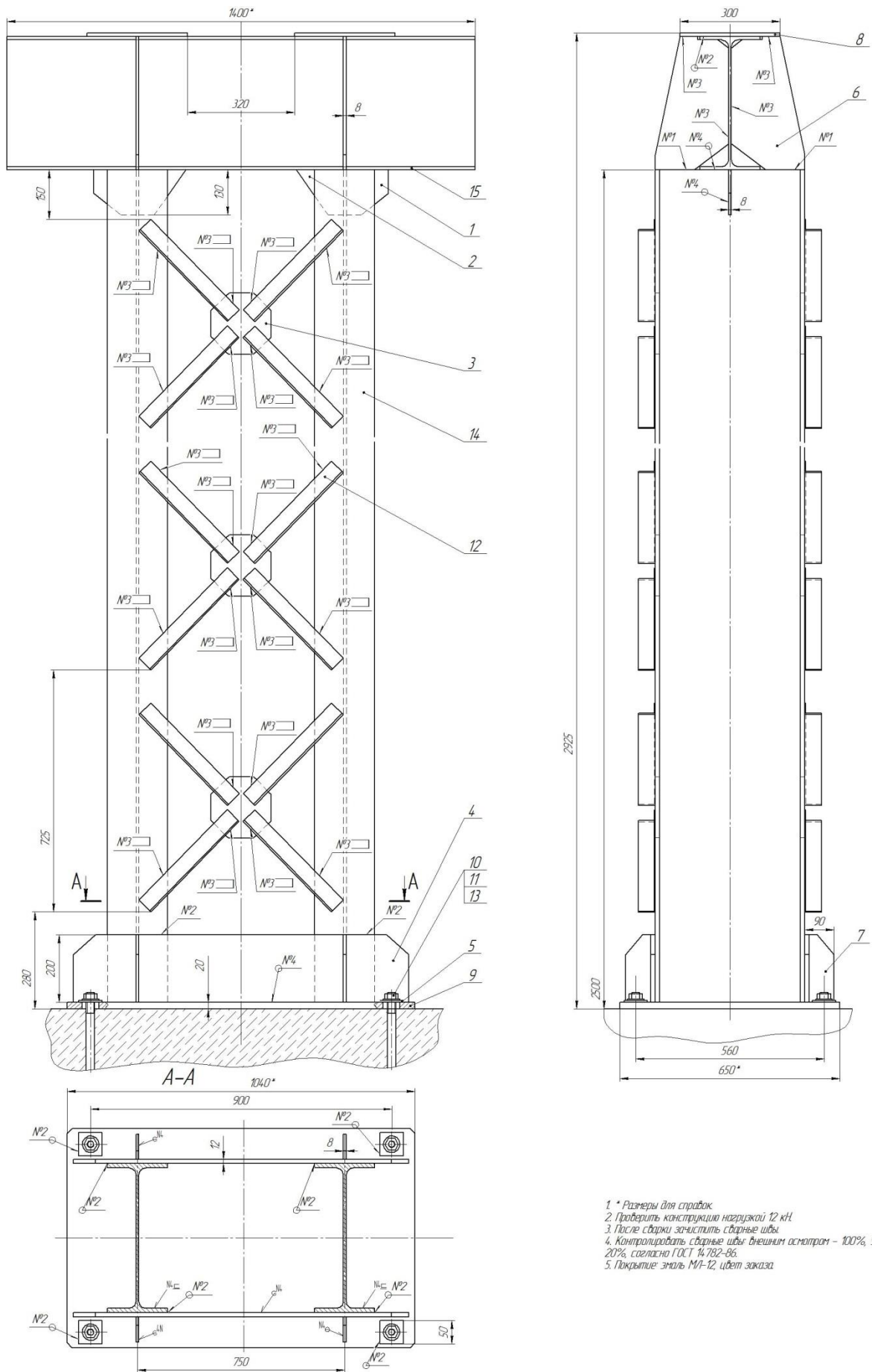


Рисунок 2 – Вертикальная часть перехода



Также в состав стойки входят усилители в количестве двух штук (обозначены на рисунке позицией 4), прокладки в количестве четырёх штук (обозначены на рисунке позицией 5), ребра в количестве четырёх штук (обозначены на рисунке позицией 6). Базовый элемент опоры выполняется из усилителя базы в количестве четырёх штук (обозначен на рисунке позицией 7), опорной плиты в количестве двух штук (обозначены на рисунке позицией 8) и плиты базы в количестве одной штуки (обозначена на рисунке позицией 9).

Для крепления элементов помимо сварки применяются стандартные крепёжные детали, которые обозначены на рисунке позициями 10, 11 и 13. Применяется также стандартный профиль в виде уголка (обозначен на рисунке позицией 12) и двутавра (обозначены на рисунке позициями 14 и 15).

## 1.2 Сведения о материале изделия

С учётом условий эксплуатации и действующих нагрузок в качестве материала для изготовления перехода принято использовать сталь ст3 согласно ГОСТ 380-94. Содержание химических элементов в стали ст3 приведено в таблице 1. Механические свойства стали ст3 приведены в таблице 2.

Таблица 1 – «Содержание химических элементов в стали ст 3, в процентах»

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
0,14-0,22	0,3 - 0,6	<0,05	0,05	0,04

Таблица 2 – Механические свойства стали ст 3

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
384-470	240	27	60» [25]

Следует отметить хорошую свариваемость стали ст3, при выполнении из не конструкций не требуется проведения предварительного и сопутствующего подогрева [2], [25].

### **1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии**

Базовый технологический процесс сборки и сварки изделия, схема выполнения которого представлена на рисунке 3, предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль (рисунок 3-а), заготовительная операция (рисунок 3-б), сборка и прихватка (рисунок 3-в), сварка (рисунок 3-г), контроль качества (рисунок 3-д), исправление дефектов (рисунок 3-е).

На первой операции выполняют входной контроль материалов, проверяют состояние листового и профильного 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.

При приемке материалов проверяют наличие и соответствие маркировки условиям заказа, качество поверхности проката.

При входном контроле материалов следует провести визуальный осмотр листов всех листов с обеих сторон. На поверхности листов не допускается присутствие трещин, раковин, разрывов и вздутий. Обрезанные кромки листа не должны иметь трещин, расслоений и разрывов. Наличие недопустимых дефектов определяется визуально без применения дополнительных приборов.

Контроль толщины листа выполняют на каждом десятом листе.

Выполняют проверку состояния сварочного оборудования и средств измерения, сборочной оснастки. Наличие и состояние проектной документации.

