

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 Технологический процесс изготовления двутавровой балки
строительной колонны

Студент

А.А. Москвин
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

Повышение эффективности выполнения балочных конструкций в настоящий момент продолжает оставаться актуальной задачей. Её решение требует снижения металлоёмкости конструкции (применение новых материалов) и повышения производительности (применение новых технологий сварки).

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки двутавровых балок и колонн за счёт применения прогрессивных сварочных технологий.

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.

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения (механизированной – для сварки швов малой длины и автоматической – для сварки протяжённых швов). 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.

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

Abstract

The title of the graduation work is «Technology of welding beam structures».

Increasing the efficiency of performing beam structures continues to be an urgent task at the moment. Its solution requires a decrease in the metal consumption of the structure (the use of new materials) and an increase in productivity (the use of new welding technologies).

The aim of the work is to increase the productivity and quality of welding of H-beams and columns through the use of advanced welding technologies.

The following tasks have been solved:

- justify the choice and application of the welding method for the product;
- draw up a design welding technology;
- perform the planning of the assembly and welding area of the product.

The design version of the technology involves the use of gas-shielded welding with solid wire (mechanized - for welding short-length seams and automatic - for welding long seams). This replacement of the welding method can significantly increase the productivity of welding. Significantly improved quality stability also translates into higher productivity as the time spent fixing weld defects is reduced.

The analysis of the design technology of welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,5 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние сварки балок и колонн	7
1.1 Описание свариваемого изделия.	7
1.2 Сведения о материале изделия и оценка его свариваемости.	9
1.3 Базовая технология сварки	13
1.4 Применяемое для основных и вспомогательных операций технологическое оборудование	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	19
2 Проектная технология сборки и сварки	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки	20
2.2 Повышение эффективности сварки в защитном газе.	25
2.3 Проектная технология сварки изделия	28
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	34
3.1 Технологическая характеристика объекта	34
3.2 Идентификация профессиональных рисков	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Обеспечение экологической безопасности.	41
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	43
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	43
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	45
4.3 Расчет штучного времени	46
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	48

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	53
4.6 Показатели экономической эффективности.	55
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.	60

Введение

При изготовлении ответственных сварных конструкций широкое применение получили балки двутаврового сечения, которые используются для выполнения несущих конструкций в строительстве (здания и сооружения) и технике (балки кранов). Повышение эффективности выполнения балочных конструкций в настоящий момент продолжает оставаться актуальной задачей. Её решение требует снижения металлоёмкости конструкции (применение новых материалов) и повышения производительности (применение новых технологий сварки).

Снижение металлоёмкости и трудоёмкости изготовления сварных балок может быть достигнуто при обоснованном уменьшении количества поперечных рёбер жёсткости и сокращении массы наплавленного металла [1].

При внедрении прогрессивных технологий сварки, основанных на современных достижениях мировой науки, достигается множественный положительный эффект: производительность труда увеличивается, стабилизируется качество сварных соединений. В настоящее время при изготовлении сварных балок и колонн применяются различные способы сварки. Поэтому обоснование выбора способа сварки на основании передовых технических решений является актуальной задачей.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки двутавровых балок и колонн за счёт применения прогрессивных сварочных технологий.

Достижение поставленной цели предполагает анализ конструкции изделия, материала изделия, базовой технологии, обзор альтернативных способов сварки и достижений современной науки в области повышения эффективности сварочных технологий.

1 Современное состояние сварки балок и колонн

1.1 Описание свариваемого изделия

Для изготовления строительных колонн широко применяются сварные балки двутаврового или коробчатого профиля, показанные на рисунке 1. Укоренившееся название «балка» применительно к сварной колонне, очевидно, имеет некоторое техническое несоответствие. Понятие «балка» предполагает горизонтальное расположение и действие изгибающей нагрузки. Понятие «колонна» предполагает вертикальное расположение и действие сжимающей нагрузки. Однако при строительстве ферменных конструкций (ангары, гаражи, склады и т.д.) при меняются типовые решения, как на рисунке 1в, поэтому термин «балка» применительно к рассматриваемому изделию корректен.

Высота строительной колонны обычно кратна 6 м и составляет 6 или 12 метров. Выполнение строительных колонн большей длины нецелесообразно, для этого применяются составные колонны. Строительные колонны применяются при изготовлении различных промышленных зданий – ангаров, складов и т.д. Рассматриваемая в настоящей выпускной квалификационной работе балка имеет длину 12 м и представляет собой сварной двутавровый профиль, представленный на рисунке 2.

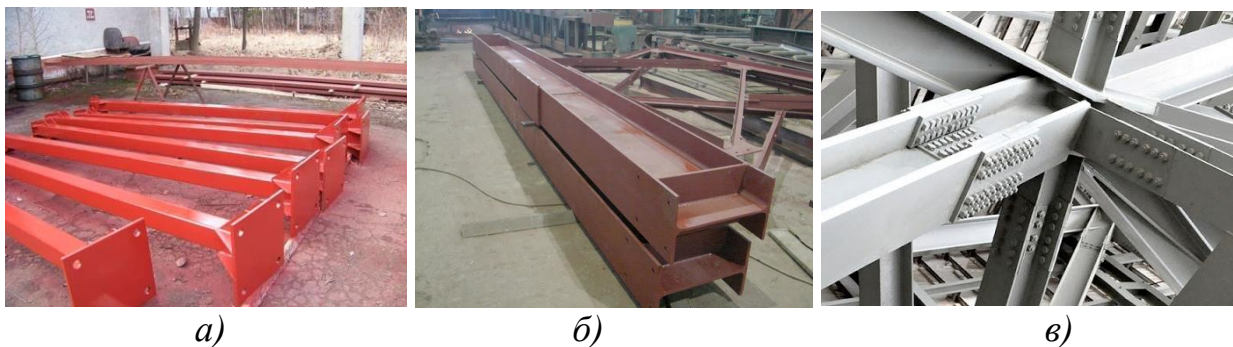


Рисунок 1 – Балки строительных колонн коробчатого (а) и двутаврового (б) профиля, сборка конструкции из балок (в)

