



## Аннотация

По сравнению с другими видами опор (деревянных, железобетонных, решётчатых) эти опоры в значительной имеют ряд преимуществ. К первому преимуществу следует отнести низкую стоимость их использования. Производство стальной многогранной опоры несколько дороже, чем производство других видов опор, однако суммарные затраты с учётом доставки, установки и сроков возведения оказываются существенно меньше.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварки опор линии электропередачи.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обосновать выбор и применение способа сварки изделия,
- составить проектную технологию сварки,
- выполнить планировку участка сборки и сварки изделия.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор сварки плавящимся электродом в защитном газе как основного способа при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки секций опоры, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,187 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ исходных данных по производству многогранных металлических опор линии электропередачи. ....	6
1.1 Описание конструкции опоры и условий работы. ....	6
1.2 Сведения о материале для изготовления секций опор. ....	9
1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки секций опоры. ....	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы .....	18
2 Проектная технология сварки секций опоры. ....	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки. ....	20
2.2 Стенд для сборки и сварки продольных швов секций опоры. ....	25
2.3 Повышение эффективности сварки в углекислом газе. ....	28
2.4 Назначение величины параметров режима сварки. ....	32
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	36
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	36
3.2 Идентификация профессиональных рисков .....	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	41
3.5 Обеспечение экологической безопасности .....	43
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии. ....	45
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений .....	45
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	47
4.3 Расчет штучного времени .....	48
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии .....	50

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии. ....	55
4.6 Показатели экономической эффективности. ....	57
Заключение . ....	60
Список используемой литературы и используемых источников. ....	61

## Введение

Стальные многогранные опоры производятся уже несколько десятков лет и находят всё более широкое применение. По сравнению с другими видами опор (деревянных, железобетонных, решётчатых) эти опоры в значительной мере имеют ряд преимуществ. К первому преимуществу следует отнести низкую стоимость их использования. Производство стальной многогранной опоры несколько дороже, чем производство других видов опор, однако суммарные затраты с учётом доставки, установки и сроков возведения оказываются существенно меньше.

Фундамент опоры представляет собой компактный железобетонный блок, на котором расположены центрирующие болты. Сама опора представляет собой металлическую конструкцию с переходящими сечениями ствола. Опора выполняется из оцинкованного металла и может быть дополнительно окрашена для улучшения защиты и внешнего вида. Внешне такая опора выглядит очень изящно и выигрывает перед другими видами опор.

Изготовление многогранных металлических опор требует применения современного производства, так как сам технологический процесс изготовления опоры достаточно сложен. Надёжность опоры определяет стабильность поставки электрической энергии и безопасность линии высокого напряжения для окружающих людей. При монтаже опоры следует учитывать множество факторов, которые могут повлиять на её последующую эксплуатацию.

Изготовление секций многогранной опоры выполняется из металлического листа с применением гибки и сварки. Качество выполнения сварочных операций определяет работоспособность опоры и безопасность её эксплуатации.

Таким образом, актуальная цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварки опор линии электропередачи.

# **1 Анализ исходных данных по производству многогранных металлических опор линии электропередачи**

## **1.1 Описание конструкции опоры и условий работы**

Основным элементом высоковольтных линий электропередачи являются металлические опоры, назначение которых – обеспечение передачи электрической энергии с напряжением более 35 кВ. Разделение опор линии электропередачи происходит на две группы. К первой группе относят опоры промежуточного типа, представленные на рисунке 1. В опорах этого типа крепление кабелей происходит в поддерживающих зажимах. Ко второй группе относят опоры анкерного типа, в них кабели крепятся при помощи натяжных конструкций. В выпускной квалификационной работе рассматривается изготовление промежуточной многогранной опоры ПМ110-Ф, которая представлена на рисунке 2.

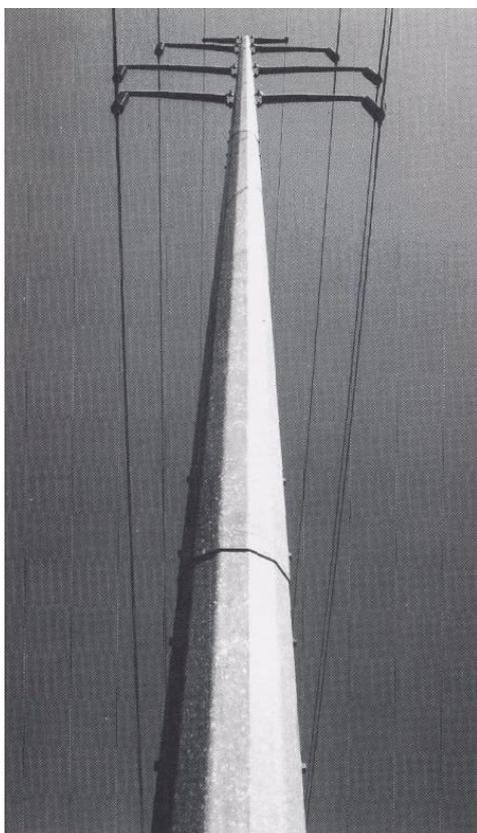


Рисунок 1 – Промежуточные многогранные опоры

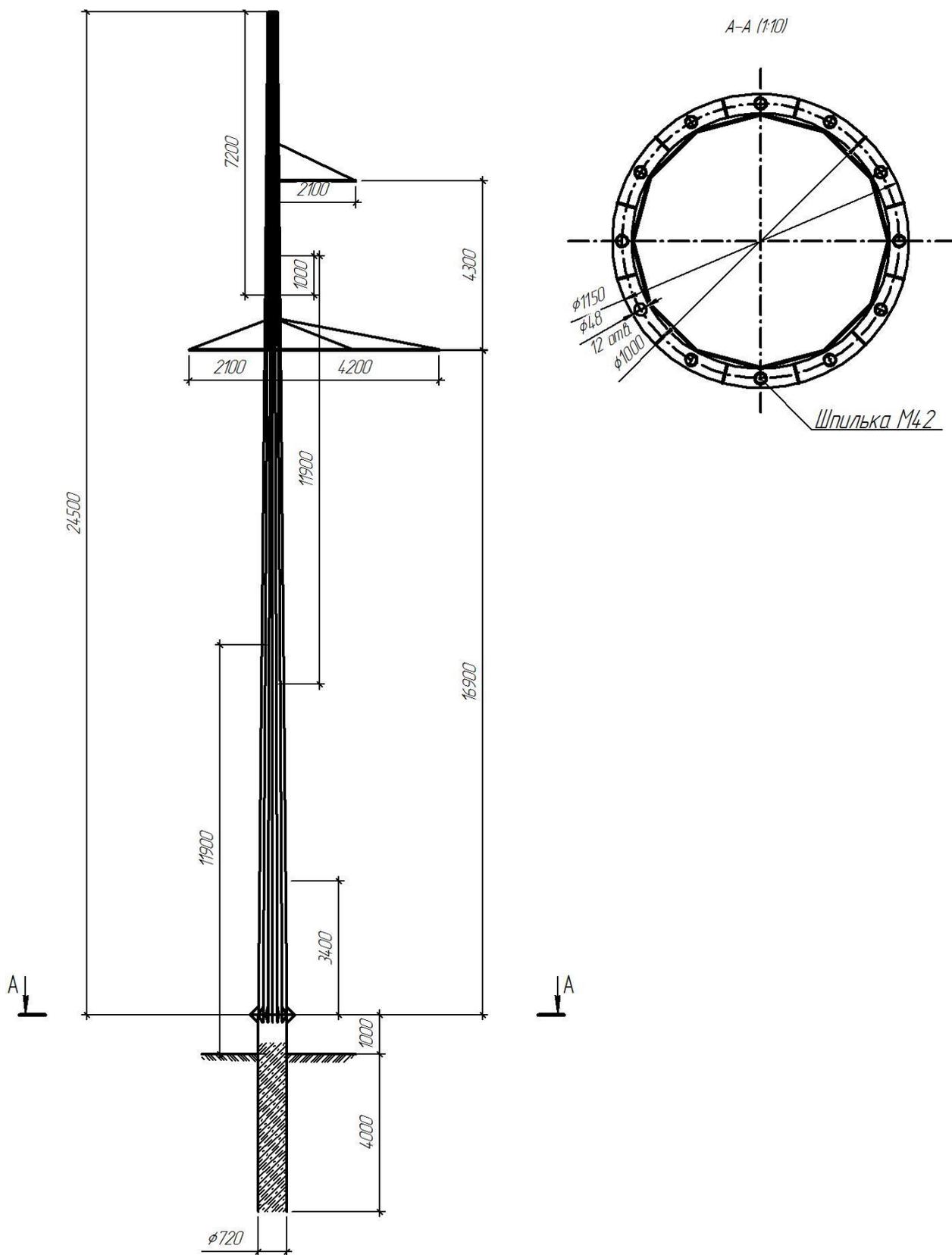


Рисунок 2 – Многогранная металлическая опора ПМ110-1Ф

Опора ПМ110-1Ф обладает множеством преимуществ перед другими опорами этого типа. Во-первых, наличие антикоррозионного покрытия позволяет получить высокую стойкость, в том числе к морской воде, кислотной и щелочной среде, агрессивным газам. Срок эксплуатации опоры увеличивается дополнительно на 10 лет. Во-вторых, конструкция опоры позволяет успешно противостоять внешним ударным воздействиям. В-третьих, эксплуатация опоры может проходить при температуре от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ещё одним преимуществом опоры ПМ110-1Ф является её минимальная водопроницаемость и стойкость к различным климатическим факторам.