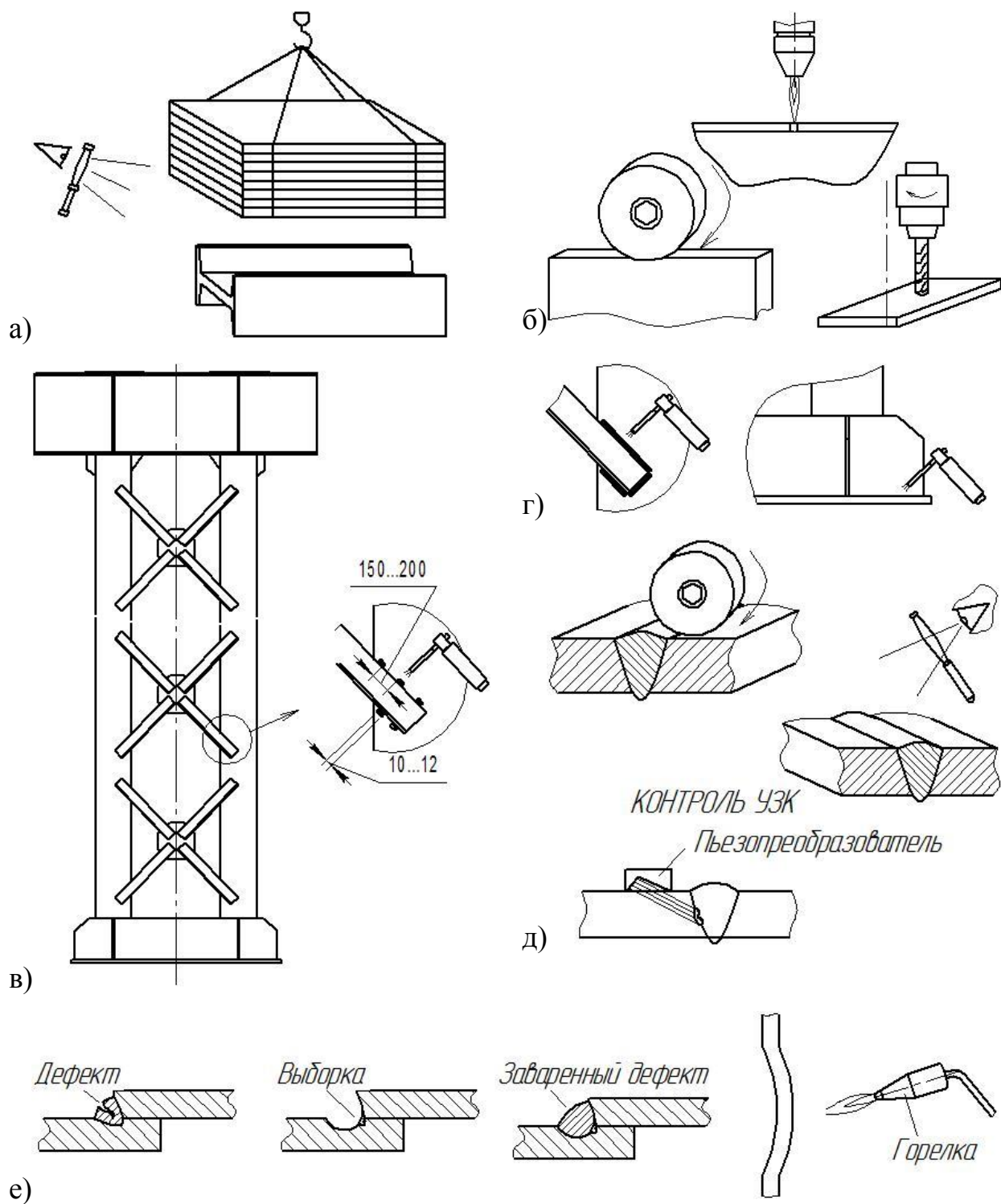


Рисунок 3 – Эскизы выполнения операций базового технологического процесса

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.

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

Также при выполнении входного контроля проверяется наличие у сварщиков разрешающих документов на проведение соответствующих работ, оснащение их средствами индивидуальной защиты. Проводят инструктаж персонала.

На второй операции, которая следует за входным контролем, проводят подготовку заготовок, которая предусматривает правку листового проката, разметку листов и профильного проката, резку, подготовку кромок, сверление.

При разметке используют шаблоны, рулетку и металлическую линейку и чертилку. Механическая резка на гильотинных ножницах применяется для отреза листов. Для резки профильного проката используют ацетилено-кислородную резку. Сверление отверстий выполняют при помощи сверлильного станка на магнитном основании. Зачистку и притупление кромок выполняют с применением шлифовальной машинки МШУ-1-6-230 абразивными кругами.

После того, как кромки были подготовлены, следует провести контроль их состояния, проверяя:

- качество подготовки, правильность размеров фасок при помощи шаблонов, отсутствие неровностей более 1 мм, отсутствие следов грата и загрязнений;
- качество зачистки наружных и внутренних поверхностей заготовок;
- толщины заготовок, которая может уменьшиться до недопустимой в результате зачистки.

Перед выполнением сборки необходимо провести зачистку кромок до металлического блеска, и обезжиривание. Ширина зачистки должна быть не менее 20 мм с обеих сторон заготовки.

На третьей операции выполняют сборку и прихватку.

Для сборки применяют универсальное сборочное приспособление. При выполнении сборочных операций необходимо применение подъемно-транспортных механизмов. Сборка должна обеспечивать расположение элементов согласно требованиям чертежа. При этом величина зазоров должна быть не более 1 мм, а смещение кромок – не более 0,5 мм. Для контроля величины зазора применяют специальный шаблон – зазорник. Приступать к сварочным работам можно только после того, как была проверена правильность и точность сборки.

Сборку элементов необходимо выполнять в последовательности, которая обеспечивает свободный доступ к выполнению сварочных работ.

Для выполнения прихватки применяется сварочный агрегат АСДП-505 с двигателем внутреннего сгорания. Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по длине шва. Длина прихватки составляет 10...12 мм при расстоянии между прихватками 150...200 мм. Для выполнения прихваток применяются сварочные электроды УОНИ-13/55 диаметром 3 мм. Ток сварки принимают равным 110...130 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Выполняют визуальный контроль состояния прихваток, в результате которого проверяют прихватки на отсутствие недопустимых дефектов. В случае наличия недопустимых

дефектов выполняют удаление прихватки механическим способом и её переварку.

На четвёртой операции выполняют сварку. Сварку ведут в нижнем положении. Применяется сварочный агрегат АСДП-505 с двигателем внутреннего сгорания и электроды УОНИ-13/55 диаметром 4 мм. Ток сварки принимают равным 180...200 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

На пятой операции выполняют контроль качества сварных швов.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

Для проведения визуального контроля применяется набор, который 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.

На шестой операции выполняют исправление обнаруженных дефектов. Проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

В случае обнаружения подреза его удаляют зачисткой или зачисткой и заваркой. Удаление подреза только зачисткой без заварки допускается при глубине подреза не более 8 % толщины основного металла.

Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

## **1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварки при изготовлении переходов через трубопровод.

Рассматриваемая металлическая конструкция выполняется из стали ст3, анализ которой позволил установить возможность применения всех возможных способов варки.

В ходе анализа базового технологического процесса изготовления конструкции с применением ручной дуговой сварки выявлены недостатки.