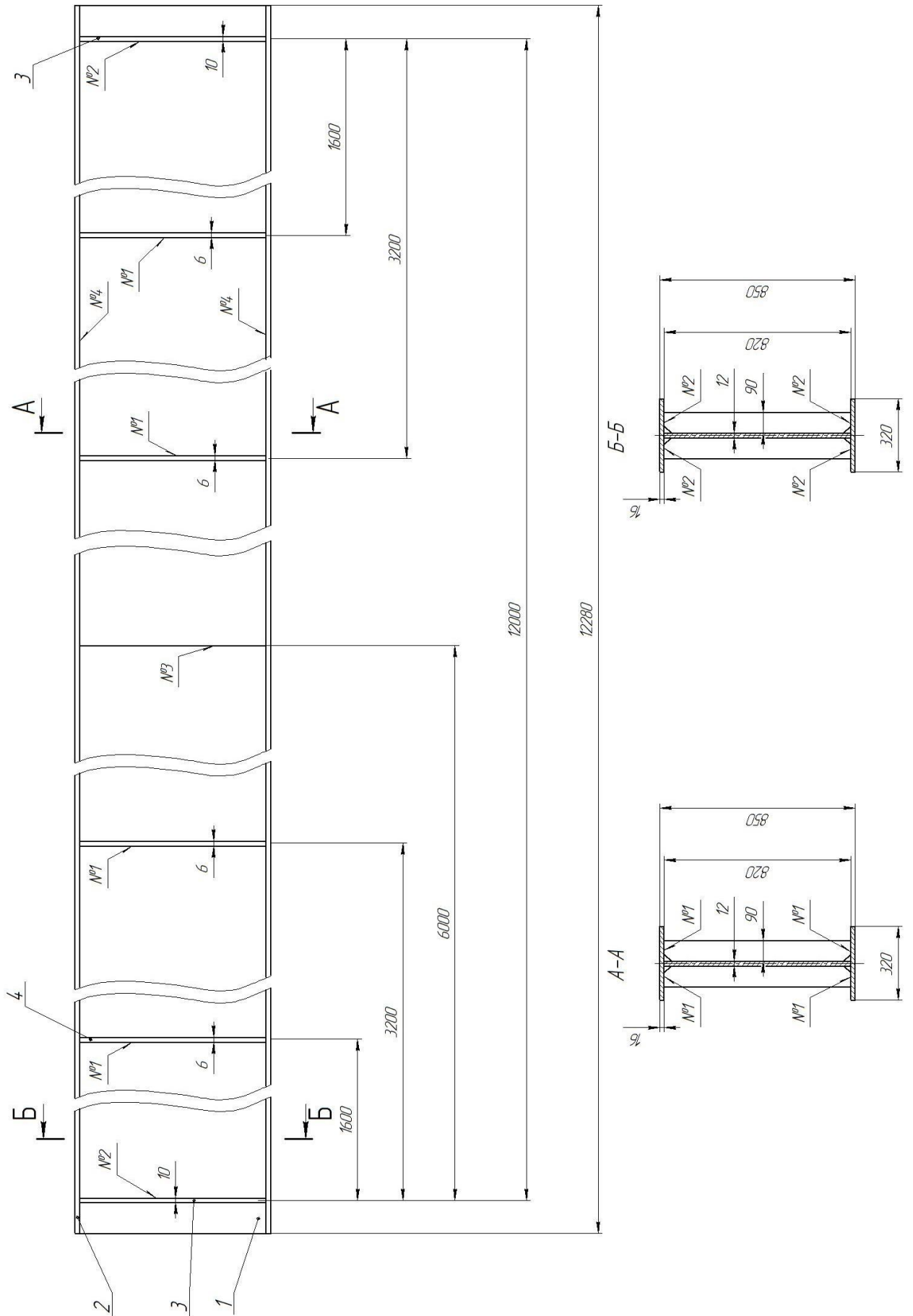


Рисунок 2 – Балка сварная

Балка изготавливается из стали 09Г2С, толщина стенки 12 мм, толщина полок – 16 мм. По длине балки приварены рёбра жесткости толщиной 6 мм, крайние рёбра жесткости имеют толщину 10 мм.

В состав изделия согласно рисунку 2 входят: 1 – стенка; 2 – полки (2 штуки); 3 – ребра жёсткости крайние (4 штуки); 4 – ребра жёсткости средние (16 штук).

Сварные швы № 1, № 2 и № 3 выполняются ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264. Сварные швы №4, имеющие суммарную протяжённость несколько десятков метров, выполняются автоматической сваркой под флюсом по ГОСТ 8713.

Балка может воспринимать как изгибающую, так и сжимающую нагрузку (при условии правильного проектирования строительной конструкции).

При изготовлении сварной балки можно использовать стандартное оборудование и материалы, повышение производительности основных и вспомогательных операций может быть выполнено с использованием средств механизации и автоматизации. Места расположения сварных швов легко доступны для сварщика, проведение сварочных работ не затрудняется особенностями конструкции изделия.

Исходя из этих критериев, рассматриваемую конструкцию можно считать технологичной. Применение автоматической сварки под флюсом – обоснованной. Построение проектной технологии также должно вестись с использованием автоматических способов сварки.

1.2 Сведения о материале изделия и оценка его свариваемости

Элементы сварной балки выполняются из стали 09Г2С – конструкционной низколегированной стали, химический состав представлен в таблице 1 и механические свойства представлены в таблице 2. Эти свойства обусловили широкое применение этой стали при изготовлении

металлических конструкций. Сварные конструкции из стали 09Г2С могут продолжительное время работать под давлением при температуре окружающего воздуха от -70 до + 425 °С. Заменителями стали 09Г2С могут считаться такие стали, как 09Г2, 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 2591-2006

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	До 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008	~96-97

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
460	300	31

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений всеми способами сварки. Реакция стали 09Г2С на термический цикл при сварке, отличающаяся от реакции обычной низкоуглеродистой стали [24]. «Выбор параметров режима сварки должен выполняться с учётом построенной для стали 09Г2С термокинетической диаграммы согласно рисунка 3 [20]. Эта диаграмма показывает начало и окончание аустенитного превращения при различных скоростях охлаждения металла. Как видно из диаграммы, увеличение скорости охлаждения приводит к измельчению структуры в зоне термического влияния и повышению её твёрдости. Образование закалочных структур при сварке стали 09Г2С происходит в случае превышения скорости охлаждения критической скорости» [10].

Действенным средством против образования закалочных структур при сварке стали 09Г2С является предварительный подогрев, который способствует перлитному превращению. Путём изменения скорости охлаждения становится возможным получение желаемой твёрдости металла в зоне термического влияния. Однако следует учитывать, что на

балкосварочных станах введение предварительного подогрева технически трудно осуществимо [19].