Опора ПМ110-1Ф применяется при строительстве линий электропередач напряжением 110 кВ, их применение позволяет получить такие преимущества, как, во-первых, многократный монтаж-демонтаж; во-вторых, простота и скорость монтажа; в-третьих, малый землеотвод для установки. Эксплуатация опор возможна в условиях наиболее холодной пятидневки до  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Опора состоит из трёх секций С1, С2 и С3. Длина первой и второй секции – 10900 мм, длина третьей секции – 7200 мм. Кроме секций в состав опоры входят три траверсы Т1, Т2 и Т3 длиной 2100 мм, 2100 мм и 4200 мм. Общая масса элементов опоры составляет 2775 кг.

Минимальная толщина стенки многогранной опоры составляет не менее 5 мм. Многогранная опора включает в себя несколько секций, длина каждой должна быть не более 12 метров. Соединение секций возможно двумя способами. Первый способ соединения – фланцевое. Вторым способом соединения – телескопический. В случае применения телескопического стыка секций опоры перекрытие секций должно быть в диапазоне 1,5...2,0 диаметра, принимается оптимальное перекрытие в 1,8 диаметра соединяемых секций.

Продольные стыковые швы каждой секции выполняются с применением автоматической сварки под флюсом в заводских условиях.

Возможно применение также механизированной сварки в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

При проектировании сварных соединений следует: «обеспечивать свободный доступ к местам выполнения швов с учетом выбранного способа и технологии сварки; выбирать такой способ сварки, назначать толщину швов и их взаимное расположение так, чтобы в конструкциях возникали возможно меньшие собственные напряжения и деформации от сварки; избегать сосредоточенности большого числа швов в одном месте; принимать минимально необходимое число и минимальные размеры сварных швов; продольные стыковые сварные швы наружной стороны нижней секции и внутренней стороны верхней секции в местах телескопического соединения, должны быть зачищены заподлицо с основным материалом» [12].

## **1.2 Сведения о материале для изготовления секций опор**

Секции опор изготавливаются из стали С345 согласно ГОСТ 27772-88, имеющей содержание химических элементов согласно таблице 1 [14]. Реакция стали С 345 на термический цикл при сварке ориентировочно совпадает с реакцией на сварку низкоуглеродистых сталей, но есть некоторые отличия, которые необходимо учитывать при построении технологии сварки конструкций из стали С345.

Первым отличием является повышенная склонность стали С345 к формированию закалочных структур в металле шва и околошовной зоне, если скорость охлаждения после сварки превышает оптимальную, что наблюдается при повышенных скоростях сварки. Также повышенная скорость сварки и охлаждения металла сварного шва приводит к образованию в нём мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в сварном шве бейнит представлен в виде ферритно-карбидной смеси высокой дисперсности. Температурный цикл сварки существенно влияет на содержание в шве указанных структур. Если

уменьшать погонную энергию при сварке, то количество остаточного аустенита, бейнита и мартенсита будет увеличиваться, также будет повышаться их дисперсность.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали С345

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0.15	до 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.012	до 0.3

Если закалочные структуры содержатся в металле сварного шва в небольшом количестве, то их дезориентированное положение в мягкой ферритной основе не оказывает существенного влияния на свойства металла сварного шва. Однако, если количество закалочных структур увеличивается, например, при несоблюдении параметров режима и техники сварки, происходит резкое снижение пластичности металла сварного шва и стойкости против хрупкого разрушения. В связи с этим при сварке металлических конструкций из стали С345 необходимо более тщательно выбирать и поддерживать параметры режима по сравнению с низкоуглеродистой сталью.

Для того чтобы обеспечить равнопрочность металла сварного шва и основного металла, применяется легирование через сварочную проволоку и флюс. Возможно легирование металла сварного шва элементами из основного металла, но это снижает качество околошовной зоны.

Поскольку в стали С345 содержится большее по сравнению с низкоуглеродистыми сталями легирующих химических элементов, она более склонна к образованию кристаллизационных трещин при сварке. Для того, чтобы повысить стойкость против кристаллизационных трещин, в сварном шве необходимо уменьшать содержание таких вредных элементов, как сера и фосфор. Также следует уменьшить содержание в сварном шве углерода. Для этого необходимо применять сварочную проволоку с пониженным содержанием углерода, фосфора и серы. Также на стойкость против

кристаллизационных трещин оказывает влияние правильный выбор последовательности выполнения сварных швов, рациональность конструкции изделия и обеспечение благоприятной формы провара.

### **1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки секций опоры**

Изготовление секций опоры предусматривает проведение множества операций, которые позволяют из листового металла в рулоне получить конечную секцию. Исходным сырьём для изготовления секций опор является рулонный прокат. На линии правки, представленной на рисунке 3а, выполняется размотка рулона и правка листового проката. После этого выполняют нарезание листов при помощи гильотинных ножниц. Отрезанные листы поступают на порталную машину плазменной резки, представленную на рисунке 3б, где происходит раскрой листа на заготовки и разметка линий егогиба. После этого листовые заготовки поступают на тандемный вертикальный пресс с усилием 800 тонн и длиной линиигиба 12 метров, который представлен на рисунке 3в. Гибка выполняется по ранее размеченным линиям, которые расположены под углом друг к другу, что позволяет получить разомкнутую конусообразную трубу, сужающуюся от основания к вершине. После прессы расположен участок продольной сварки секций, на котором заготовку фиксируют с использованием оснастки и ручной дуговой сваркой, которая представлена на рисунке 3г. После фиксирования и прихватки выполняют сварку с применением автоматической сварки под флюсом, как показано на рисунке 3д.

После сварки продольного шва секция опоры имеет остаточную деформацию, которую исправляют при помощи передвижного гидравлического прессы. Далее в секции опоры выполняют сверление отверстий.



а) правка листовой заготовки; б) раскрой заготовки; в) гибка листовых заготовок;  
г) сборка заготовок; д) сварка секции

Рисунок 3 – Операции технологического процесса сварки секций опоры

Подготовка кромок перед сваркой выполняется с соблюдением следующих требований.

Согласно первому требованию, кромки свариваемых элементов в местах расположения швов и прилегающие к ним поверхности шириной 50 мм, а также места примыкания начальных и выводных планок необходимо зачищать с удалением ржавчины, жиров, краски, грязи, влаги и т. п. Кроме того, следует зачищать места приварки и примыкающие поверхности приспособлений.

Согласно второму требованию, обработка кромок элементов под сварку и вырезка отверстий на монтажной площадке может производиться кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой резкой с последующей механической обработкой поверхности реза с удалением слоя толщиной не менее 2 мм.

Согласно третьему требованию, поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин.

Согласно четвёртому требованию, при обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Сборка заготовок перед сваркой также выполняется с соблюдением технологических требований.

Сборка осуществляется без прихваток, закрепление кромок свариваемых элементов выполнять с помощью сборочных приспособлений.

Все поступающие на укрупнительную площадку изделия и элементы конструкции должны быть до начала сборки проверены мастером (или другим ответственным лицом) на наличие клейм, маркировки, а также сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие материалов их назначению.

При отсутствии клейм, маркировки или сертификатов изделия и элементы конструкций к дальнейшей обработке не допускаются.

Конструктивные элементы подготовки кромок, размеры зазоров при сборке сварных соединений, а также выводных планок и предельные отклонения размеров сечения швов должны соответствовать требованиям на швы сварных соединений.

Все местные уступы и неровности, имеющиеся на собираемых деталях и препятствующие их соединению в соответствии с требованиями чертежей, надлежит до сборки устранять зачисткой в виде плавных переходов с помощью абразивного круга или напильника.

Правка металла должна производиться способами, исключающими образование вмятин, забоин и других повреждений поверхности.

В процессе сборки должно быть исключено попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку соединений и на прилегающие поверхности.

