

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления двутавровой балки

Студент

Р.И. Сагидуллин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Выполнение сварочных работ с применением прогрессивных технологий даёт такие положительные эффекты, как повышение производительности труда и качества продукции. При выполнении сварных соединений в процессе производства узлов балок могут применяться разные способы сварки. Несмотря на внедрение высокопроизводительных механизированных и автоматизированных способов сварки ручная дуговая сварка штучными электродами продолжает составлять существенную часть от общего объёма выполнения сварочных работ при производстве сварных балок.

Цель выпускной работы – повышение качества и производительности при сборке и сварке двутавровой балки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы решены следующие задачи: 1) выбрать сварочные материалы для указанных способов сварки; 2) назначить параметры режима сварки; 3) составить карту технологического процесса; 4) подобрать оборудование для сварки изделия.

В проектном варианте технологии для выполнения протяжённых швов предложено использовать автоматическую сварку под флюсом. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов и с большей производительностью.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,5 млн. рублей.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при сборке и сварке подкрановых балок.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса сварки двутавровых балок	6
1.1 Описание изделия и условий его работы	6
1.2 Сведения о материале изделия	8
1.3 Обоснование способа сварки	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	14
2 Проектная технология сварки двутавровой балки	15
2.1 Выбор сварочных материалов	15
2.2 Назначение параметров режима сварки	16
2.3 Описание операций технологического процесса сварки изделия	17
2.4 Описание технологического оборудования	20
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	25
3.1 Технологическая характеристика объекта	25
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	26
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	27
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	28
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	30
3.6 Заключение по разделу	31
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	32
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	32
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	34
4.3 Расчет штучного времени	35
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки ...	39
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому	

и проектному вариантам	44
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	48
Заключение по экономическому разделу	51
Заключение	52
Список используемой литературы	53

Введение

Балки нашли применение в составе многих сварных конструкций (рамные, мостовые краны, строительные конструкции) и, как элементы этих конструкций, работают в основном на поперечный изгиб и передают действующую на балку нагрузку; в некоторых конструкциях балки работают на косоу изгиб, на кручение или могут передавать продольные усилия.

Балки бывают прокатные и составные. Составные балки (преимущественно сварные) применяют, когда прокатные балки не удовлетворяют условиям прочности, жесткости и устойчивости или когда применение прокатных балок влечет за собой значительный перерасход металла.

Выполнение сварочных работ с применением прогрессивных технологий даёт такие положительные эффекты, как повышение производительности труда и качества продукции. При выполнении сварных соединений в процессе производства узлов балок могут применяться разные способы сварки. Поэтому выбор для сборки и сварки балок передовых технических решений является актуальным.

Несмотря на внедрение высокопроизводительных механизированных и автоматизированных способов сварки ручная дуговая сварка штучными электродами продолжает составлять существенную часть от общего объёма выполнения сварочных работ при производстве сварных балок. Поскольку манипуляции электродом выполняются сварщиком, производительность ручной дуговой сварки крайне мала и не соответствует требованиям современного производства. Также следует отметить малую стабильность качества сварки, которая в большой степени определяется мастерством и добросовестностью сварщика.

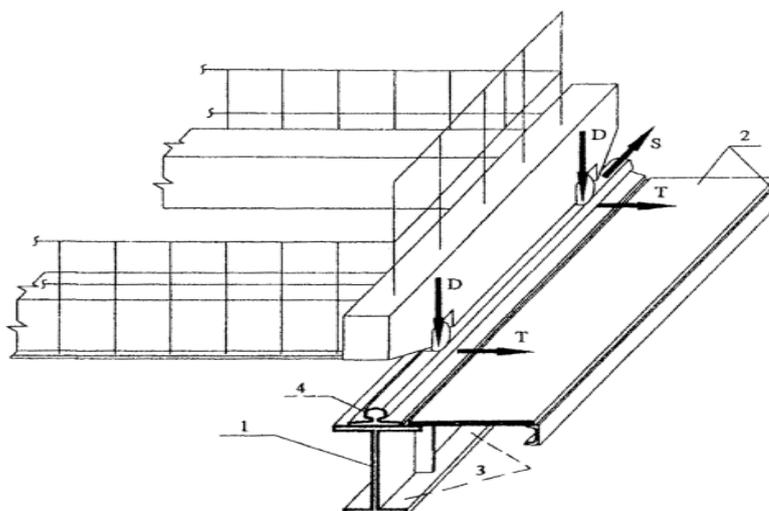
Исходя из этого, актуальной следует признать настоящую выпускную квалификационную работу. Цель выпускной работы – повышение качества и производительности при сборке и сварке двутавровой балки.