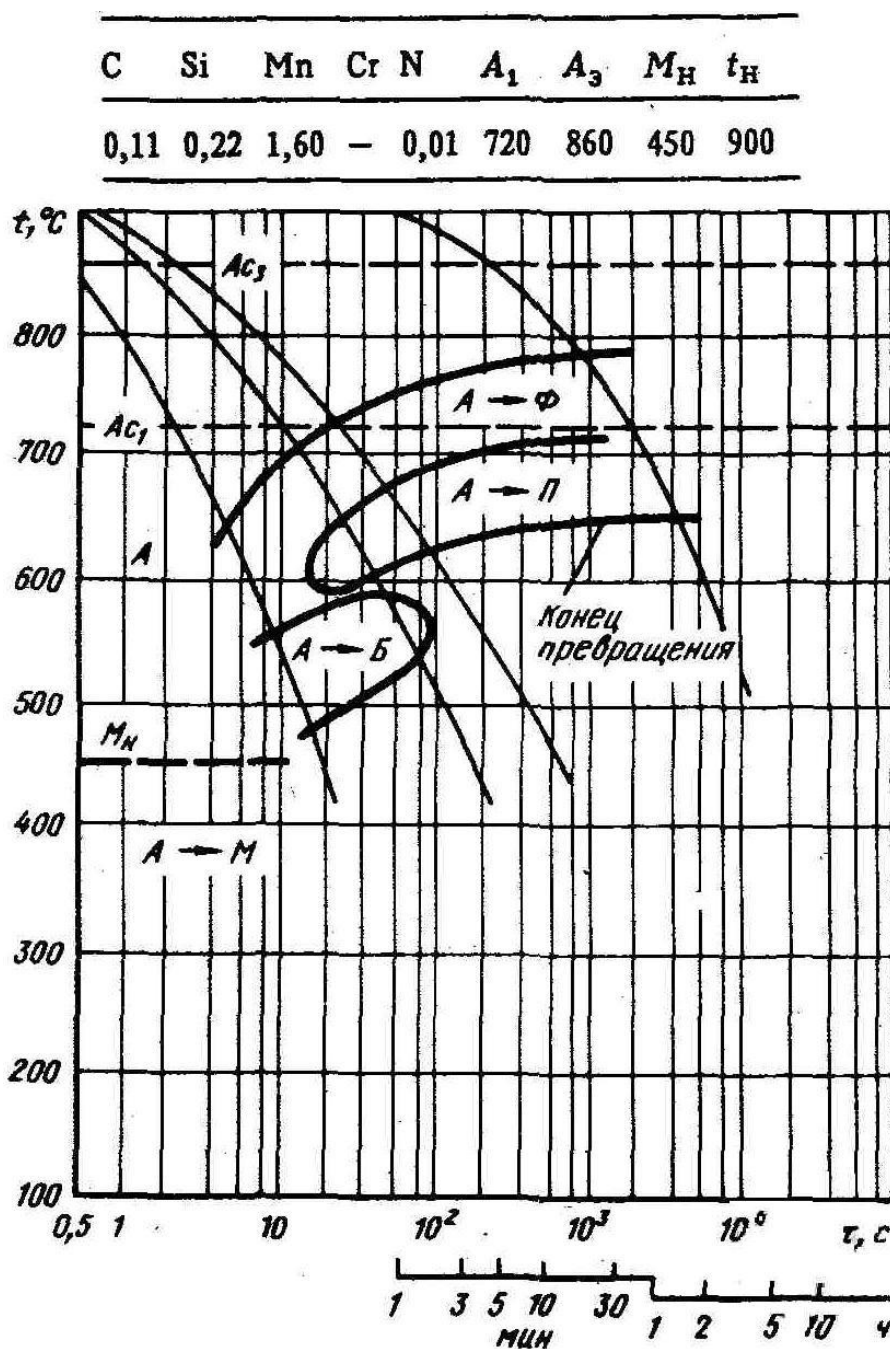


Рисунок 3 – Термокинетическая диаграмма для стали 09Г2С

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями, сварные конструкции из стали 09Г2С имеют меньшую стойкость против кристаллизационных трещин. Это объясняется действием углерода, марганца и кремния. Повышение стойкости против кристаллизационных трещин достигается

уменьшением в металле шва серы и углерода. Для этого необходимо применять сварочную проволоку со сниженным содержанием серы и углерода. Определяющее значение в повышении прочности сварных соединений из стали 09Г2С имеет рациональная последовательность выполнения сварных швов, обеспечение правильности его геометрии [10], [9].

Легирование металла сварного шва химическими элементами из основного металла позволяет получить равнопрочность шва и основного металла. Также, склонность к хрупкому разрушению и прочность металла шва может быть повышена легированием элементами из сварочной проволоки [17].

Такие химические элементы, как кремний и марганец, увеличивают содержание закалочных структур. Исходя из этого, при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать режимы с меньшей, по сравнению с низкоуглеродистой сталью, погонной энергией.

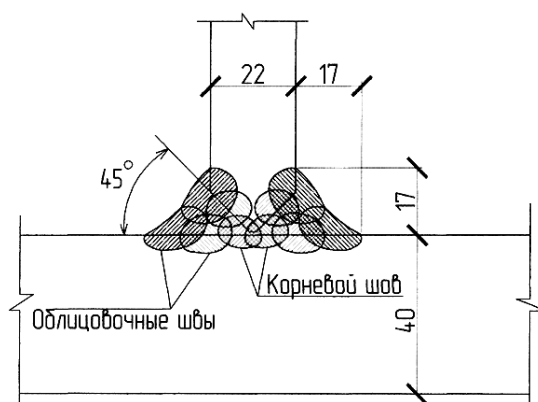


Рисунок 4 – Схема таврового соединения при оценке свариваемости согласно [8]

В соответствии с режимами сварки, предложенными в работе [9], была выполнена сварка двутавровой балки из стали 09Г2С. «Толщина стенки таврового соединения составляла 22 мм, толщина стенки полки – 40 мм. Сварку корня шва выполняли автоматической сваркой в углекислом газе на параметрах режима: сила сварочного тока – 319...322 А, напряжение на дуге – 36,6...37,0 В, сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Сварку

основного слоя и облицовочного слоя выполняли автоматической под флюсом на параметрах режима: сила сварочного тока – 600 А, напряжение на дуге – 36...37 В, скорость сварки – 0,55...0,60 м/мин, скорость подачи проволоки – 2,65 м/мин, проволока Св-08Г2С диаметром 4 мм.» [10]

Таблица 3 – Содержание химических элементов в элементах балок из проката из стали 09Г2С

№ образца	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Сэ
Проба 1	0,12	1,5	0,53	0,1	0,05	0,021	0,014	0,413
Проба 2	0,11	1,7	0,6	0,15	0,05	0,028	0,015	0,426
Проба 3	0,12	1,4	0,5	0,2	1,0	0,023	0,012	0,413

Катет сварного шва составил 17 мм, угол скоса кромок – 45 °, общее количество проходов – 5, как показано на рисунке 4. В таблице 3 указан химический состав стали элементов балок, взятых на пробу с трёх различных заготовок. Расчёт значений углеродного эквивалента для каждой пробы показывает, что эквивалентное содержание углерода во всех случаях составило менее 0,45. Это позволяет заключить, что сталь 09Г2С, используемая для сварки двутавровых балок, обладает удовлетворительной свариваемостью.

1.3 Базовая технология сварки

Технология сборки и сварки балки предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль, заготовительная, укрупнение заготовок стенки и полка, сварка полка со стенкой, контроль качества.

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;

- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;
- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен НТД или ПТД).

Предъявляются следующие технические требования к исходным заготовкам [3], [13]:

- на поверхности листа не допускаются дефекты в виде: раковин, сквозных разрывов, загрязнений, вкатанных окалин, вздутий, трещин;
- допускаемые дефекты: волнистость и прогиб не более 15 мм / 1000 мм, в противном случае необходима дополнительная правка листа;
- устранение поверхностных дефектов проводится зачисткой (допустимое уменьшение толщины листа 0,25-0,4 мм);
- на обрезных кромках проката не допускается расслоение, трещины, разрывы;
- для контроля качества листа, его поверхности, берут все листы, качество поверхности контролируется визуально без применения увеличительных приборов;
- для контроля размеров листа отбирают каждую десятую заготовку из партии;
- расслоение контролируется осмотром кромок.