Сборка элементов (деталей) в плоскостные и пространственные конструкции на сборочной площадке должна производиться на стеллажах или стендах с применением сборочных приспособлений, обеспечивающих требуемую точность сборки.

При сборочных работах запрещаются ударные воздействия на сварные конструкции.

Сварка секций опор «выполняется с соблюдением технологических требований.

Сварка должна производиться при стабильном режиме. Колебания величины сварочного тока и напряжения в сети, к которой подключается сварочное оборудование, не должны превышать  $\pm 5\%$ .

После сварки швы и прилегающие зоны должны быть очищены от шлака и брызг металла» [14].

Число прокаленных сварочных материалов на рабочем месте сварщика не должно превышать полусменной потребности. Сварочные материалы следует содержать в условиях, исключающих их увлажнение.

Автоматизированную дуговую сварку под флюсом разрешается производить без подогрева при температуре окружающего воздуха до минус 200 °С.

К сварке металлоконструкций следует приступать после приемки сборочных работ мастером по сварке или другим ответственным лицом, а также после проверки условий производства работ и выполнения организационных мероприятий по обеспечению безопасности производства работ (защита от атмосферных осадков, наличие площадок, лесов, подмостей, приставных лестниц и т.д.).

Сварку конструкций при укрупнении и в проектном положении следует проводить после проверки правильности сборки.

Подключение постов автоматической сварки должно быть произведено к распределительным шкафам (сборкам), соединенным с подстанцией отдельным фидером. Подключение к этим шкафам грузоподъемных механизмов не допускается.

Не допускается возбуждать дугу и выводить кратер на основной металл за пределы шва.

Поверхности свариваемой конструкции и выполненных швов сварных соединений после окончания сварки необходимо очищать от шлака, брызг и наплывов (натеков) расплавленного металла.

Удаление шлака должно производиться после остывания шва (через 1...2 минуты после потемнения).

Снятие усиления, зачистку корня шва, лицевой стороны шва и мест установки выводных планок рекомендуется осуществлять с помощью высокооборотных электрических шлифовальных машинок с абразивным кругом. При этом риски от абразивной обработки металла должны быть направлены вдоль кромок свариваемых деталей.

Допускаемые отклонения размеров сечения швов сварных соединений от проектных не должны превышать величин, указанных в ГОСТ и приведённых на рисунке 4.

Сваренное соединение должно быть заклеено.

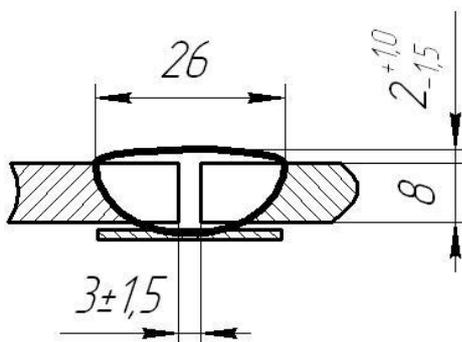


Рисунок 4 – Геометрические размеры сварного шва по ГОСТ 8713-79

Контроль качества сварки выполняется с соблюдением следующих требований.

Операционный контроль: при производстве сварочных работ следует руководствоваться действующими правилами по технике безопасности и инструкциями по проведению огневых работ.

Таблица 2 – Допустимые дефекты при сварке секций опор

Наименование дефектов	Характеристика дефектов по расположению, форме и размерам	Допустимые дефекты
1	2	3
1. Трещины	Трещины всех видов, размеров и ориентации	Не допускаются
2. Поры и пористость	Максимальный размер одиночной поры	$d \leq 1,6$ мм
	Максимальная суммарная площадь пор от площади проекции шва на оценочном участке	1 %
3. Скопление пор	Максимальная суммарная площадь пор от площади дефектного участка шва	4%
	Максимальный размер одиночной поры	$d \leq 1,6$ мм
	Расстояние между скоплениями	$L \geq 96$ мм
4. Газовые полости и свищи	Длинные дефекты	Не допускаются
	Короткие дефекты	$h \leq 1,6$ мм
5. Шлаковые включения	Длинные дефекты	Не допускаются
	Короткие дефекты	$h \leq 1,6$ мм
6. Включения других металлов	Инородные металлические включения	Не допускаются
7. Непровары и несплавления	Все виды	Не допускаются
8. Подрезы	Переход от шва к основному металлу должен быть плавный Очертания подрезов должны быть плавные	$h < 0,5$ мм
9. Линейное смещение кромок		$h \leq 0,8$ мм
10. Неполное заполнение разделки кромок (вогнутость шва)	Длинные дефекты	Не допускаются
	Короткие дефекты	$h \leq 0,4$ мм
11. Вогнутость корня шва, утяжка	Переход от шва к металлу должен быть плавный	$h \leq 0,5$ мм
12. Наплывы		Не допускаются
13. Плохое возобновление горения дуги	Местная неровность поверхности шва в месте повторного зажигания дуги	Не допускается
14. Брызги расплавленного металла, задиры металла		Без исправления не допускаются

Перед сваркой следует контролировать: качество поверхности стыкуемых труб, размеры конструктивных элементов подготовки кромок,

чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор и смещение кромок, перелом осей.

Таблица 3 – Параметры режима автоматической сварки под флюсом

Диаметр электрода, мм	Род тока, полярность	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч
4	Постоянный, обратная	725...775	30...36	30...34

Таблица 4 – Содержание химических элементов в проволоке Св-10ГА

Mn, %	Ni, %	Cr, %	C, %	Si, %	P, %	S, %	N, %
от 1,1 до 1,4	до 0,3	до 0,2	до 0,12	до 0,06	до 0,03	до 0,025	до 0,01

В процессе сварки «контролю подлежат: температура деталей и окружающего воздуха, порядок сварки соединения, технологические параметры процесса сварки, толщина и ширина валика шва.

После сварки контролю подлежат: отклонение геометрических размеров, клеймение шва, размеры выполненного шва, смещение кромок, перелом осей сваренных элементов, наличие и размеры поверхностных дефектов в сварных швах» [14].



Рисунок 5 – Оборудование для сварки продольного шва секции опоры: выпрямитель ВДУ-1201 (а) и сварочный автомат АДФ-1202 (б)



Рисунок 6 – Дефектоскоп УД2-12

Для сварки применяется сварочный выпрямитель ВДУ-1201, представленный на рисунке 5а и автомат тракторного типа АДФ-1202, представленный на рисунке 5б. В качестве сварочного флюса используется АН-348-А. В качестве сварочной проволоки используется проволока Св-10ГА. Для ультразвукового контроля используется дефектоскоп УД2-12, представленный на рисунке 6.

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

В ходе обоснования актуальности темы выпускной квалификационной работы была сформулирована цель – повышение эффективности сварки опор линии электропередачи.

Анализ конструкции изделия позволил заключить, что рассматриваемая конструкция является технологичной, и автоматизация сварки его швов является оправданной.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки секций опоры применяется два способа сварки – автоматическая под слоем флюса и ручная дуговая штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами:

- малая производительность выполнения сварочных работ,

- работа сварщика в тяжёлых условиях,
- низкая стабильность качества сварки,
- повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Недостатки применения автоматической сварки под флюсом:

- осыпание флюса с изделия,
- повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор),
- высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- обосновать выбор и применение способа сварки изделия,
- составить проектную технологию сварки,
- выполнить планировку участка сборки и сварки изделия.

## **2 Проектная технология сварки секций опоры**

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

Выбор способа сварки предусматривает анализ конструктивных особенностей изделия, возможностей конкретного производства и достижений современной науки в области сварочных технологий.

В числе основных критериев, которыми следует руководствоваться при выборе способа сварки, следует назвать [2], [15]:

- свойства и толщина металла заготовок, из которых состоит рассматриваемое изделие, химический состав и свариваемость металла заготовок;

- геометрия сварных швов – длина, расположение в пространстве и относительно краёв изделия, доступность сварных швов, прямолинейность сварных швов;

- при выборе того или иного способа сварки следует руководствоваться приоритетом механизированных способов перед ручными и автоматических способов перед механизированными, при этом из автоматических способов следует отдавать предпочтение способу, имеющему большую производительность;

- оценка преимуществ и недостатков рассматриваемых способов сварки с точки зрения экономичности и стабильности качества соединений.

Далее выполним анализ свойств и толщины заготовок. Поскольку рассматриваемая сварная конструкция выполняется из стали С345, то можно сделать вывод о применимости всех известных способов, так как свариваемость этой стали – хорошая.

Толщина свариваемых заготовок составляет 8 мм. Для такой толщины целесообразно использование следующих способов сварки:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;

- механизированная и автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой;

- автоматическая сварка под флюсом;

- механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Далее выполним анализ геометрии сварных швов. Рассматриваемая сварная конструкция имеет протяжённые сварные шва длиной несколько метров. При выполнении длиномерных швов целесообразно применение:

- автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой;

- автоматическая сварка под флюсом;

- автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями.