1 Состояние вопроса сварки двутавровых балок

1.1 Описание изделия и условий его работы

Подкрановые конструкции под мостовые опорные краны состоят из опорных подкрановых балок, тормозных балок, связей, узлов крепления подкрановых конструкций и крановых рельсов.

Основным несущим элементом подкрановой конструкции является – подкрановые балки, которые могут быть различными по своей конструктивной форме. Подкрановая балка является несущим элементом, воспринимающим вертикальные нагрузки от кранов, а так же одновременно прикладываемые максимальные поперечные горизонтальные усилия. На балку крепится крановый рельс, обеспечивающий движение крана. Нагрузки от крана передаются на подкрановую конструкцию через колеса (катки) крана, расположенные на концевой балке кранового моста (рис. 1).



1 - подкрановая балка; 2 - тормозная конструкция; 3 - связи; 4 - рельс с креплениями

Рисунок 1.1 – Состав подкрановой конструкции

Наиболее часто применяются сплошные подкрановые балки как неразрезные так и разрезные. Работа подкрановых конструкций происходит в очень тяжелых условиях: вертикальное давление катков мостовых кранов Р

достигает весьма больших значений (600...800 кН) и прикладывается в виде движущейся, сосредоточенной силы, что требует обеспечения повышенной надежности всей верхней части балки. При торможении тележки, а так же из-за перекосов моста крана при движении, не параллельности крановых путей и других причин возникают существенные горизонтальные поперечные воздействия, для восприятия которых устраивают специальную горизонтальную тормозную балку.

Приложение вертикальных и горизонтальных сил от кранов носит динамический характер и частота сопровождается рывками и ударами. Все это требует особого внимания к расчету и конструированию подкрановых конструкций; в противном случае в них могут быстро появиться повреждения в виде усталых трещин, расстройств соединений, расшатывания узлов, приводящие к нарушению нормальной эксплуатации.

Кроме выпуска обычных стальных балок металлургическая промышленность выпускает и балки с параллельными полками, что позволяет сэкономить до 15% металла при той же прочности. Кроме экономии металла и снижении стоимости самой балки, снижаются стоимость изготовления и монтажа металлических конструкций.

Таблица 1.1 – Технические данные подкрановой балки

Профиль	Сечение	Марка стали	Длина пролета балки (м)	Интенсивность распределения. Нагрузки (м)	Расстояние между осями тележки	Максим. Вес крана	Крановый рельс
Двутавр	Постоянное	С390 ГОСТ 27772-88	18 м	3,5 кН/м	3,5 м	15 т	КР-120 ГОСТ 4121-96

Составные балки изготавливают из нескольких прокатных или гнутых профилей и главным образом двутаврового или коробчатого сечения. Согласно техническому заданию балка выполнена из стали С390 и её длина составляет 18 метров.

1.2 Сведения о материале изделия

Сварная конструкция выполняется из стали С390. Это сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества для выполнения строительных конструкций. Отечественный производитель проката в состоянии поставлять листы стали С390 толщиной 16...100 мм. Химический состав стали и её механические свойства приведены в таблицах 1.2 и 1.3.

Согласно проведённым исследованиям структуры и свойств сварных соединений стали С390 [10], в исходном состоянии эта сталь имеет ферритно-перлитную структуру, в которой структурно-свободный феррит распределён по объёму аустенитного зерна. В процессе сварки скорость охлаждения оказывает существенное влияние на структуру и твёрдость металла зоны термического влияния (рис. 1.2).