Первым недостатком является применение устаревшего сварочного оборудования. Замена применяемого по базовому варианту оборудования на более перспективное позволит значительно повысить стабильность качества и производительность сварки. При этом следует обосновать выбор способа сварки (рассмотреть альтернативные способы сварки, преимущества и недостатки каждого способа, выполнить экспертную оценку). Также следует рассмотреть варианты повышения эффективности выбранного способа сварки с применением современных достижений в области управления сварочными процессами.

Вторым недостатком является малая степень механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций по базовому технологическому процессу сборки и сварки. В проектной технологии следует предложить оборудование для механизации и автоматизации, которое позволит существенно повысить производительность работ.

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.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи настоящей выпускной квалификационной работы:

- обоснование выбора способа сварки на основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов. В ходе проведения экспертной оценки способов сварки построение проектной технологии предложено проводить с использованием способов сварки, позволяющих обеспечить механизацию выполнения операций;
- повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками;
- построение проектного технологического процесса ремонтной сварки, составить перечень операций технологического процесса, назначить параметры режима, выбрать оборудование и сформулированы требования к выполнению операций;
- 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 [3], [7].
- оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство, 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 [13], [14].



## **2 Проектный технологический процесс сборки и сварки перехода через трубопровод**

### **2.1 Обоснование выбора способа сварки**

Учёт таких факторов, как свариваемость материала рассматриваемой конструкции, техническое и финансовое состояние конкретного предприятия, способность применять дорогостоящее и уникальное оборудование, квалификация персонала и перспективы его скорого переобучения, позволяют обосновать замену способа сварки на более перспективный [8], [18].

Следует отметить хорошую свариваемость стали ст3, при выполнении из не конструкций не требуется проведения предварительного и сопутствующего подогрева [2], [25].

Тип сварного соединения не позволяет применить высокопроизводительную контактную сварку. Толщина свариваемого металла делает неэффективной газовую сварку. Также для рассматриваемой конструкции не ожидается экономического эффекта от применения таких перспективных способов, как лазерная, плазменная сварка, сварка трением с перемешиванием. Малая протяжённость сварных швов делает неэффективным применение автоматических способов сварки (автоматическая сварка под флюсом и автоматическая сварка в защитных газах).

Таким образом, при построении проектной технологии сборки и сварки следует рассмотреть дуговые способы сварки:

- «ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
  - механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
  - механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой»
- [2], [25].

Самым универсальным способом следует признать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 4. 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.

На рисунке 5 представлена схема выполнения механизированной сварки в защитных газах. При механизированной сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке в углекислом газе расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении вертикальных и потолочных швов [14], [15].

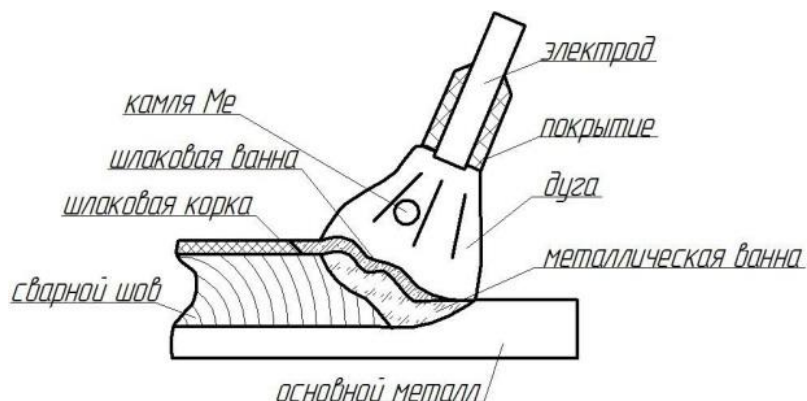


Рисунок 4 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

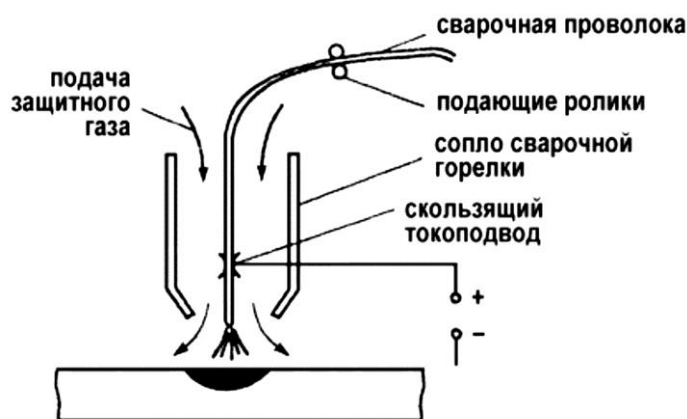


Рисунок 5 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

На рисунке 6 представлена схема выполнения механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. При этом способе сварки удаётся реализовать преимущества ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах [23], [26].

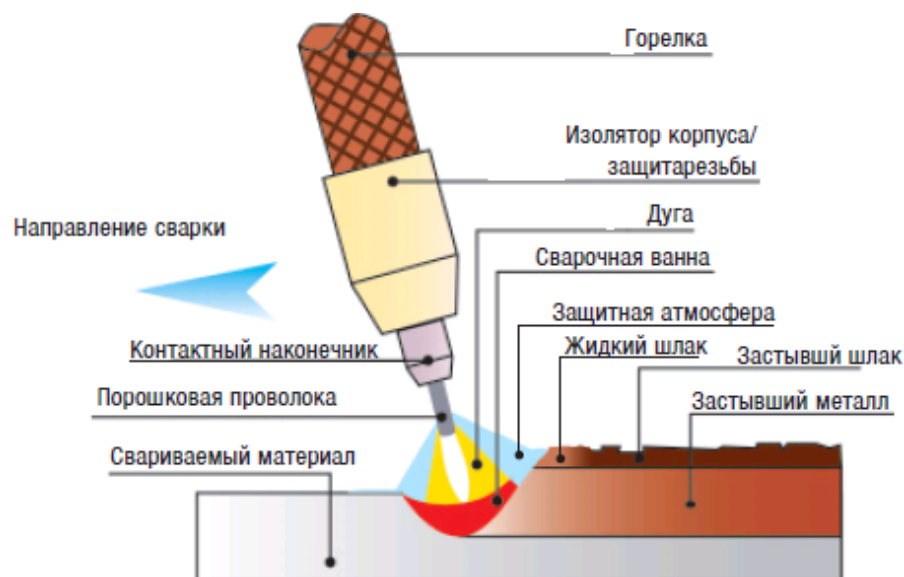


Рисунок 6 – Схема выполнения механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой

Преимущества и недостатки каждого рассмотренного способа сварки позволяют выставить экспертную оценку каждого способа с использованием критериев, предложенных в работах [8], [18]. Критериями для обоснования выбора способа сварки являются:

- «мобильность способа,
- качество сварного шва,
- условия труда сварщика,
- стоимость оборудования,
- стоимость сварочных материалов,
- производительность сварочных работ» [8], [18].