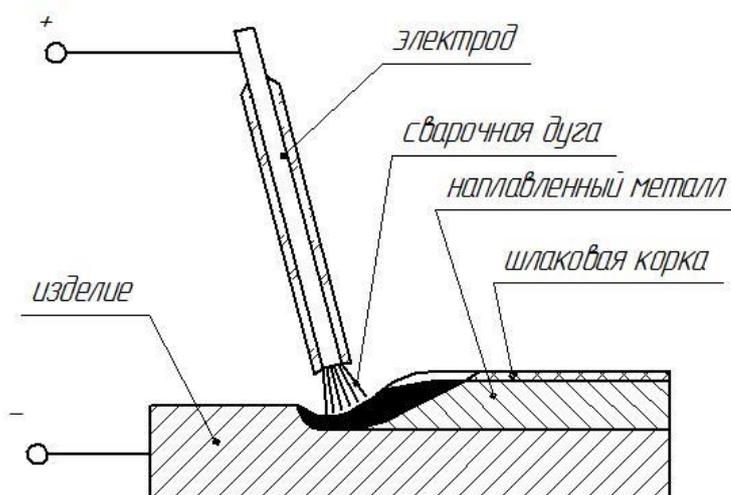


Рисунок 7 – Схема осуществления ручной электродуговой сварки штучными электродами

Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с

разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [2], [14].

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостаток следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

Преимуществами сварки в смеси защитных газов, схема выполнения которой приведена на рисунке 8, являются: высокая производительность сварки, не образуется шлаковая корка, улучшаются условия труда сварщика, возможность сварки во всех пространственных положениях.

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика), повышенное

разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла). низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин).

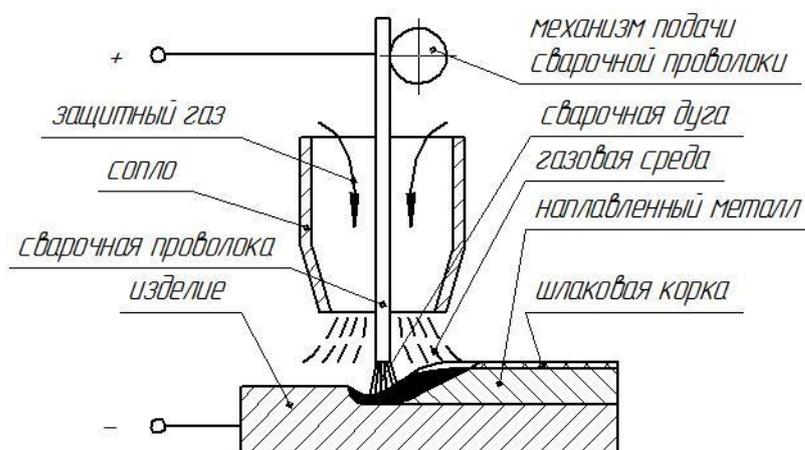


Рисунок 8 – Схема осуществления сварки в среде защитных газов

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [9], [10], [18], [19], [20]. Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками, схема которой приведена на рисунке 9, сочетает в себе преимущества ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах. Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [11], [17].

Недостатками сварки самозащитной порошковой проволокой являются:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва,
- высокая стоимость порошковой проволоки,

- сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений,
- необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости,
- неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

При сварке под флюсом, схема выполнения которой приведена на рисунке 10, в результате нагрева от горячей дуги между изделием и проволокой сварочной ванны расплавленного металла, которая защищается слоем шлака (расплавленного флюса).

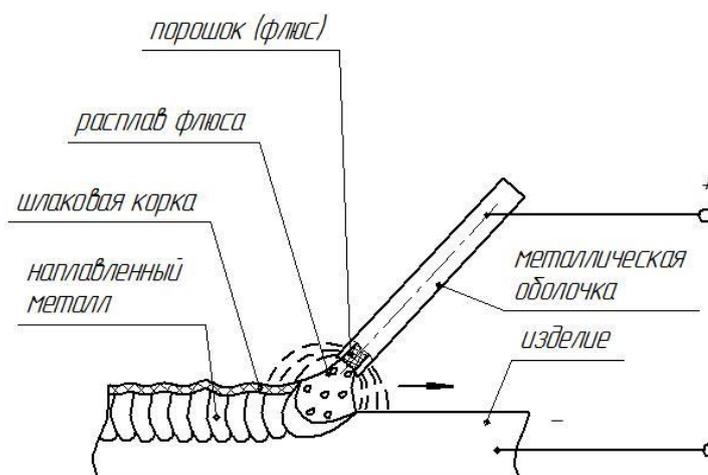


Рисунок 9 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой

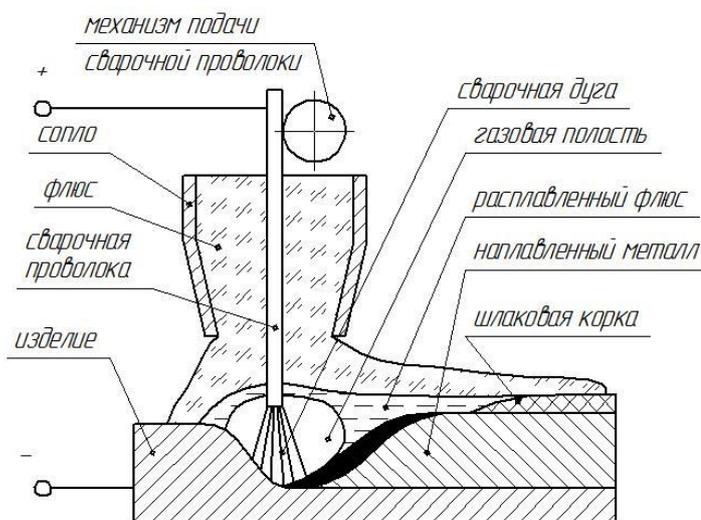


Рисунок 10 – Схема осуществления автоматической сварки под флюсом

Этот слой не только обеспечивает газовую защиту расплавленного и перегретого металла от воздействия воздуха, но и устраняет разбрызгивание, повышает эффективность нагрева металла от сварочной дуги.

На основании анализа возможных способов сварки принято решение заменить ручную дуговую сварку штучными электродами (прихватка и сварка швов малой протяжённости) – на механизированную сварку в смеси защитных газов. Также предлагается заменить автоматическую сварку под флюсом (при выполнении протяжённых швов) – на автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

## **2.2 Стенд для сборки и сварки продольных швов секций опоры**

Для выполнения продольного шва автоматической сваркой в углекислом газе проволокой сплошного сечения предлагается применить стенд согласно а.с. СССР № 1540995. Стенд, представленный на рисунке 11, содержит «основание 1 с поворотной балкой 2. В паз балки 2, расположенный в верхней ее части, помещен вкладыш 3 с отверстиями 4, канавкой 5 для формирования корня шва и перегородками 6, образующими стационарные газовые камеры 7, имеющие длину, равную половине длины наименьшей зоны защиты обратной стороны шва. Длина зоны защиты обратной стороны шва 1 зависит от материала и толщины свариваемой обечайки и параметров режима сварки» [1].

«К каждой стационарной газовой камере 7 подведены газовые каналы 8, соединяющие их через блок 9 ротаметров с магистралью 10 подачи защитного газа.

Блок 9 ротаметров состоит из ряда ротаметров 11, соединенных с газовой магистралью 10 через золотники 12, электромагниты 13 которых подключены с одной стороны к общей линии 14 питания, с другой стороны - к блоку 15 логического управления газом» [1].



«Блок 15 логического управления газом содержит соответствующее числу ротаметров количество логических ячеек 16 управления, состоящих из транзисторного усилителя с несколькими резисторно-диодными входами каждая. Логические ячейки 16 управления своими выходами связаны с электромагнитами 13 золотников 12 ротаметров 11, а входами связаны с соответствующими путевыми выключателями 17, которые взаимодействуют с кулачком 18 подвижной каретки 19, на которой закреплена сварочная горелка 20» [1]. Работа стенда происходит по принципу, представленному на рисунке 12: «в исходном положении горелка 20 находится в начале стыка обечайки на стационарной камере 7 и взаимодействует с соответствующим путевым выключателем 17, который через блок 15 логического управления газом дает команду на открытие золотников 12 блока 9 ротаметров» [1].