Таблица 1.2 – Содержание химических элементов в стали С390 согласно ГОСТ 27772-88

С	Mn	Cr	Si	Cu	V	N	Ni	S	P
до 0.18	1.2 - 1.6	до 0.4	до 0.6	до 0.3	0.07 - 0.12	0.015 - 0.025	до 0.3	до 0.04	до 0.035

Таблица 1.3 – Механические свойства стали С390 при температуре 20 °С

Сортамент	Размер	σ_B	σ_T	δ_5
Лист	4...50 мм	540 МПа	390 МПа	20 %

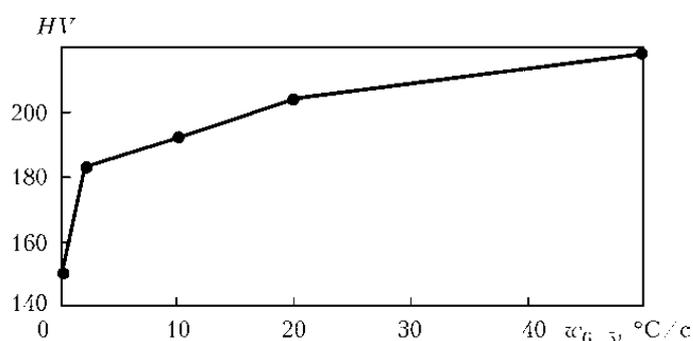


Рисунок 1.2 – Твёрдость металла ЗТВ в зависимости от скорости охлаждения сварных соединений

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла (табл. 1.4). Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

Стойкость против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

Таблица 1.4 – Механические свойства металла сварных соединений стали С390 при сварке образцов толщиной 20 мм различными способами

Способ сварки	Условие сварки	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %
РДС	УОНИ 13/55	497	596	29	75
МАГ	Св-08Г2С, CO ₂	522	601	27	71
МАГ	Megafil 821R, CO ₂	491	605	27	62

В зоне термического влияния у стали С390 обнаружены нежелательные крупнозернистые структуры, высокие остаточные макро- и микронапряжения. Вследствие обнаруженных нежелательных структурных изменений сварные соединения этих сталей обладают пониженными механическими и эксплуатационными свойствами. В результате возникновения остаточных напряжений происходит ускорение коррозионных процессов в металле шва по сравнению с основным металлом. Остаточные напряжения могут стать причинами возникновения трещин, повышают склонность конструкции к хрупким разрушениям, увеличивают скорость протекания коррозионных процессов с металле сварного шва и околошовной зоне по сравнению с основным металлом.

1.3 Обоснование способа сварки

Задача по выбору способа сварки решается разработчиком технологии исходя из конкретных производственных условий, в которых будет изготавливаться сварная конструкция. Можно выделить ряд общих критериев выбора, руководствуясь которыми разработчик технологии может выделить группу из нескольких практически равнозначных способов сварки из которых, в дальнейшем, выберет один, наиболее подходящий для конкретных условий производства на предприятии.

При выборе способа сварки необходимо принимать во внимание результаты конструктивно-технологического анализа сварной конструкции. При этом анализ применимости того или иного способа сварки ведётся с использованием основных критериев, к которым следует отнести:

- свойства материала, из которого изготавливается рассматриваемая сварная конструкция;
- толщина материала, из которого изготавливается рассматриваемая сварная конструкция;
- характеристика сварных швов в рассматриваемом изделии – их положение в пространстве, протяжённость и конфигурация;
- предпочтение при выборе способа следует отдавать способам сварки, позволяющим механизировать и автоматизировать выполнение основных операций, при этом следует рассмотреть соответствие степени механизации способа сварки условиям производства сварной конструкции;
- преимущества и недостатки рассматриваемых способов сварки.

Анализируя химическую активность материала сварной конструкции делаем вывод, что металл не обладает высокой химической активностью. Поэтому можно применить практически все известные способы сварки.

Критерий толщины материала также является весьма веским при выборе способа сварки. Для толщины материала изделия (до 20 мм) могут быть применены не все способы сварки. В частности, следует подробнее

рассмотреть: ручную дуговую сварку, механизированную и автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварку порошковой самозащитной проволокой, автоматическую сварку под флюсом.

Такие факторы как протяжённость, конфигурация и положение швов в пространстве также оказывают значительное влияние на выбор способа сварки. На рассматриваемой конструкции выполняются как относительно короткие (порядка 500 мм), так и длинные (до 18 м) сварные швы. Исходя из этого, для выполнения сварной конструкции могут применены такие способы сварки, как: ручная дуговая сварка, механизированная и автоматическая сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка порошковой самозащитной проволокой, автоматическая сварка под флюсом.