В таблице 3 представлены исходные данные и выставленные экспертные оценки по принятым критериям.

Таблица 3 – Обоснование выбора способа сварки

Показатель	Способ сварки		
	Ручная дуговая	В защитном газе	Порошковой самозащитной проволокой
«Мобильность способа	4	2	3
Качество сварного шва	1	3	2
Условия труда	1	4	2
Стоимость оборудования	4	2	3
Стоимость сварочных материалов	2	4	1
Производительность» [18]	1	2	3
ВСЕГО	13	17	13

Анализ преимуществ и недостатков рассмотренных способов, а также перспективы их развития позволяют предложить для построения проектного технологического процесса механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Дальнейшие работы следует вести в направлении повышения эффективности этого способа применительно к рассматриваемому случаю.

## **2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения**

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу расширения технологических возможностей механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах можно сформулировать несколько направлений исследования.

Первым направлением следует указать поиск оптимальных газовых смесей, которые позволят повысить пространственную стабильность сварочной дуги, уменьшить разбрызгивание и улучшить внешний вид сварных швов [4], [9].

Вторым направлением следует указать построение систем импульсного управления сваркой за счёт импульсной подачи сварочной проволоки или

импульсного изменения электрических параметров сварки (ток и напряжение) [19], [20], [24].

Проведённые исследования по выбору защитного газа позволили установить, что при добавке аргона в защитную газовую смесь происходит повышение стабильности горения сварочной дуги и наблюдается существенное улучшение внешнего вида сварного шва. Устраняется бугристость и снижается высота усиления. Также уменьшается количество пор за счёт снижения содержания водорода в металле сварного шва. Также за счёт повышения жидкотекучести расплавленного металла упрощается формирование плавного перехода от металла сварного шва к основному металлу. Указанные положительные эффекты наблюдаются при добавке аргона в углекислый газ в количестве 5...10 %. Исходя из этого, для сварки в проектной технологии предлагается применять газовую смесь в составе 90% CO<sub>2</sub> + 10% Ar.

На рисунке 7 представлены различные типы дуги, которые могут наблюдаться при сварке в защитных газах в зависимости от параметров режима сварки. Тип дуги оказывает значительное влияние на характер плавления переноса электродного металла, частоту следования капель и их размер.

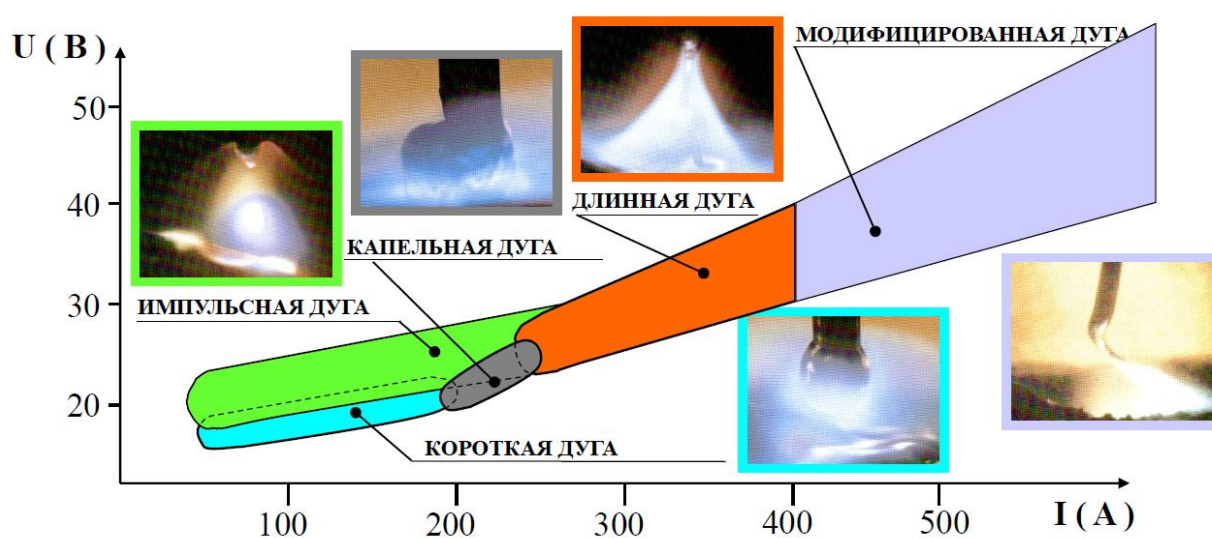
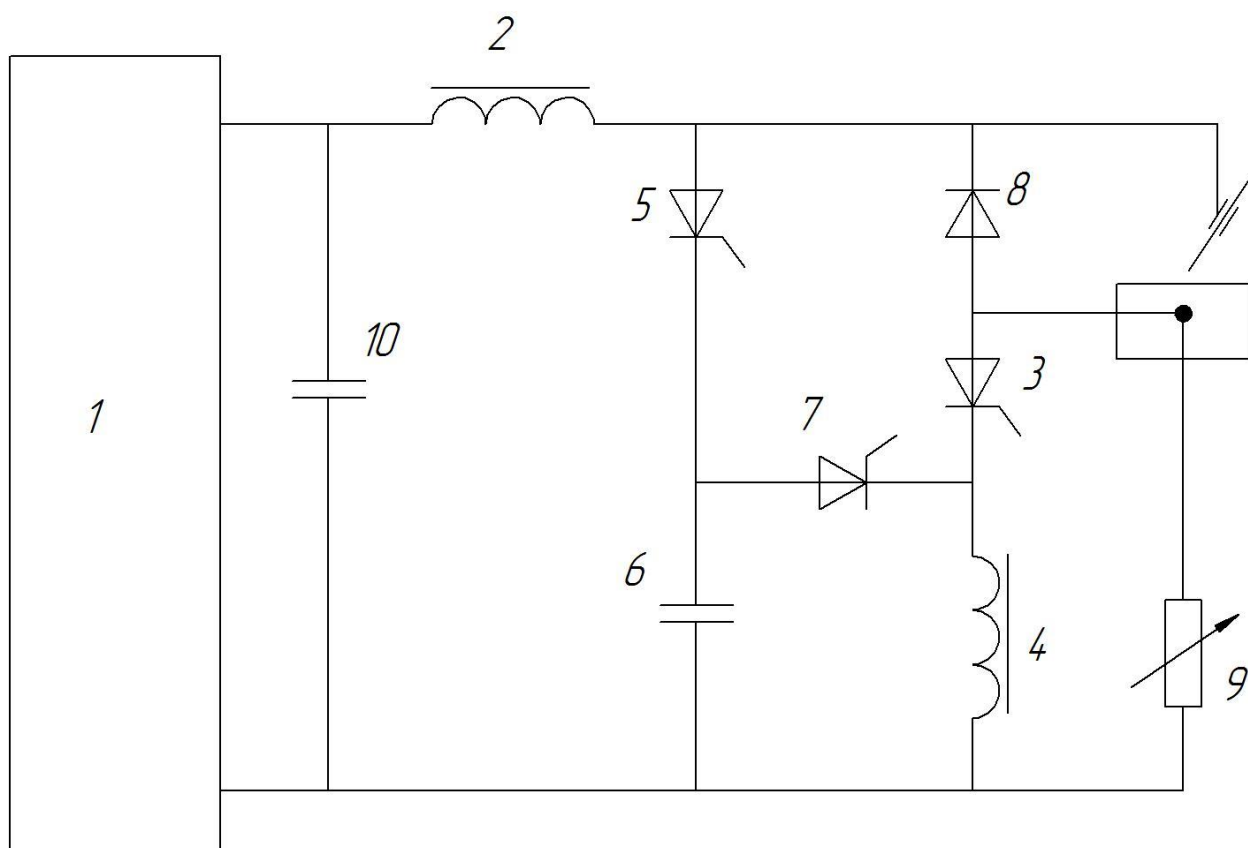