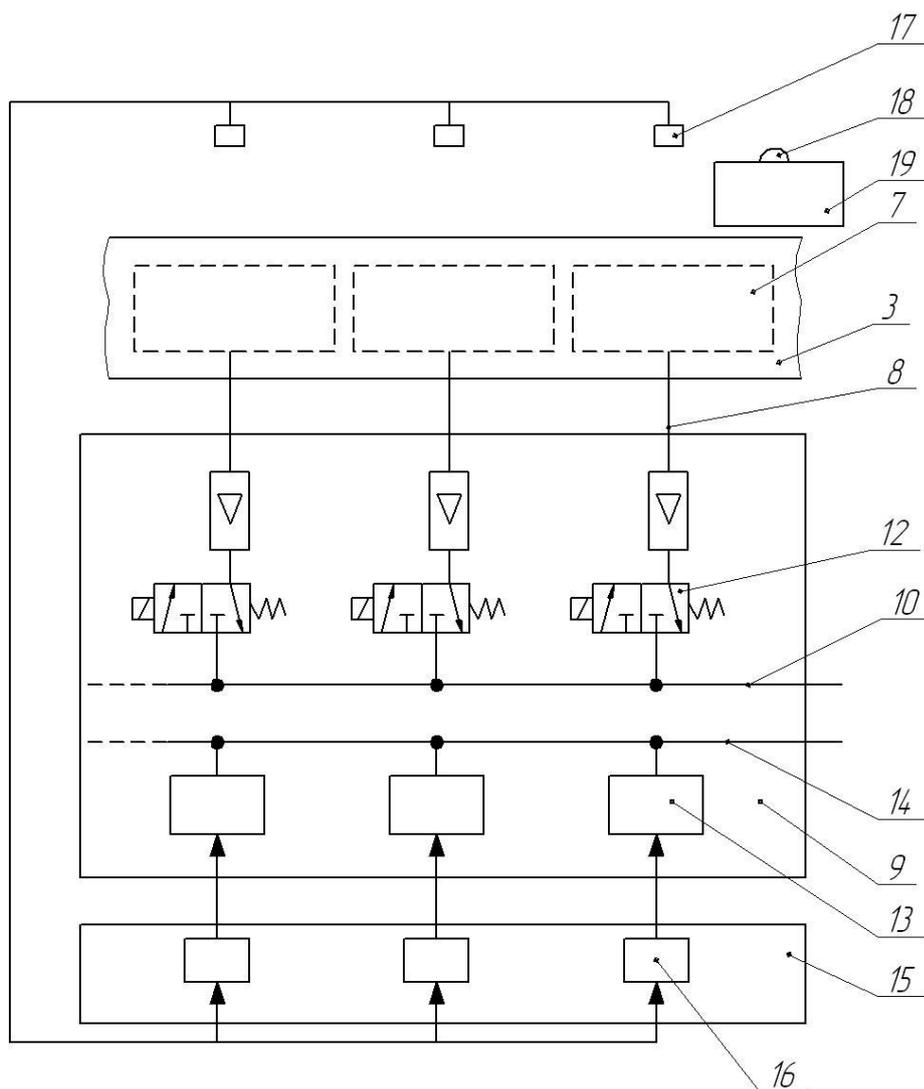


Рисунок 12 – Принцип работы стенда

«Соотношение величины сопротивлений резисторов логических ячеек 16 управления выбрано таким, что золотник 12 ротаметра 11 газового канала 8, идущего к соответствующей включенному путевому, выключателю 17 газовой камеры 7, открывается полностью, а соседние золотники 12 открываются наполовину.

Таким образом, газ на защиту обратной стороны шва в исходном положении подается в первую камеру в полном объеме, во вторую камеру – в половинном, а в третью камеру не подается. Начинается сварка. Сварочная горелка 20, перемещаясь, взаимодействует посредством кулачка 18 с соответствующими путевыми выключателями и соответственно положению сварочной горелки 20 перемещается зона защиты обратной стороны шва» [1].

### 2.3 Повышение эффективности сварки в углекислом газе

Вопросу повышения эффективности сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов посвящено множество исследований, начало которым положено работами Патона Б.Е., Дудко Д.А., Зарубы И.И., Потапьевского А.Г., Дюргерова Н.Г., Сараева Ю.Н., Князькова А.Ф [6].

Как показала практика использования импульсного управления сварочной дугой [13], структура сварных соединений выигрышно отличается от структуры, полученной при сварке стационарной дугой, что продемонстрировано металлографическими исследованиями, представленными на рисунке 13 и рисунке 14.

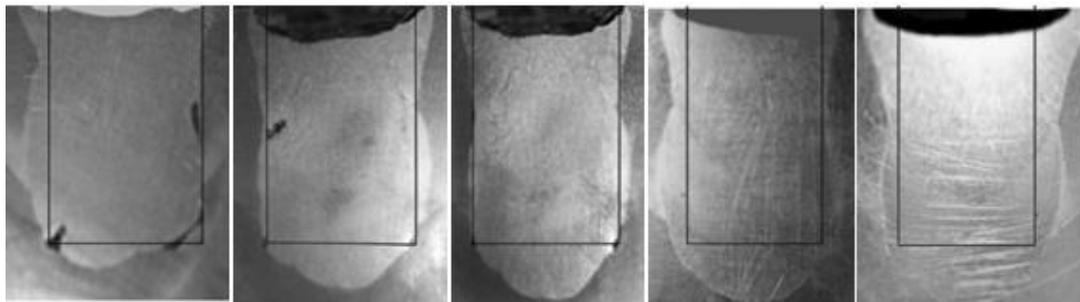


Рисунок 13 – Макрошлифы образцов (тонкой линией показана разделка), импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в среде CO<sub>2</sub>

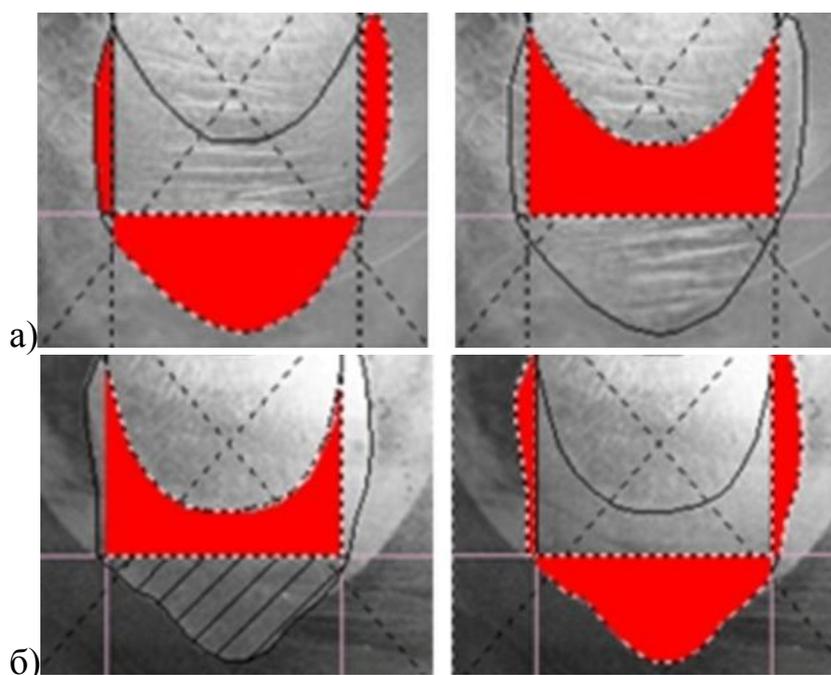


Рисунок 14 – Макрошлифы образцов, выполненные импульсно-дуговой сваркой (а) и сваркой с двойной модуляцией (б), темным цветом выделены площади наплавленного металла, проплавления в донной части шва и проплавления с боковыми кромками

Горение дуги с импульсным управлением позволяет [9], [10], [18], [19], [20]:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла,
- существенно повысить проплавляющую способность дуги,
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния,
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

Особенностями импульсной дуги являются:

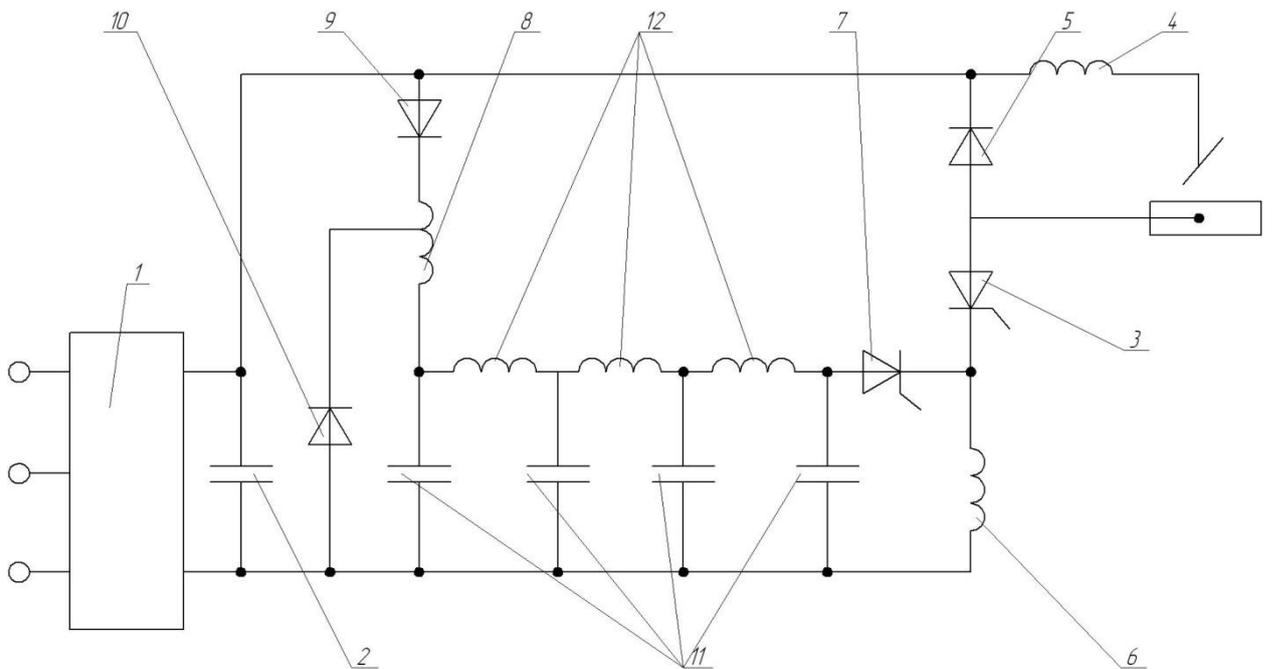
- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц,
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс,

- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге,

- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

Устройство для сварки, представленное на рисунке 15, содержит «источник 1 постоянного тока. Параллельно источнику 1 постоянного тока подключен фильтрующий конденсатор 2. Кроме того, устройство содержит силовой тиристор 3, сглаживающий дроссель 4, обратный диод 5 и коммутирующий дроссель 6, включенные последовательно в сварочную цепь. Коммутирующий конденсатор и вспомогательный тиристор 7 соединены последовательно и подключены параллельно коммутирующему дросселю 6. Цепь, состоящая из блокирующего конденсатора, зарядного дросселя 8 и блокирующего диода 9, подключена параллельно источнику 1 постоянного тока, при этом часть витков зарядного дросселя 8 и коммутирующий конденсатор зашунтированы дополнительным диодом 10 в обратном направлении. Коммутирующий конденсатор выполнен из нескольких (n-штук) параллельно включенных конденсаторов 11, одноименные обкладки которых соединены между собой и с минусом источника 1 постоянного тока, а противоположные разделены дросселями 12» [8].

Устройство работает следующим образом. «В первоначальный момент силовой 3 и вспомогательный 7 тиристоры находятся в непроводящем состоянии, коммутирующий конденсатор в виде n-штук конденсаторов 11, одноименные обкладки которых соединены между собой, а противоположные разделены дросселями 12, заряжен до напряжения, превышающего напряжение источника постоянного тока за счет зарядного дросселя 8 по цепи: источник 1 постоянного тока - блокирующий диод 9 - зарядный дроссель 8 - коммутирующий конденсатор - источник 1. Полярность напряжения на коммутирующем конденсаторе указана на чертеже» [8].



1 – источник постоянного тока, 2 - фильтрующий конденсатор, 3 - силовой тиристор, 4 - сглаживающий дроссель, 5 - обратный диод, 6 - коммутирующий дроссель, 7 - вспомогательный тиристор, 8 – зарядный дроссель, 9 – блокирующий диод, 10 – дополнительный диод, 11 – параллельно включенные конденсаторы, 12 – разделительные дроссели

Рисунок 15 – Устройство для сварки

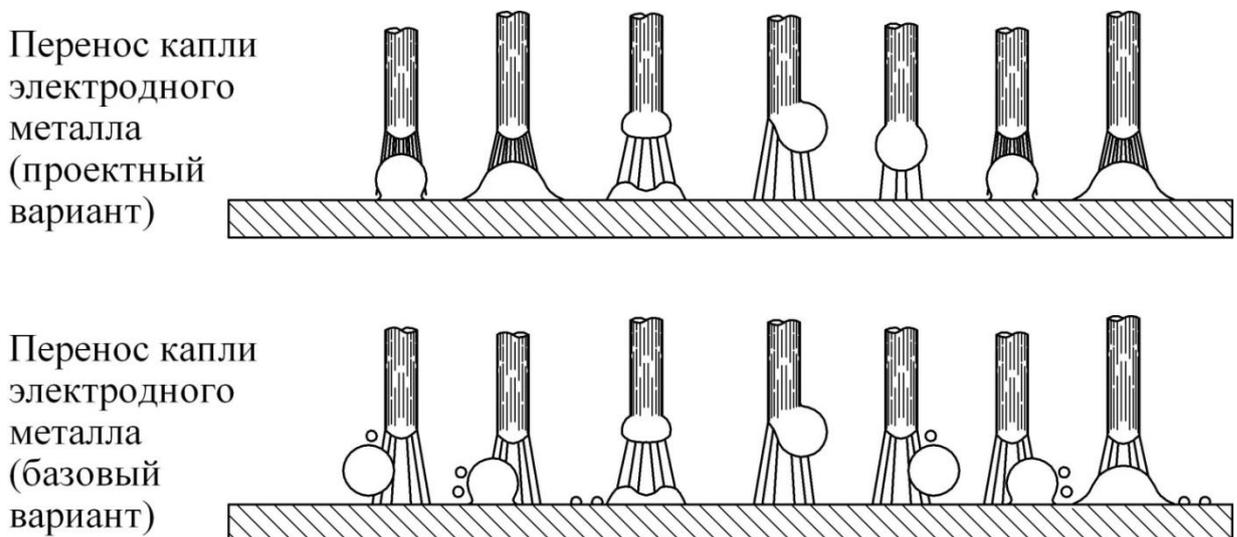


Рисунок 16 – Формирование капли при предлагаемом способе и классической механизированной сварке в углекислом газе

При подаче управляющего импульса на управляющий электрод тиристора 3 «последний переходит в проводящее состояние и через нагрузку - сварочную дугу

протекает ток по цепи: источник 1 - сглаживающий дроссель 4 - дуга - силовой тиристор 3 - коммутирующий дроссель 6 - источник 1.

При отпирании тиристора 7 происходит разряд искусственной формирующей линии, состоящей из n-конденсаторов 11, на коммутирующий дроссель 6. В отличие от разряда коммутирующего конденсатора в прототипе при разряде искусственной формирующей линии форма тока близка к трапецеидальной. Длительность нарастания и спада тока при одинаковой длительности импульса разряда линии будет тем меньше, чем больше количество конденсаторов 11» [8].

## **2.4 Назначение величины параметров режима сварки**

К параметрам режима сварки в углекислом газе относятся:

- род тока и полярность,
- диаметр электродной проволоки,
- сила сварочного тока,
- напряжение дуги,
- скорость подачи проволоки,
- вылет электрода,
- расход углекислого газа,
- наклон электрода относительно шва и скорость сварки.

Если при сварке в углекислом газе использовать переменный ток, то требуется применение осциллятора. Сварка в углекислом газе постоянным током прямой полярности характеризуется неустойчивым горением дуги, поэтому при сварке используется постоянный ток обратной полярности.

Для автоматической сварки предложим применение сварочной проволоки диаметром 1,6 мм, правильный выбор параметров режима позволит добиться стабильного горения дуги и переноса электродного металла в сварочную ванну.

Автоматическая и механизированная сварки в защитном газе делают возможным использование повышенных плотностей сварочного тока по сравнению с ручной дуговой сваркой, что может быть объяснено малым вылетом электрода. Для задания величины сварочного воспользуемся формулой:

$$I_{\text{н\ddot{a}}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot a}{4}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{св}}$  – сварочный ток, А;

$d_{\text{э}}$  – диаметр электродной проволоки, мм;

$a$  – плотность тока в электродной проволоке ( $a=110\dots130$  А/мм<sup>2</sup>).

После подстановки в (1) необходимых значений, величина сварочного тока составляет:

$$I_{\text{н\ddot{a}}} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (120\dots130)}{4} = 240\dots260 \text{ А.}$$

Выбор вылета сварочной проволоки осуществляем по величине её диаметра и толщине свариваемого металла. Поскольку для сварки предложено применять проволоку диаметром 1,6 мм по таблице ориентировочных режимов сварки принимаем величину вылета электродной проволоки равную 15...16 мм.