При заготовительных операциях выполняют: правку листов, разметку, резку, подготовку кромок. Правку листов проводят на многовалковой листопрямительной машине, состоящей из двух горизонтальных рядов роликов равного диаметра, расположенных с одинаковым шагом. Затем повторяют контрольную операцию. Кромки подготавливают на кромкострогальном станке.

При необходимости выполняют укрупнение заготовок стенки и пояса. Для этого применяют универсальное сборочное приспособление. Заготовки

укладывают в приспособление, фиксируют их при помощи пневматических и механических прижимов. Далее выполняют прихватку и сварку заготовок с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

Таблица 4 – Параметры режима прихватки и сварки штучными электродами

Операция	Электрод	Диаметр	Ток сварки
прихватка	УОНИ 13/55	3 мм	90...100 А
сварка		4 мм	120...150 А

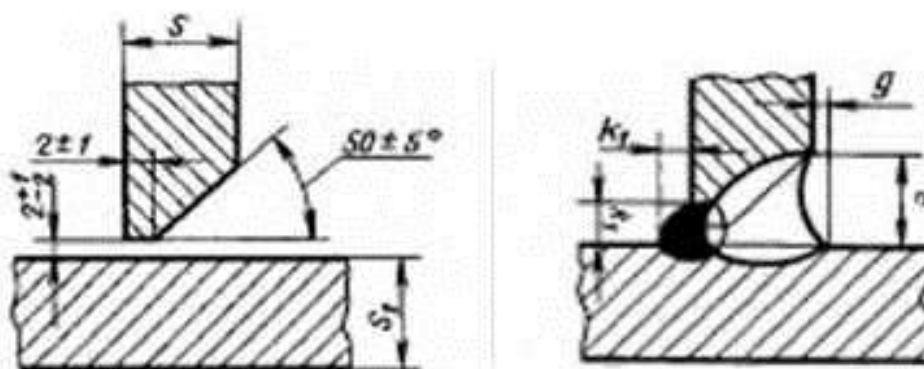


Рисунок 5 – Сварное соединение типа Т7

Таблица 5 – Параметры режима автоматической сварки под флюсом

Проволока	Диаметр проволоки	Ток сварки	Напряжение на дуге	Скорость сварки
Св-08ГА	4 мм	670...700 А	28...30 В	22...25 м/ч

Затем «пояс и стенки собирают, прихватывают ручной дуговой сваркой, и выполняют сварные швы Т7, рисунок 5, автоматической сваркой под слоем флюса. Для чего прихваченное изделие устанавливают на кантователь. Выставляют соединение в положение «в лодочку» и выполняют автоматической сваркой 4 шва протяженностью 6 м. Затем вставляют ребра жесткости и производят их приварку ручной дуговой сваркой» [13].

Сваренные и прошедшие контроль балки перемещают на участок окраски.

1.4 Применяемое для основных и вспомогательных операций технологическое оборудование

Для резки листового проката применяются ножницы с гидравлическим приводом НГ-32Г/02, представленные на рисунке 6, производства «Орегнбургский завод прессовых машин» (Россия). Эта модель ножниц позволяет производить высокоточную резку листового металла толщиной до 32 мм. Вес ножниц составляет 22 тонны.

Для подготовки сварочных кромок на листовых заготовках применяется кромкострогальная машину ВВJ-14, представленную на рисунке 7, позволяющий выполнять строгание кромок на угол $0...45^\circ$ при длине детали до 14 м.



Рисунок 6 – Ножницы гильотинные с гидравлическим приводом НГ-32Г/02



Рисунок 7 – Кромкострогальный станок ВВJ-14

Фиксирование листов относительно рабочего стола станка осуществляется при помощи гидравлических и ручных прижимов. Станок

позволяет строгать кромки в обе стороны. Перемещение каретки с инструментом обеспечивается сервоприводом постоянного тока.

Питание сварочной дуги при выполнении прихваток обеспечивается источником BRIMA ARC-250, представленный на рисунке 8а. Питание сварочной дуги при выполнении автоматической сварки под флюсом обеспечивается LAF 631, представленным на рисунке 8б.

Поскольку сварка балки предполагает выполнение швов большой протяжённости, существует необходимость выполнять кантование изделия. Для переворачивания изделия служит цепной кантователь КЦР-8, представленный на рисунке 9, производства ООО «Ситек-22» (Россия), позволяющий устанавливать изделие квадратной, прямоугольной или круглой формы в удобное для сварки положение путём поворота вокруг горизонтальной оси на любой необходимый угол.

Для выполнения сварных швов применяется сварочная головка для сварки под флюсом применяется головка А2, представленная на рисунке 10, производства «ESAB» (Швеция).



Рисунок 8 – Источники питания BRIMA ARC-250 (а) и LAF 631 (б)



Рисунок 9 – Кантователь сборочно-сварочный КЦР-8



Рисунок 10 – Сварочная головка A2 (ESAB) для автоматической сварки под флюсом

Перемещение сварочной головки относительно сварного стыка обеспечивается кареткой ВТС, представленной на рисунке 11, конструкция которой позволяет установку головки ESAB A2 Minimaster.



Рисунок 11 – Каретка линейного перемещения ESAB ВТС



Рисунок 12 – Станок для правки FMS-3280

Для правки двутавровых балок после сварки применяется станок FMS-3280, представленный на рисунке 12, который позволяет устранить грибовидность балки путём её многократной прокатки через ролики.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при изготовлении двутавровых балок строительной колонны. Во введении сформулирована цель – повышение производительности и качества сварки двутавровых балок за счёт применения прогрессивных сварочных технологий.

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

При выполнении базовой технологии сборки и сварки балки 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 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 сборки и сварки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Выбор способа сварки при построении технологии изготовления сварных конструкций играет решающую роль, так как от него зависит последовательность и режимы вспомогательных операций, состав технологического оборудования и экономические показатели эффективности проектной технологии.

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:

- 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.

Анализ свойств и толщины заготовок. Поскольку рассматриваемая сварная конструкция выполняется из стали 09Г2С, то можно сделать вывод о

применимости всех известных способов, так как свариваемость этой стали – удовлетворительная.

Толщина свариваемых заготовок составляет 6, 10, 12 и 16 мм. Для таких толщин 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.

Анализ геометрии сварных швов. Рассматриваемая сварная конструкция имеет четыре протяжённых шва длиной по 12 метров (тавровое соединение), несколько десятков швов длиной 820 мм и 40 мм (тавровое соединение) и один сварной шов длиной 820 мм (стыковое соединение) и два сварных стыка длиной 320 мм.

При выполнении длинномерных швов целесообразно применение:

- автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой;
- автоматическая сварка под флюсом;
- автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

При выполнении коротких сварных швов целесообразно применение:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема которой представлена на рисунке 13, применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. 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 [8], [16].