Рисунок 7 – Типы дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах

В работах [5], [12] показано, что периодическое изменение формы дуги позволяет управлять переносом электродного металла при сварке как в активных, так и в инертных газах, а также в их смесях. При этом возможна оптимизация как условия переноса электродного металла в сварочную ванну, так и металлургических процессов при формировании сварного соединения.

Для импульсной сварки в проектной технологии будет использовано предложенное отечественными инженерами устройство, разработанное отечественными исследователями [1], функциональная схема которого представлена на рисунке 8.



«1 - сварочный выпрямитель, 2 - сглаживающий дроссель, 3 - силовой тиристор, 4 - коммутирующий дроссель, 5 - зарядный тиристор, 6 - коммутирующий конденсатор, 7 - вспомогательный тиристор, 8 - диод, 9 - секционированный резистор, 10 - фильтрующий конденсатор» [1]

Рисунок 8 – Функциональная схема формирователя импульсов сварки

В состав устройства входят сварочный выпрямитель (обозначен на рисунке позицией 1), сглаживающий и коммутирующий дроссели (обозначены на рисунке позициями 2 и 4), силовой, зарядный и

вспомогательный тиристоры (обозначены на рисунке позициями 3, 5 и 7). В схему также включены коммутирующий и фильтрующий конденсаторы (обозначены на рисунке позициями 6 и 10), диод (обозначен на рисунке позицией 8) и секционированный резистор (обозначен на рисунке позицией 9).

На рисунке 9 представлены осциллограммы тока и напряжения при сварке. Уменьшение силы сварочного тока происходит в момент времени  $t_1$  и в течение промежутка  $t_1-t_2$  капля расплавленного металла занимает соосное с электродом положение. В момент времени  $t_2$  происходит короткое замыкание, в течение промежутка  $t_2-t_3$  капля начинает перетекать в сварочную ванну. В течение промежутка  $t_3-t_4$  подаётся импульс, ускоряющий переход капли в сварочную ванну. С момента  $t_5$  начинается рост новой капли.

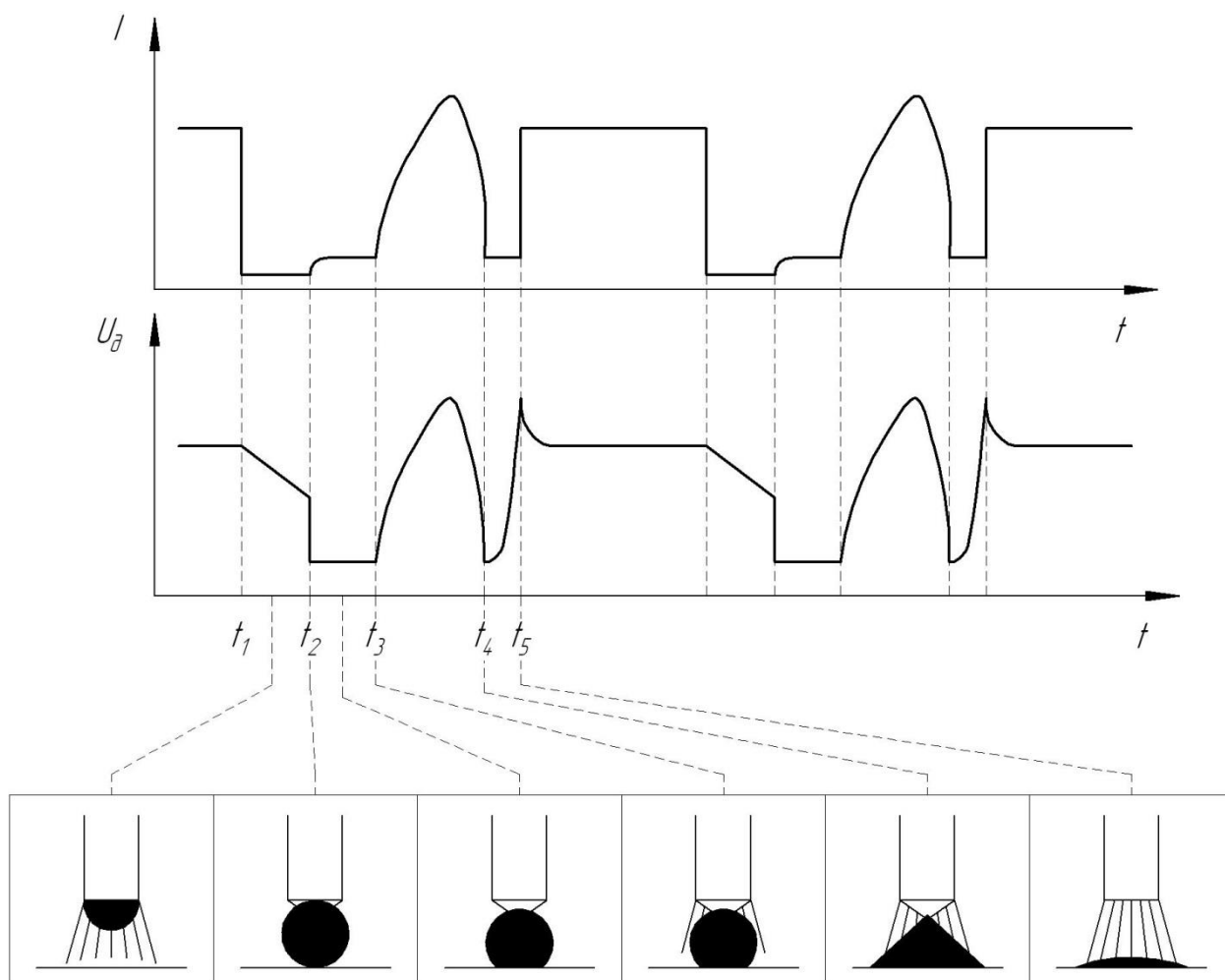


Рисунок 9 – Осциллограммы тока и напряжения при сварке

Применение импульсного источника питания позволяет значительно уменьшить разбрызгивание и дымообразование. На рисунке 10 представлены фотографии условий работы сварщика при сварке стационарной дугой (рисунок 10-а) и при сварке импульсной дугой (рисунок 10-б).