Поскольку автоматическую сварку продольного стыка предполагается вести в нижнем положении, напряжение дуги принимаем  $U_{\text{д}} = 25\dots27$  В.

Выбор скорости подачи электродной проволоки  $V_{\text{пр}}$  осуществляем для рассчитанного значения сварочного тока  $I_{\text{св}}$  и принятого диаметра сварочной проволоки  $d_{\text{пр}}$  с использованием формулы:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{н\ddot{а}}}}{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \rho}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{р}}$  – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч;

$\rho$  – плотность металла электродной проволоки, г/см<sup>3</sup>.

Величину коэффициента расплавления  $\alpha_{\text{р}}$  определяем с использованием формулы:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\text{н\ddot{a}}}}{d_{\text{y}}} \quad (3)$$

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{260}{1,6} = 16 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; V_{\text{i}\delta} = \frac{4 \cdot 16 \cdot (240 \dots 260)}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 244 \dots 265 \text{ м/ч.}$$

Выбор скорости сварки следует выполнять с учётом толщины металла и площади поперечного сечения сварного шва. Чрезмерная величина скорости сварки приводит к выходу конца сварочной проволоки из зоны газовой защиты, что приведёт к окислению сварочной проволоки.

Расчёт скорости сварки выполняем с использованием формулы:

$$V_{\text{н\ddot{a}}} = \frac{a_{\text{i}} \cdot I_{\text{н\ddot{a}}}}{100 \cdot F_{\text{в}} \cdot \rho}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки, г/А·ч,  $a_{\text{i}} = a_{\delta}(1 - \psi)$ , где  $\psi$  - коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в  $\text{CO}_2$   $\psi = 0,1 \dots 0,15$ );

$F_{\text{в}}$  – площадь поперечного сечения валика сварного шва,  $\text{см}^2$  (принимая  $0,15 \text{ см}^2$ );

$$a_{\text{i}} = 16(1 - 0,1) = 14,4 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; V_{\text{н\ddot{a}}} = \frac{14,4 \cdot (240 \dots 260)}{100 \cdot 0,15 \cdot 7,8} = 29,5 \dots 32 \text{ м/ч.}$$

Таблица 5 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Нахлёсточное соединение
Диаметр электродной проволоки	$d_{\text{np}}$ , мм	1,6
Вылет электрода	$l_{\text{вэл}}$ , мм	15...17
Расход газа	$q$ , л/мин	15...16
Скорость сварки	$V_{\text{св}}$ , м/ч	29...32
Напряжение на дуге	$U_{\text{д}}$ , В	27...29
Скорость подачи электродной проволоки	$V_{\text{np}}$ , м/ч	244...265
Сила сварочного тока	$I_{\text{св}}$ , А	240...260

Поскольку предлагаемый в выпускной квалификационной работе способ сварки позволяет повысить стабильность горения сварочной дуги и переноса электродного металла в сварочную ванну, появляется возможность выполнять сварку на максимальном вылете электрода, который для проволоки  $\varnothing 1,6$  мм составит 18...25 мм

Ориентация электрода относительно оси шва значительно влияет на глубину провара и качество сварного шва. В зависимости от угла наклона сварку можно производить углом назад и углом вперед.

В случае сварки углом назад в пределах 5...10 градусов происходит уплотнение металла сварного шва, улучшается наблюдение за ходом сварки и увеличивается глубина проплавления.

### **Выводы по второму разделу**

При анализе возможных способов сварки изделия были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная и автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом, механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Для повышения эффективности сварки предложено применять импульсное управление горением дуги. Предложено применять устройство для формирования импульсной дуги согласно Патент РФ №2175596 «Устройство для сварки» [8].

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал. Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения работ при сварке опор многогранных линий электропередач.

Проектная технология предусматривает применение автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, приведённых в таблице 6. Первая операция – входной контроль, выполняется с применением мостового крана, набора визуально-измерительного контроля. Вторая операция – сборка, выполняется с применением сборочного стенда, машинки угловой шлифовальной, линейка металлической. Третья операция – сварка, выполняется с применением сборочного стенда, сварочного выпрямителя, сварочного автомата. Четвёртая операция – контроль качества, выполняется с применением ультразвукового дефектоскопа, набора для визуально-измерительного контроля.

Таблица 6 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1 Входной контроль	Дефектоскопист	- лупа, - набор ВИК	-
2 Сборка	Слесарь-сборщик	- машина угловая шлифовальная, - сборочный стенд, - линейка металлическая	-
3 Сварка	Электросварщик	- сборочный стенд, - сварочный выпрямитель, - сварочный автомат	- сварочная проволока, - защитный газ
4 Контроль качества	Дефектоскопист	- лупа, - дефектоскоп, - набор ВИК	- масло

На основании анализа данных таблицы 6 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 7.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для

организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1 Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стенд для сборки и сварки</li> </ul>
2 Сборка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- машина угловая шлифовальная,</li> <li>- стенд для сборки и сварки</li> </ul>
3 Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> <li>- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;</li> <li>- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- источник питания сварочной дуги,</li> <li>- стенд для сборки и сварки</li> </ul>
4 Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дефектоскоп,</li> </ul>

Таким образом, выделено восемь 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,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

### **3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

На основании анализа профессиональных рисков, приведенных в таблице 8, можно для каждого опасного и вредного производственного фактора предложить стандартные мероприятия, устраняющие этот фактор или уменьшающие его воздействие до приемлемого уровня.

Предлагаемые средства и методики, призванные обеспечить защиту производственного персонала от влияния опасных и вредных производственных факторов сведены в таблицу 4.

На основании анализа данных в таблице 4 можно сделать вывод, что обеспечение безопасности труда будет достигнуто при применении набора стандартных методик и мероприятий.

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

Таким образом, для устранения влияния опасных и вредных производственных факторов применяются стандартные методики и мероприятия. Разработки специальных средств защиты не требуется.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 10.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 10 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Нет необходимости
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

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок сборки и сварки изделия	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 11.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка изделия	Входной контроль, сборка, сварка, контроль качества	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Пролитое масло при повреждениях в кантователе	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 12 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 13.

## **Выводы по экологическому разделу**

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и автоматической сварки опор многогранных.

Изучение особенностей технологического процесса механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сборки и автоматической сварки металлических опор многогранных. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с импульсным управлением дугой.

Первой операцией технологического процесса является входной контроль, который выполняется с применением мостового крана, набора визуально-измерительного контроля. Второй операцией технологического процесса является сборка, которая выполняется с применением сборочного станда, машинки угловой шлифовальной. Третьей операцией технологического процесса является сварка, которая выполняется с применением сборочного станда, сварочного выпрямителя, сварочного автомата. Четвёртой операцией технологического процесса является контроль качества, который выполняется с применением ультразвукового дефектоскопа, набора для визуально-измерительного контроля.

При выполнении базовой технологии восстановления вала применяется автоматическая дуговая сварка под флюсом. При выполнении проектной технологии восстановления применяется автоматическая сварка защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением сварочной дугой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ, а также повысить стабильность качества выполняемых сварных соединений.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой 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
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	1000 тыс.	2000 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	25	35
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,85	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	72	72
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$En$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, приведённых в таблице 10: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{\text{п}} = 1$  час,

принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (5)$$

Расчёты, выполненные согласно (5) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени  $B = 7 \%$ :

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (6)$$

Расчёты, выполненные согласно (5) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время  $t_{шт}$  является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени  $t_{маш}$ ; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени  $t_{всп}$ ; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования)  $t_{обсл}$ ; времени  $t_{отд}$  на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного

времени  $t_{П-З}$ :

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}. \quad (7)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (7), составит:

$$t_{шт.баз} = 1,65 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,83 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1 \text{ ч.}$$

Годовая программа  $П_{Г}$  выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (6) эффективного фонда времени  $F_{э}$  и согласно (7) штучного времени  $t_{шт}$ :

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (8)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (8) после подстановки численных значений:

$$П_{Г.баз.} = 2054/2 = 1027 \text{ продольных сварных швов за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/1 = 2054 \text{ продольных сварных швов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $П_{Г} = 800$  продольных сварных швов в год.