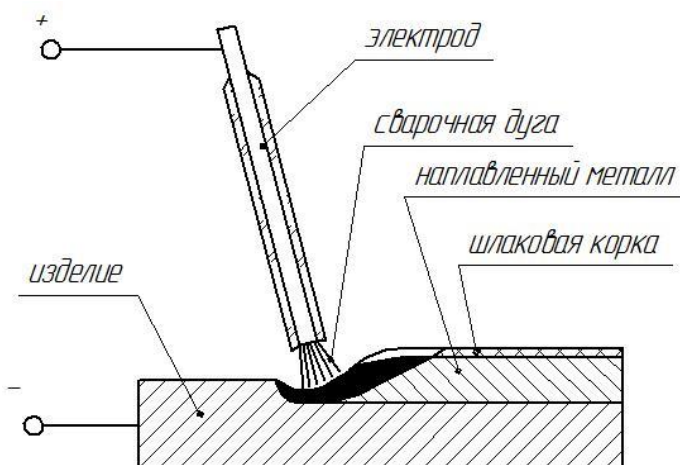


Рисунок 13 – Схема осуществления ручной электродуговой сварки штучными электродами

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 недостатком 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 которой представлена на рисунке 14, являются: высокая производительность сварки, не образуется шлаковая корка, улучшаются условия труда сварщика, возможность сварки во всех пространственных положениях.

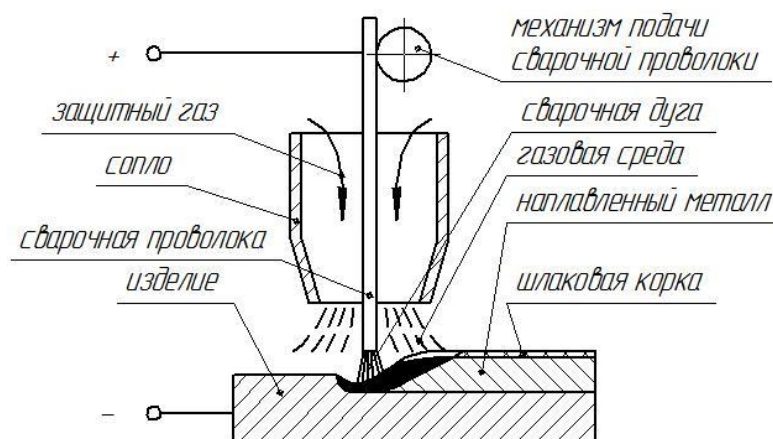


Рисунок 14 – Схема осуществления сварки в среде защитных газов

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).

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [11], [12], [21], [22], [23]. 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 представлена на рисунке 15, 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 [14], [18].

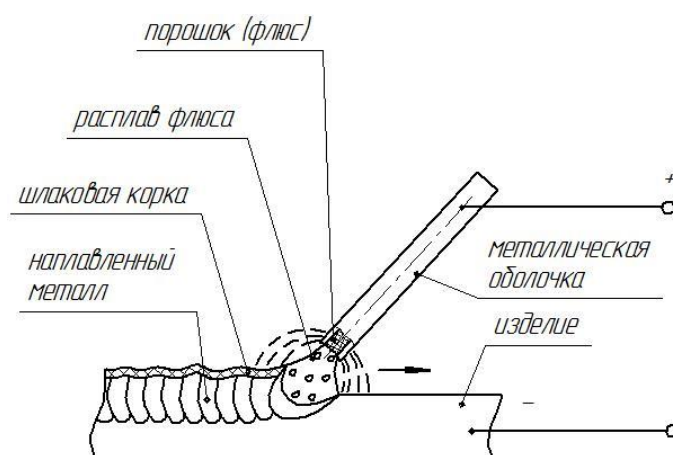


Рисунок 15 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой

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 заломками сварочной проволоки из-за её излишней мягкости, неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

При сварке под флюсом, схема которой представлена рисунке 16, в результате нагрева от горячей между изделием и проволокой сварочной дуги образуется ванна расплавленного металла, которая защищается слоем шлака (расплавленного флюса). 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.

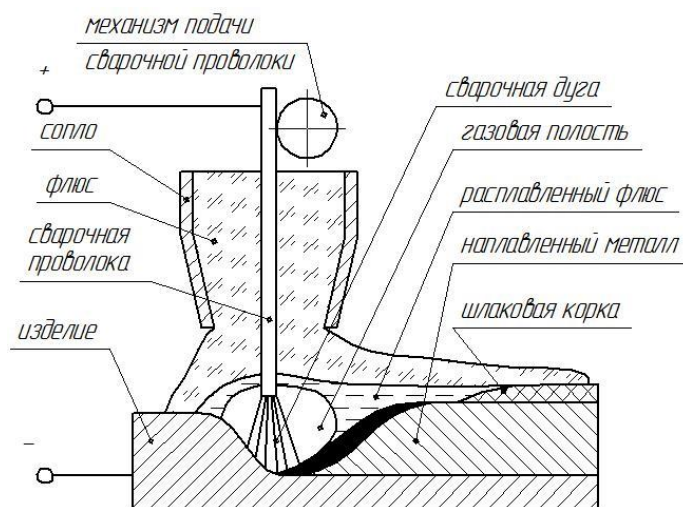


Рисунок 16 – Схема осуществления автоматической сварки под флюсом

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 Повышение эффективности сварки в защитном 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 [5].

Как показала практика использования импульсного управления сварочной дугой [20], структура сварных соединений выигрышно отличается от структуры, полученной при сварке стационарной дугой согласно рисункам 17 и 18. Горение дуги с импульсным управлением позволяет [11], [12], [21], [22], [23]:

- 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.

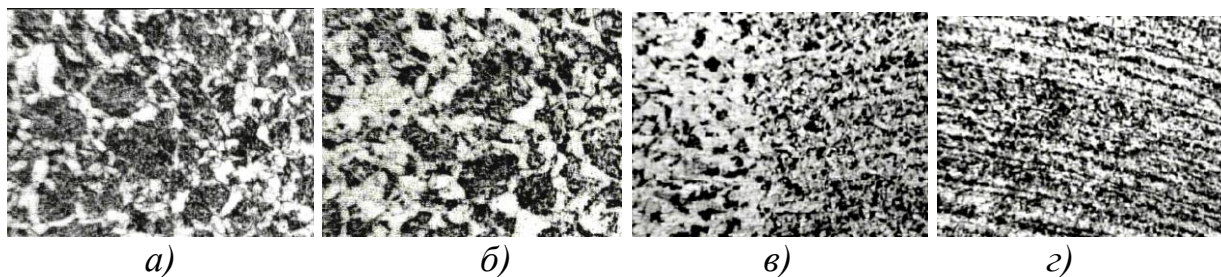


Рисунок 17 – Структура сварного соединения после стационарного режима сварки

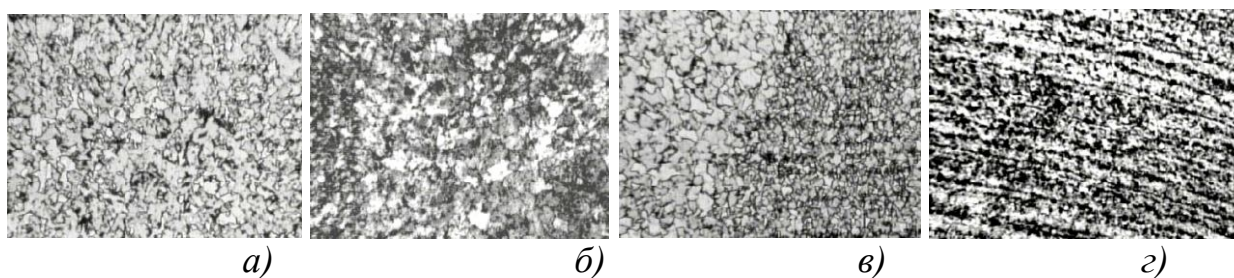


Рисунок 18 – Структура сварного соединения после импульсного режима сварки

Особенностями импульсной дуги согласно рисунку 19 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.