Рисунок 10 – Фотографии условий работы сварщика при сварке стационарной дугой (а) и импульсной дугой (б)

Расширение возможностей по управлению вложением тепла в сварное соединение позволяет существенно уменьшить образование прожогов и деформаций в конструкциях. Также повышается качество формирования обратного валика и обеспечивается гарантированное проплавление. Качество сварного шва соответствует качеству, которое получается при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, а производительность сварки превышает в 3...4 раза производительность аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

### **2.3 Описание сварочного участка**

На рисунке 11 представлен участок для сборки и сварки элементов перехода через трубопровод. На участке предусмотрено размещение поста рентгеновского контроля (обозначен на рисунке позицией 1) и поста для проведения ультразвукового контроля (обозначен на рисунке позицией 2).



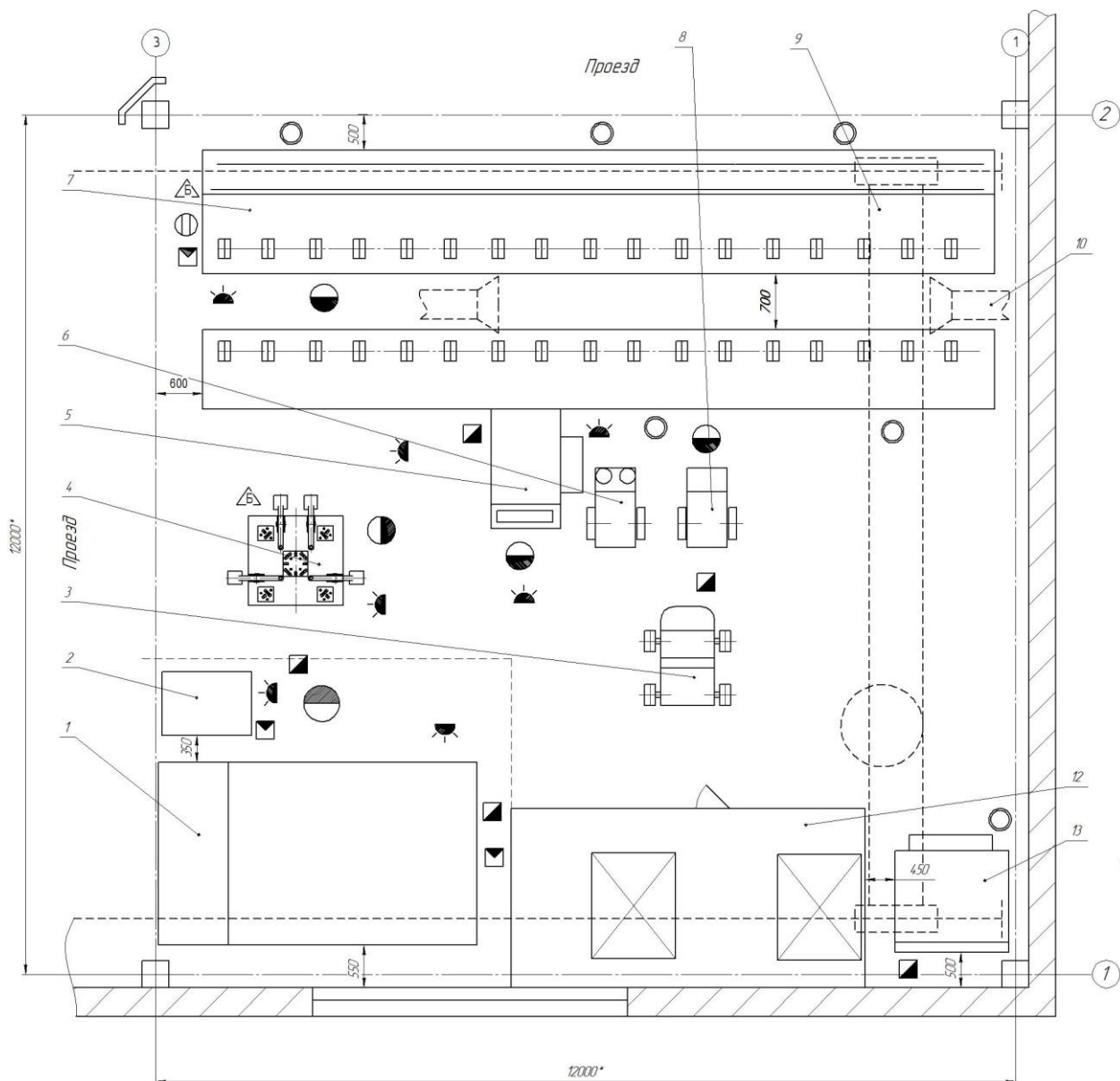


Рисунок 11 – Участок для сборки и сварки элементов перехода через трубопровод

Размещаемое на участке оборудование позволяет выполнять как ручную дуговую сварку, так и механизированную сварку в защитных газах. В качестве источника питания в обоих случаях применяется аппарат АСП-500 (обозначен на рисунке позицией 3). Для подачи сварочной проволоки применяется полуавтомат ПДГ-500 (обозначен на рисунке позицией 5). Для регулирования тока при ручной дуговой сварке применяется балластный реостат РБУ-400 (обозначен на рисунке позицией 8). Для подачи газа

применяется аппарат газовый передвижной (обозначен на рисунке позицией 6).

Для механизации сборки и сварки применяются приспособления сборочные (обозначены на рисунке позициями 4 и 7). Перемещение грузов по участку выполняют с применением кран-балки грузоподъёмностью 3 тонны (обозначена на рисунке позицией 9). Обновление воздуха в помещении происходит за счёт приточной вентиляции (обозначена на рисунке позицией 10). Для просушки сварочных электродов применяется электропечь (обозначена на рисунке позицией 12). Расходные материалы и вспомогательные инструменты хранятся на складе (обозначен на рисунке позицией 11).

#### **2.4 Описание операций проектного технологического процесса сборки и сварки**

Операции входного контроля, заготовительная, контроля качества, исправления дефектов переходят из базовой технологии. Изменились операции сборки и сварки.

Сначала выполняют сборку и сварку раскосой решётки, как показано на рисунке 12. При этом применяют приспособление, позволяющее выполнить установку и фиксацию уголков раскосой решетки и пластин в ячейках приспособления.

Выполняют сварку швов согласно чертежу  $I_d = 200...210$  А,  $V_{св} = 19...23$  см/мин,  $U_d = 37$  В,  $Q_{г} = 8...10$  л/мин. Применяются: сборочное приспособление, полуавтомат сварочный ПДГ-500, линейка измерительная, шаблон сварщика УШС-3, сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,8 мм, углекислый газ + аргон.