При этом необходимое количество  $n_{расч}$  оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента  $K_{вн}$  выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ ):

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_{Г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (9)$$

Требуемое количество оборудования  $n_{расч}$  для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (9), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{2 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,76, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{1 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,38.$$

Необходимое количество оборудования  $n_{пр}$ , которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (9) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ( $n_{пр} = 1$ ). Коэффициент  $K_3$  загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (10)$$

Значения коэффициентов загрузки  $K_3$  для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,76/1 = 0,76; K_{3п} = 0,38/1 = 0,38.$$

#### **4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии**

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование наплавочных материалов. При автоматической сварке под флюсом расходным материалов будет сварочный флюс и сварочная проволока. При автоматической сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты  $M$  на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{тз}$  транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{тз}, \quad (11)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (11) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_б = 400 \cdot 3 \cdot 1,05 + 120 \cdot 4 \cdot 1,05 = 1764 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{пр}} = 400 \cdot 3 \cdot 1,05 + 60 \cdot 12 \cdot 0,3 \cdot 1,05 = 1486 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени  $t_{\text{шт}}$ , часовой тарифной ставки  $C_{\text{ч}}$  и коэффициента  $K_{\text{д}}$  доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (12)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (12) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 752 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 1 \cdot 200 \cdot 1,88 = 376 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{доп}}$  дополнительных доплат ( $K_{\text{доп}} = 12 \%$ ):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (13)$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (13) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 752 \cdot 12 / 100 = 90 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 376 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП$  вычисляется как сумма основной  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 752 + 90 = 842 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 376 + 45 = 421 \text{ руб.}$$

Объём отчислений  $O_{\text{сн}}$  из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента  $K_{\text{сн}}$  отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (14)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (14) соответствующих значений:

$$O_{\text{сс баз.}} = 842 \cdot 34 / 100 = 286 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс проектн.}} = 421 \cdot 34 / 100 = 143 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{\text{об}}$  на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат  $A_{\text{об}}$  на амортизацию и  $P_{\text{эз}}$  на электрическую энергию:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{эз}}. \quad (15)$$

Величина  $A_{\text{об}}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{\text{об}}$ , нормы амортизации  $H_{\text{а}}$ , машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , и эффективного фонда времени  $F_{\text{э}}$  с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (16)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (16) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 2 / 2054 / 100 = 209 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 2000000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 2054 / 100 = 209 \text{ руб.}$$

Расходы  $P_{\text{эз}}$  на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{\text{уст}}$ , цены электрической энергии  $C_{\text{эз}}$  для предприятий, машинного времени  $t_{\text{маш}}$  и КПД оборудования:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}} / K_{\text{ПД}}. \quad (17)$$

Рассчитанные после подстановки в (17) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{ээ баз}} = 2 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,85 = 188 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 1 \cdot 35 \cdot 3,2 / 0,85 = 263 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (15) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз}} = 209 + 188 = 397 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 209 + 263 = 472 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость  $C_{\text{тех}}$  рассчитывается как сумма затрат на материалы  $M$ , фонда заработной платы  $\Phi ЗП$ , отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$  и затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$ :

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} \quad (18)$$

Рассчитанная после подстановки в (17) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 1764 + 842 + 286 + 397 = 3289 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 1486 + 421 + 143 + 472 = 2522 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость  $C_{\text{цех}}$  рассчитывается с учётом технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{цех}}$  цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (19)$$

Рассчитанная после подстановки в (19) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 3289 + 1,5 \cdot 752 = 3289 + 1128 = 4417 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 2522 + 1,5 \cdot 376 = 2522 + 564 = 3086 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость  $C_{\text{зав}}$  рассчитывается с учётом цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{зав}}$  заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (20)$$

Рассчитанная после подстановки в (20) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 4417 + 1,15 \cdot 752 = 4417 + 865 = 5282 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 3086 + 1,15 \cdot 376 = 3086 + 432 = 3518 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости восстановительной наплавки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	М	1764	1486
2. Фонд заработной платы	ФЗП	842	421
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	286	143
4. Затраты на оборудование	Зоб	397	472
5. Технологическая себестоимость	Стех	3289	2522
6. Цеховые расходы	Рцех	1128	564
7. Цеховая себестоимость	Сцех	4417	3086
8. Заводские расходы	Рзав	865	432
9. Заводская себестоимость	$C_{\text{ЗАВ}}$	5282	3518

Таким образом, на основании данных таблицы 15 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость технологии восстановительной наплавки.

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об.б.}}$ , коэффициента загрузки оборудования  $K_{з. б.}$  рассчитанного для базового варианта согласно (10):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (21)$$

Остаточную стоимость  $\Pi_{\text{об.б.}}$  оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_c$  и нормы амортизации  $H_a$  оборудования:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (22)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (22) соответствующих значений, составляет:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 1000000 - (1000000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 355000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 355000 \cdot 0,76 = 269800 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. пр.}}$  для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ , вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих вложений  $K_{\text{соп.}}$ :

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (23)$$

Капитальные вложения  $K_{\text{об. пр.}}$  в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования  $\Pi_{\text{об. пр.}}$ , коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{\text{тз}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{зп}}$  по проектному варианту:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (24)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (24) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об.пр.}} = 2000000 \cdot 1,05 \cdot 0,38 = 798000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения  $K_{\text{соп.}}$  по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  базового оборудования и расходов на монтаж  $K_{\text{монт}}$  проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (25)$$

Расходы на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  и монтаж  $K_{\text{монт}}$  рассчитываем с учётом стоимости оборудования  $Ц_{\text{б}}$  и  $Ц_{\text{пр}}$  по базовому и проектному вариантам, коэффициентов  $K_{\text{д}}$  и  $K_{\text{м}}$  на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (26)$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (27)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (25), (26) и (27) соответствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 1000000 \cdot 0,05 = 50000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 50000 + 100000 = 150000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 798000 + 150000 = 948000 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{доп}}$  рассчитываем исходя из капитальных затрат  $K_{\text{общ.пр.}}$  и  $K_{\text{общ.б.}}$  для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б}}: \quad (28)$$

$$K_{\text{доп}} = 948000 - 269800 = 679000 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений  $K_{уд}$  рассчитываем с учётом годовой программы  $П_T$ :

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_T}, \quad (29)$$

После подстановки в (29) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 269800/800 = 337 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 948000/800 = 1185 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени  $t_{шт.б.}$  и  $t_{шт.пр.}$  по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (29)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (29) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{2-1}{2} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт повышения производительности труда  $П_T$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$ :

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (30)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (30) составило:

$$П_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$  при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (31)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (31) составило:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (3289 - 2522) \cdot 100\% / 3289 = 23 \text{ \%}.$$

Расчёт условно-годовой экономии  $\text{Пр}_{\text{ож}}$  (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (32)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (32) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (5282 - 3518) \cdot 800 = 1411200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости  $T_{\text{ок}}$  дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} . \quad (33)$$

Срок окупаемости после подстановки в (33) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = 679000 / 1411200 = 0,5 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект  $\text{Э}_{\Gamma}$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (34)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (34) соответствующих значений составил:

$$\text{Эг} = 1411200 - 0,33 \cdot 679000 = 1187130 \text{ руб.}$$

### **Выводы по экономическому разделу**

При выполнении базовой технологии сборки и сварки опор многогранных применяется автоматическая дуговая сварка под флюсом. Недостатки применения автоматической сварки под флюсом: осыпание флюса с изделия, повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор), высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).

.Проектный вариант технологии предполагает использование автоматической сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения и импульсным управлением сварочной дугой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 23 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,411 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,187 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварки опор линии электропередачи.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки секций опоры применяется два способа сварки – автоматическая под слоем флюса и ручная дуговая штучными электродами.

При анализе возможных способов сварки изделия были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная и автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом, механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: входной контроль, сборка, сварка, контроль качества.

Для сборки и сварки предлагается использовать автоматический стенд согласно отечественным разработкам [1]. Для импульсного управления сварочной дугой предложено применить отечественную разработку [8]

Изучение особенностей проектного технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,187 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Полученные результаты предлагается внедрить при сборке и сварке опор линии электропередач.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. № 1540995 СССР, МКИ В23К37/04. Стенд для сборки и сварки продольных швов / Шумихин В. В., Обухов В. С., Пушин В. М., Бабин Ю. М. заявл. 18.01.88; опубл. 07.02.90, Бюл. № 5.
2. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М. : Машиностроение. 1986. 172 с.
5. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : изд-во ТГУ, 2008. 38 с.
6. Крюков А. В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Юргенский технологический институт. 2008.
7. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : изд-во ТГУ, 2005. 35 с.
8. Патент № 2175596 РФ, МКИ В23К9/10. Устройство для сварки / Князьков А. Ф., Крампит А. Г., Крампит Н. Ю. заявл. 23.03.2000; опубл. 10.11.2001
9. 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.
10. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.
11. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 60–64.

12. Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ / ОАО «ФСК ЕЭС». Введ: 03.09.2010. 44 с.

13. 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.

14. Сварка в машиностроении : справочник в 4-х томах / ред. кол.: Николаев Г. А. (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2 / под ред. Акулова А. И., 1979. 462 с.

15. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : изд-во ТГУ, 2007. 301 с.

16. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

17. 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.

18. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

19. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

20. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.