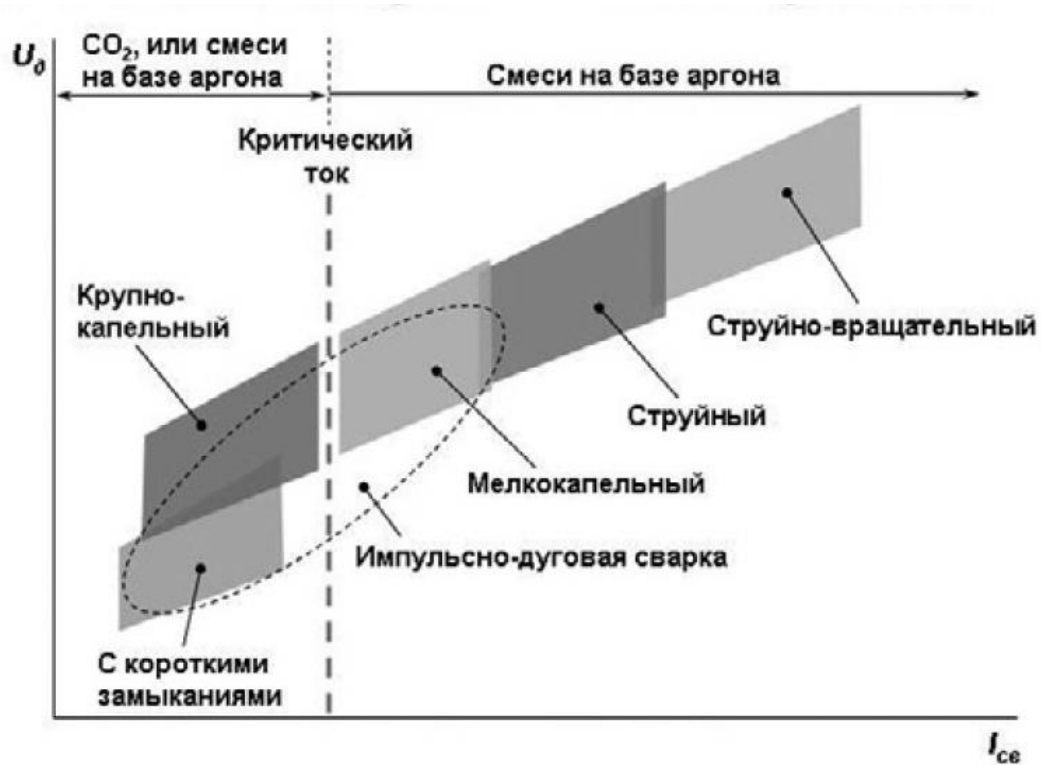


Рисунок 19 – Влияние параметров режима сварки на тип переноса металла

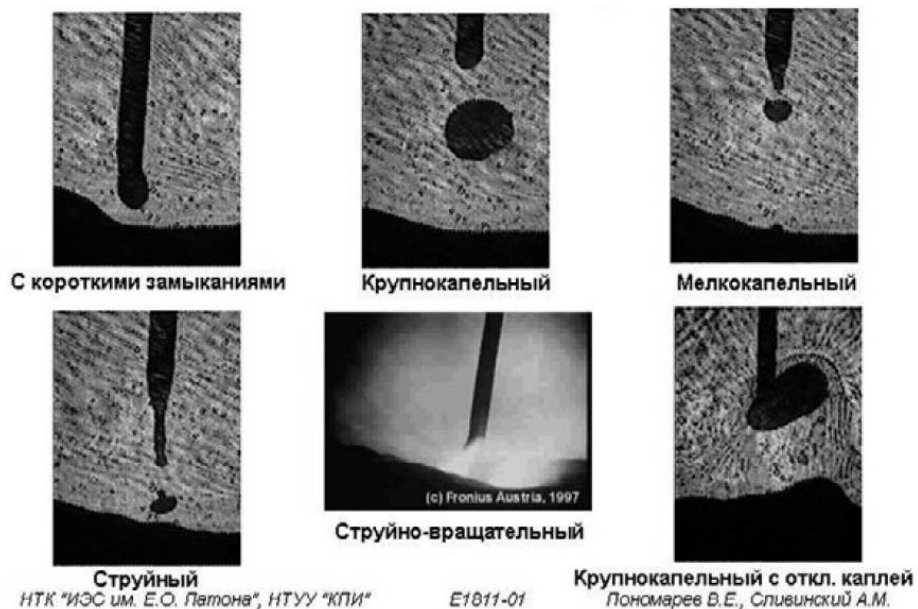


Рисунок 20 – Основные типы переноса металла при механизированной сварке

2.3 Проектная технология сварки изделия

Для защиты сварочной ванны и перегретого металла применим газовую смесь (Ar 70% + CO₂ 30%), баллоны с которой представлены на рисунке 21.

Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов. Сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными.

Для сварки механизированной сварки (выполнение прихваток и швов малой протяжённости) применяется проволока сплошного сечения диаметром 1,14 мм марки L-56 производства Lincoln Electric, показанная на рисунке 22а.

Для автоматической сварки (выполнение прямолинейных швов большой протяжённости) применим проволоку сплошного сечения Св-08Г2С диаметром 2,5 мм К-300/52 производства «Каскад ЭМ», как на рисунке 22б.