Далее выполняют сборку в приспособлении колонны. Укладывают в приспособление раскосые решетки, двутавры колонны, плиту базы, двутавр оголовка, косынки базы и оголовка, раскосые решетки.

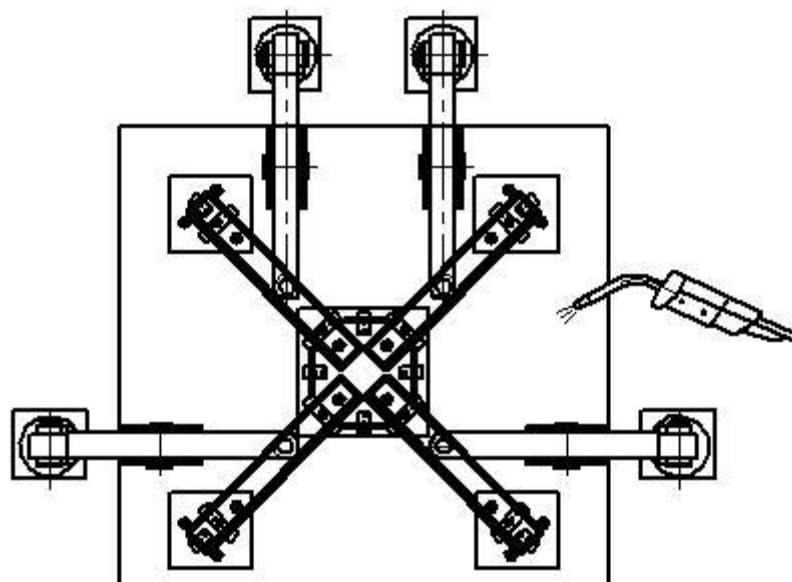


Рисунок 12 – Сборки и сварка раскосой решётки с применением приспособления

«Выполняют сварку швов в нижнем положении, соединяющих уголки и швеллера и швеллера между собой,  $I_d = 220...230$  А,  $V_{св} = 20...25$  см/мин,  $U_d = 37$  В,  $Q_g = 10...11$  л/мин. Далее выполняют сварку швов в нижнем положении, соединяющих косынки со швеллерами и плитой основания:  $I_d = 200...210$  А,  $V_{св} = 20...25$  см/мин,  $U_d = 37$  В,  $Q_g = 10...11$  л/мин. Далее следует кантовать колонну на 180 градусов, установить косынки. Далее выполняют сварку швов в нижнем положении, соединяющих уголки и швеллера и швеллера между собой,  $I_d = 220...230$  А,  $V_{св} = 20...25$  см/мин,  $U_d = 37$  В,  $Q_g = 10...11$  л/мин. Далее выполняют сварку швов в нижнем положении, соединяющих косынки со швеллерами и плитой основания:  $I_d = 200...210$  А,  $V_{св} = 20...25$  см/мин,  $U_d = 37$  В,  $Q_g = 10...11$  л/мин. Применяются: сборочное приспособление, полуавтомат сварочный ПДГ-500, линейка измерительная, шаблон сварщика УШС-3, сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,8 мм, углекислый газ» [25].

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг

металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва.

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

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [10] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [13], [14].

### **3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений**

#### **3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных работ при строительстве металлических конструкций. В работе предложена проектная технология сборки и сварки перехода через трубопровод.

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.

Для повышения эффективности сварки предлагается внедрить в производство разработки отечественных учёных-сварщиков.

Проектная технология может быть условно разделена на пять операций и представлена в таблице 4. Первая операция – входной контроль, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и измерительных инструментов. Вторая операция – заготовительная, выполняется с применением гильотинных ножниц, угловой шлифовальной машины, плазменного резака, сверлильного станка. Третья операция – сборка и сварка, выполняется с применением сборочного приспособления, сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры. Четвертая операция – контроль качества, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и дефектоскопа. Пятая операция – исправление дефектов, проводится с применением сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры.

Таблица 4 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. «Входной контроль	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	1) Кран-балка 2) Лупа х4	Рукавицы х/б
2. Заготовительная операция	Слесарь-сборщик	1) Рулетка 2) Линейка измерительная 3) Ножницы гильотинные, 4) Резак ГРМ-70 5) Машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 6) Станок сверлильный	1) Мел 2) Ацетилен 3) Кислород, 4) Круг абразивный 5) Сверло Р6М5
3. Сборка и сварка	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) Сборочное приспособление 2) Полуавтомат сварочный ПДГ-500 3) Линейка измерительная 4) Шаблон сварщика УШС-3 5) Формирователь сварочных импульсов 6) Сварочный выпрямитель	1) Сварочная проволока Св-08Г2С 2) Углекислый газ
4. Проведение контроля качества	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп	-
5. Исправление дефектов» [25]	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) Полуавтомат сварочный ПДГ-500 2) Формирователь сварочных импульсов 3) Сварочный выпрямитель	1) Сварочная проволока Св-08Г2С 2) Углекислый газ

Представленные в таблице 4 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 5 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки: шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектоскоп, сборочное оборудование.

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 5 данных.

Таблица 5 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Входной контроль	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
2. Заготовительная операция	- 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
3. Сборка и сварка,	- 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
4. Проведение контроля качества	- 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
5. Исправление дефектов	- 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

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

Решения по обеспечению безопасности производственного процесса представлены в таблице 6. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 6 – 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	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 6 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты.

### **3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта**

Сварка и наплавка являются пожароопасными процессами. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	«шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектокоп, сборочное оборудование.
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
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.
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]

В таблице 8 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. 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.

Таблица 8 – 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	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые 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. В таблице 9 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Входной контроль	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Заготовительная операция	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Сборка и сварка,	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Проведение контроля качества	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
5. Исправление дефектов	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор

На основании анализа данных в таблице 9 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 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – 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» [3]
гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [3]
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» [3]

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

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**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при строительстве металлических конструкций. В работе предложена проектная технология сборки и сварки перехода через трубопровод. 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. Для повышения эффективности сварки предлагается внедрить в производство разработки отечественных учёных-сварщиков [1]. Проектная технология может быть условно разделена на пять операций. Первая операция – входной контроль, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и измерительных инструментов. Вторая операция – заготовительная, выполняется с применением гильотинных ножниц, угловой шлифовальной машины, плазменного резака, сверлильного станка. Третья операция – сборка и сварка, выполняется с применением сборочного приспособления, сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры. Четвертая операция – контроль качества, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и дефектоскопа. Пятая операция – исправление дефектов, проводится с применением сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры. В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического 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	20
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	$S$	$м^2$	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	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» [13]	$K_{зав}$	-	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  $V=7\%$ :

$$F_э = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  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:  $t_{шт.баз} = 10 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 12,1$  часа и  $t_{шт.проектн.} = 7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8,5$  часа.