Таблица 6 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArc L-56

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -20 °С, Дж
564	468	29	54

Таблица 8 – Химический состав проволоки К-300/52

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,06...0,11 %	1,1...1,6 %	0,35...0,60 %	< 0,025 %	< 0,030 %	до 0,30 %

Таблица 9 – Механические свойства наплавленного металла проволокой К-300/52

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -20 °С, Дж
500	400	18	50



Рисунок 21 – Газовая смесь «Ar 70% + CO₂ 30%»

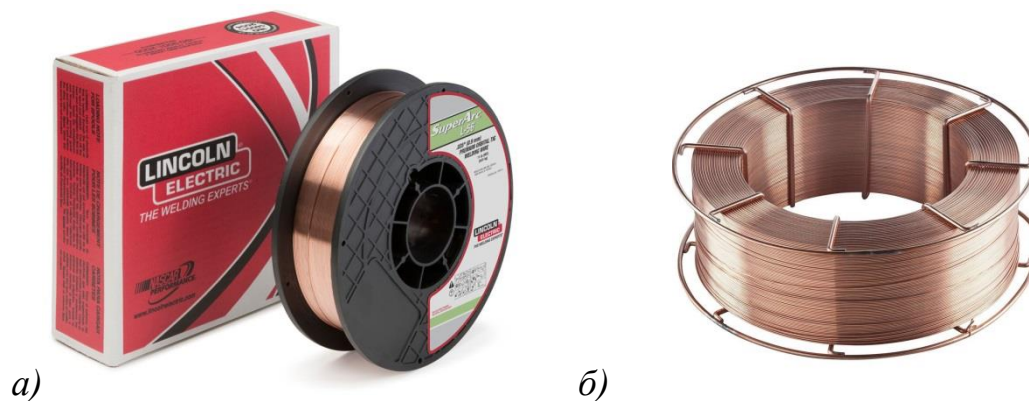


Рисунок 22 – Сварочная проволока SuperArc L-56 (а) и К-300/52 (б)

Для выполнения прихваток и сварки швов малой протяжённости применим источник питания Invertec STT-II и полуавтомат LF-33, показанными на рисунке 23. Для автоматической сварки (выполнение прямолинейных швов большой протяжённости) применяется автомат АДФГ-305, представленный на рисунке 24, источник питания Powe Wave S500, представленный на рисунке 25.



Рисунок 23 – Источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33



Рисунок 24 – Автомат для сварки плавящимся электродом в защитных газах АДФГ-305



Рисунок 25 – Источник питания для автоматической сварки в защитном газе с импульсным управлением дугой Power Wave S500

Таблица 10 – Параметры режима сварки проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Базовый ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	35...55	10...12	10...16

Таблица 11 – Параметры режима автоматической сварки проволокой К-300/52 диаметром 2,5 мм

Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа л/мин
500...550	38...42	20...30	20...25	14...16

В процессе сварки проверяется:

- режим сварки;
- последовательность наложения швов;
- размеры накладываемых слоев шва и окончательные размеры шва;
- выполнение специальных требований, предписанных ПТД;
- наличие клейма сварщика на сварном соединении после окончания сварки.

Контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится:

- внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100 %;
- неразрушающими методами (радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией) в объеме не менее 0,5 % длины швов. Увеличение объема контроля неразрушающими методами или контроль другими методами проводится в случае, если это предусмотрено чертежами КМ или НТД (ПТД).

Результаты контроля качества сварных соединений стальных конструкций должны отвечать требованиям нормативной документации. Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных

дефектов следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5...10-кратным увеличением. При внешнем осмотре качество сварных соединений конструкций должно удовлетворять требованиям согласно таблице 12. Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений конструкций не допускаются и должны быть устранены с последующей заваркой и контролем.

Контроль швов сварных соединений конструкций неразрушающими методами следует проводить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром. Выборочному контролю швов сварных соединений, качество которых согласно проекту требуется проверять неразрушающими физическими методами, должны подлежать участки, где наружным осмотром выявлены дефекты, а также участки пересечения швов. Длина контролируемого участка не менее 100 мм.

Таблица 12 – Нормы оценки качества сварных соединений по результатам внешнего осмотра

Элементы соединений, дефекты	сварных наружные	Требования к качеству, допустимые размеры дефектов
Поверхность шва		Равномерно-чешуйчатая, без прожогов, наплывов, сужений и перерывов. Плавный переход к основному металлу
Подрезы		Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 1 мм
Дефекты удлиненные и сферические одиночные		Глубина до 10% толщины свариваемого проката, но не более 3 мм. Длина – до 20% длины оценочного участка
Дефекты удлиненные сферические в виде цепочки или скопления		Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 2 мм. Длина — до 20% длины оценочного участка. Длина цепочки или скопления – не более удвоенной длины оценочного участка
Дефекты (непровары, цепочки и скопления пор) соседние по длине шва		Расстояние между близлежащими концами — не менее 200 мм
Непровары, цепочки наружных дефектов	несплавления, скопления	Не допускаются

Расстояние между дефектами должно быть не менее удвоенной длины оценочного участка. В соединениях, доступных сварке с двух сторон, а также в соединениях на подкладках суммарная площадь дефектов (наружных, внутренних или тех и других одновременно) на оценочном участке не должна превышать 5 % площади продольного сечения сварного шва на этом участке. В соединениях без подкладок, доступных сварке только с одной стороны, суммарная площадь всех дефектов на оценочном участке не должна превышать 10 % площади продольного сечения сварного шва на этом участке. Сварные соединения, контролируемые при отрицательной температуре окружающего воздуха, следует просушить нагревом до полного удаления замерзшей воды.

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 (источники Invertec STT-II и Powe Wave S500).

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 сварочных работ при изготовлении сварных балок и колонн. Проектная технология предусматривает применение механизированной и автоматической сварки в смеси защитных газов. 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 стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций согласно таблице 13: входной контроль (для выполнения операции применяются мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); заготовительная операция (для выполнения операции применяются гибочные семивалковые вальцы, шаблоны, чертилка, ножницы гильотинные, установка плазменной резки, кромкострогальный станок); укрупнение заготовок стенки и полок (для выполнения операции применяются универсальная сварочная оснастка, струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); сварка полок со стенкой (для выполнения операции применяются универсальная сборочная оснастка,

сварочный автомат, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ); контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп).

Таблица 13 – 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 для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) заготовительная операция	Слесарь-сборщик	гибочные семивалковые вальцы, шаблоны, чертилка, ножницы гильотинные, установка плазменной резки, кромкострогальный станок	Рукавицы
3) укрупнение заготовок стенки и полок	Электросварщик	универсальная сварочная оснастка, струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, зачистная машинка	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) сварка полок со стенкой	Электросварщик	универсальная сборочная оснастка, сварочный автомат, сварочный источник питания	Рукавицы сварочная проволока, защитный газ,
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп	Кисточка, масло

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 согласно таблице 14. 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 14 – 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	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none">- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	<ul style="list-style-type: none">- мостовой кран;- острые кромки изделия;- инструменты
2) заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none">- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	<ul style="list-style-type: none">- гильотинные ножницы;- станок кромкострогальный

Продолжение таблицы 14

1	2	3
<p>3) укрупнение заготовок стенки и полок</p>	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
<p>4) сварка полок со стенкой</p>	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сборочная оснастка; - сварочный автомат; - сварочный источник питания; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
<p>5) контроль качества</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - 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 	<p>Ультразвуковой дефектоскоп</p>

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 15 – 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	-

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 16, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения согласно таблицы 17.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 16 – 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 сборки и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 17 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблицы 18.

Таблица 18 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки балок и колонн (механизированная и автоматическая сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

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 таблицы 19 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблицы 20.

Таблица 19 – 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 балки (механизованная и автоматическая сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 20 – 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.

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 сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки балки с применением механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения 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 сварки двутавровых балок и колонн за счёт применения современных достижений сварочной науки в области управления горением дуги и переносом электродного металла. 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 (источники Invertec STT-II и Powe Wave S500).

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки и сварки под слоем флюса. Проектный вариант технологии предполагает использование сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения (механизированной – для сварки швов малой длины и автоматической – для сварки протяжённых швов).

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.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблицы 21.

Таблица 21 – 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 - отчислений на дополнительную заработную плату - отчислений на социальные нужды - выполнения нормы	$K_{доп}$	%	12	12
	$K_{д}$	-	1,88	1,88
	$K_{сн}$	%	34	34
	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	1500000	2400000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : - норма амортизации оборудования - коэффициент транспортно-заготовительных расходов - коэффициент затрат на монтаж и демонтаж - стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$На$	%	21,5	21,5
	$K_{т-з}$	%	5	5
	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
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	$E_{\text{н}}$	-	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 согласно таблицы 21: 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:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) 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 $B = 7 \%$:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) 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 $t_{п-з}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{п-з}. \quad (3)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 3,9 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 6,8 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 1,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3,2 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$П_{Г.баз.} = 2054 / 6,8 = 302 \text{ балки за год};$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054 / 3,2 = 641 \text{ балки за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г}=100$ изделий 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 $K_{вн} = 1,03$):

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

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{6,8 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,32, \quad n_{РАСЧ.ПП} = \frac{3,2 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,15.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) 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:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

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

$$K_{3б} = 0,33/1 = 0,32,$$

$$K_{3п} = 0,15/1 = 0,15.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При автоматической сварке под флюсом расходными материалами будут сварочная проволока и флюс. При автоматической и механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитная смесь газов 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:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{T-3}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 550 \cdot 1,05 = 6353 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 11 \cdot 470 \cdot 1,05 + 130 \cdot 7 \cdot 1,05 = 6384 \text{ руб.}$$

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:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 6,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 2557 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3,2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1203 \text{ руб.}$$

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 ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2557 \cdot 12 / 100 = 307 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 1203 \cdot 12 / 100 = 144 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{базов.} = 2557 + 307 = 2864 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 1203 + 144 = 1347 \text{ руб.}$$

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

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{сс_{баз.}} = 2864 \cdot 34 / 100 = 974 \text{ руб.},$$

$$O_{сс_{проектн.}} = 1347 \cdot 34 / 100 = 458 \text{ руб.}$$

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

$$З_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $Ц_{об}$, нормы амортизации N_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ с использованием зависимости:

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

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 1500000 \cdot 21,5 \cdot 6,8 / 2054 / 100 = 1067 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 2400000 \cdot 21,5 \cdot 3,2 / 2054 / 100 = 804 \text{ руб.}$$

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

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{KПД} \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{э-э баз}} = 6,8 \cdot 5 \cdot 3,2 / 0,7 = 147 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{э-э пр}} = 3,2 \cdot 8 \cdot 3,2 / 0,85 = 91 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 1067 + 147 = 1214 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 804 + 91 = 895 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\PhiЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ согласно таблицы 22:

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

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 6353 + 2864 + 974 + 1214 = 11405 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6384 + 1347 + 458 + 895 = 9048 \text{ руб.}$$

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:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 11405 + 1,5 \cdot 2557 = 11405 + 3836 = 15241 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 9048 + 1,5 \cdot 1203 = 9048 + 1805 = 10889 \text{ руб.}$$

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:

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

Таблица 22 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	<i>M</i>	6353	6384
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	2864	1347
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	974	458
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1214	895
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	11405	9048
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	3836	1805
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	15241	10889
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	2941	1383
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	18182	12272

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 15241 + 1,15 \cdot 2557 = 15241 + 2941 = 18182 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 10889 + 1,15 \cdot 1203 = 10889 + 1383 = 12272 \text{ руб.}$$

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 $Ц_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (17)$$

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

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 1500000 - (1500000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 855000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 855000 \cdot 0,32 = 273600 \text{ руб.}$$

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 $K_{\text{соп.}}$:

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

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

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об. пр.}} = 2400000 \cdot 1,05 \cdot 0,15 = 378000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (21)$$

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:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}} \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} \quad (23)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 1500000 \cdot 0,05 = 75000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 2400000 \cdot 0,05 = 120000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 75000 + 120000 = 195000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 378000 + 195000 = 573000 \text{ руб.}$$

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:

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

$$K_{\text{доп}} = 573000 - 273600 = 299400 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $П_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{П_{\text{Г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 273600/10 = 2736 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удПроектн.}} = 573000/100 = 5730 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПр}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{6,8 - 3,2}{6,8} \cdot 100\% = 53\%$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 53}{100 - 53} = 113\%$$

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

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{тех} = \frac{11405 - 9084}{11405} \cdot 100\% = 20\%$$

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

$$\text{Пр}_{ож.} = \text{Э}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot \Pi_T \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (18182 - 12272) \cdot 100 = 591000 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{y.g.}} \quad . \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{ок} = \frac{299400}{591000} = 0,5$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{y.g.} - E_n \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_г = 591000 - 0,33 \cdot 299400 = 492198 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии сборки и сварки балки 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 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).

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения (механизированной – для сварки швов малой длины и автоматической – для сварки протяжённых швов).

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 53 %, повышение производительности труда на 113 %, уменьшение технологической себестоимости на 20 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 0,6 млн. рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,5 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 производительности и качества сварки двутавровых балок и колонн за счёт применения прогрессивных сварочных технологий.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки балки 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.

Для повышения эффективности сварки предложено применять импульсное управление горением дуги (источники Invertec STT-II и Powe Wave S500).

Изучение особенностей 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 0,5 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы. Её результаты следует внедрить в производство.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов В. А. Совершенствование сварных металлических балочных конструкций // Вестник МГСУ. 2009. № 11. С. 160–162.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М : Машиностроение, 1986. 172 с.
4. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
5. 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.
6. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
7. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.
8. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие / С. М. Белинский, А. Ф. Гарбуль, В. Г. Гусаковский [и др.]; под ред. В. В. Смирнова. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
9. Пермяков М. Б., Чернышова Э. П., Кришан А. Л. Актуальные проблемы строительства: монография. Магнитогорск, 2013. 139 с.
10. Пермяков М. Б., Мышинский М. И. Повышение длительных эксплуатационных свойств металла зон сварных тавровых соединений большепролётных подкрановых балок // European Science. № 2. С. 17–20.
11. 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.

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

13. РД 34.15.132 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов

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

15. 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.

16. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М. : Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

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

18. 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.

19. Chernyshova E. P., Permyakov M. B. Architectural Town-Planning Factor and Color Environment // World Applied Sciences Journal. 2017. № 7. P. 371–384.

20. Coules H.E., Colegrove P., Cozzolino L. D. High pressure rolling of low carbon steel weld seams: Part 2 - Roller geometry and residual stress // Science & Technology of Welding & Joining. 2013. № 1. P. 84–90.

21. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

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

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

24. Wilson D. V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // *Acta Metallurgica*. 1970. Vol. 18. P. 1197–1208.