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

$$\Pi_r = F_{\text{э}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\Pi_{r.баз.} = 2054/12,1 = 170$  деталей для базового технологического процесса и  $\Pi_{r.пр.} = 2054/8,5 = 241$  деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии  $\Pi_r = 100$  деталей 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  $K_{вн} = 1,03$ . Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $n_{расч} = 12,1 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,53$  для базового варианта технологического процесса;  $n_{расч} = 8,5 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,38$  для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем  $n=2$ . Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем  $n=1$ . На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_з$  для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $K_з = 0,53/1 = 0,53$  для базового варианта технологического процесса и  $K_з = 0,38/1 = 0,38$  для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования  $K_з$  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:  $M=120 \cdot 4 = 480$  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  $K_d$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_d = 1,88$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $Z_{осн} = 12,1 \cdot 150 \cdot 1,88 = 3412$  рублей для базового

варианта технологического процесса и  $Z_{\text{осн}} = 8,5 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2397$  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:  $Z_{\text{доп}} = 3412,2 \cdot 12 / 100 = 409$  рублей для операций базового технологического процесса и  $Z_{\text{доп}} = 2397 \cdot 12 / 100 = 288$  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:  $\text{ФЗП} = 3412 + 409 = 3821$  рублей для операций базового технологического процесса и  $\text{ФЗП} = 2397 + 288 = 2685$  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:  $O_{\text{сн}} = 3821 \cdot 34 / 100 = 1338$  рублей для операций базового технологического процесса и  $O_{\text{сн}} = 2685 \cdot 34 / 100 = 394$  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  $C_{об}$ .

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $A_{об} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 12,1 / 2054 / 100 = 281$  рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии:  $A_{об} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 8,5 / 2054 / 100 = 226$  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  $C_{ээ}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $P_{ээ} = 20 \cdot 12,1 \cdot 3,4 / 0,7 = 1656$  рублей для базового варианта технологического процесса,  $P_{ээ} = 20 \cdot 8,5 \cdot 3,4 / 0,85 = 1018$  рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование:  $Z_{об} = 281 + 1656 = 1937$  рублей по базовому технологическому процессу и  $Z_{об} = 226 + 1018 = 1244$  рублей по проектному технологическому процессу.

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

$$C_{тех} = M + \Phi ЗП + O_{сн} + Z_{об} + Z_{пл} \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{\text{тех}} = 480 + 3821 + 1338 + 1937 + 2297 = 9873$  рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса  $C_{\text{тех}} = 1044 + 2685 + 394 + 1244 + 1613 = 6980$  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:  $C_{\text{цех}} = 9873 + 2,15 \cdot 3412 = 9873 + 7336 = 17209$  рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса  $C_{\text{цех}} = 6980 + 2,15 \cdot 2397 = 6980 + 5154 = 12134$  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  $C_{\text{зав}} = 17209 + 1,5 \cdot 3412 = 17209 + 5118 = 22327$  рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса  $C_{\text{зав}} = 12134 + 1,5 \cdot 2397 = 12134 + 3596 = 15730$  рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости.

Данные, представленные в таблице 12, 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 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	480	1044
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3821	2685
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1338	394
4. Затраты на оборудование	Зоб	1937	1244
5. Затраты на площади	Зпл	2297	1613
6. Технологическая себестоимость	Стех	9873	6980
7. Цеховые расходы	Рцех	7336	5154
8. Цеховая себестоимость	Сцех	17209	12134
9. Заводские расходы	Рзав	5118	3596
10. Заводская себестоимость» [13]	Сзав	22327	15730

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  $C_{\text{об. б.}}$ .

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

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

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

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{3.б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{общ. б.}} = 320000 \cdot 0,53 = 169600$  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  $\text{Ц}_{\text{об}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{зп}}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{об. пр.}} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,38 = 319200$  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  $K_{\text{дем}} = 0,03$  рассчитываются как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{\text{дем}} = 500000 \cdot 0,03 = 15000$  рублей.

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

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



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  $P_{\text{соп}} = 15000 + 40000 = 55000$  рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты  $K_{\text{общ. пр.}} = 319200 + 55000 = 374200$  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  $K_{\text{доп}} = 374200 - 169600 = 204600$  рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы  $\Pi_{\text{г}}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{уд}} = 169600/100 = 1696$  рублей за единицу продукции по базовой технологии и  $K_{\text{уд}} = 374200 / 100 = 3742$  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  $\Delta t_{шт} = (12,1 - 8,5) \cdot 100 \% / 12,1 = 30 \%$ .

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  $P_T = 100 \cdot 30 / (100 - 30) = 43 \%$ .

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  $\Delta C_{тех} = (9873 - 6980) \cdot 100\% / 9873 = 29 \%$ .

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{ож} = (22327 - 15730) \cdot 100 = 659700$  рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $T_{ок} = 204600 / 659700 = 0,3$  года.

Величина годового экономического эффекта  $\Delta_{г}$  рассчитывается как

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

Таким образом  $\Delta_{г} = [(22327 + 0,33 \cdot 1696) - (15730 + 0,33 \cdot 3742)] \cdot 100 = 592182$  рублей.

Производительность труда повышается на 43 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 29 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,59 млн. рублей.

## Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при строительстве металлических конструкций. В работе предложена проектная технология сборки и сварки перехода через трубопровод.

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. Для повышения эффективности сварки предлагается внедрить в производство разработки отечественных учёных-сварщиков [1].

Проектная технология может быть условно разделена на пять операций. Первая операция – входной контроль, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и измерительных инструментов. Вторая операция – заготовительная, выполняется с применением гильотинных ножниц, угловой шлифовальной машины, плазменного резака, сверлильного станка. Третья операция – сборка и сварка, выполняется с применением сборочного приспособления, сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры. Четвертая операция – контроль качества, выполняется с применением оборудования для визуально-измерительного контроля и дефектоскопа. Пятая операция – исправление дефектов, проводится с применением сварочного источника питания, фомирователя сварочных импульсов, механизма подачи проволоки и газовой аппаратуры.

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 43 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 29 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,59 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

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 № 1064555 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка / Князков А. Ф., Сараев Ю. Н., Костюков Ю. П. № 2911363/25-27, заяв. 16.04.80; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18. 3 с.
2. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Белоконь В. М. Качество сварки плавлением при разных составах защитного газа и сварочной проволоки // Вестник Белорусско-Российского университета. 2008. № 4. С. 62–68.
5. Верёвкин А.А. Повышение эффективности сварки в  $\text{CO}_2$  неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Томский политехнический университет. 2010.
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. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
9. Карасев М. В., Вышемирский Е. М., Беспалов В. И. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 38–41.

10. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

11. 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.

12. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO<sub>2</sub> в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003.

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

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

15. 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.

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

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

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

19. Патон Б. Е., Лебедев А. В. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 1988. № 11. С. 1–5.

20. Патон Б. Е. Потапьевский А. Г., Подола И. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса // Автоматическая сварка. 1964. № 1. С. 1–6.

21. 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.

22. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.

23. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

24. Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Полетика И. М. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 34–38.

25. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. – 399 с.

26. 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.