Теперь анализируем соответствие степени механизации выделенных способов сварки условиям производства сварной конструкции, указанным в задании на проектирование. При выполнении этого этапа анализа следует учитывать следующее:

- автоматические способы сварки наиболее рационально использовать в массовом и крупносерийном производстве, или в серийном производстве при выпуске однотипной продукции;

- для мелкосерийного, единичного или ремонтного производства рациональным является применение механизированных и ручных способов сварки;

- автоматические способы сварки наиболее приемлемы для сварки в заводских условиях и условиях производственных баз;

- в монтажных условиях предпочтительным является применение ручных или механизированных способов сварки.

Таким образом, с учетом результатов анализа в 1 разделе, мелкосерийное производство, выбираем ручную сварку для прихваток, выполнения швов малой протяженности и автоматический способ сварки для швов большой протяженности – 18 м.

При проведении процесса ручной дуговой сварки металл свариваемого изделия и сварочный электрод выступают анодом и катодом. Сварочным электродом является металлический стержень, который покрыт слоем особого состава (обмазка электрода). Назначение такого покрытия – стабилизировать сварочную дугу, защищать и легировать расплавленный металл сварочной ванны. Существует четыре вида покрытия [9]: основное, целлюлозное, рутиловое и кислое.

Металл сварного шва является закристаллизовавшимся металлом сварочной ванны. Он состоит из смеси основного металла и электродов. Физико-химические характеристики металла шва зависят от правильности выбора технологии сварки, от качества проведения сварочных операций, правильного выбора режимов и проведения операции термической обработки сварного шва.

Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая сварка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы сварки. Первым таким недостатком является малая производительность сварочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества сварки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса сварки и потери электродного металла на огарки [7, 8].

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ [12, 13, 14]. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

Механизованная сварка в защитных газах обладает следующими преимуществами: 1) относительная простота оборудования и его малая стоимость (если не принимать во внимание интеллектуальные источники

питания); 2) возможность получения для сварочной ванны хорошей газовой защиты (при условии отсутствия осадков и ветра); 3) высокая производительность на форсированных режимах.

Механизированная сварка в среде активных газов имеет и недостатки. Первым недостатком является необходимость использования механизма подачи проволоки, стабильность работы которого существенно сказывается на качестве сварных соединений [15, 16]. Вторым недостатком, существенно снижающим мобильность сварщика, является необходимость использования газовых баллонов. Третьим недостатком является повышенное разбрызгивание электродного металла, которое увеличивается при переходе на форсированные режимы сварки, что существенно ограничивает производительность этого способа сварки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость [5, 6].

При сварке под флюсом горение сварочной происходит между сварочным электродом и наплавляемым изделием. При этом на поверхности изделия образуется ванночка расплавленного металла. Сам участок горения дуги покрыт толстым слоем сыпучего флюса. Под действием дуги происходит частичное расплавление флюса, в нём образуется полость с эластичной оболочкой из шлака, в которой и горит сварочная дуга. Слой расплавленного шлака защищает жидкий и перегретый металл от контакта с воздухом, устраняет разбрызгивание электродного металла, сохраняет тепло сварочной дуги.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Несмотря на внедрение высокопроизводительных механизированных и автоматизированных способов сварки ручная дуговая сварка штучными электродами продолжает составлять существенную часть от общего объема выполнения сварочных работ при производстве сварных балок. В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества и производительности при сборке и сварке двутавровой балки.

Во введении выполнен краткий обзор состояния вопроса и доказательство актуальности темы выпускной квалификационной работы. Сформулирована цель выпускной квалификационной работы.

Базовая технология сварки изделия с применением ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки: 1) Ручной труд сварщика и вследствие этого низка производительность выполняемых работ; 2) Существенная трудоемкость при сборке и сварке изделия; 3) Потери электродного металла и времени на смену электрода; 4) Низкая стабильность качества.

В ходе анализа возможных способов сварки рассмотрены преимущества и недостатки таких способов, как ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка самозащитной порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом. Принято решение для выполнения коротких швов использовать ручную дуговую сварку, а длинные швы выполнять с применением автоматической сварки под флюсом.

Для достижения поставленной цели следует устранить указанные недостатки, что может быть выполнено при решении следующих задач:

- 1) выбрать сварочные материалы для указанных способов сварки;
- 2) назначить параметры режима сварки;
- 3) составить карту технологического процесса;
- 4) подобрать оборудование для сварки изделия.

2 Проектная технология сварки двутавровой балки

2.1 Выбор сварочных материалов

При выполнении выбора сварочных материалов необходимо учитывать следующие факторы:

- особенности проведения выбранного способа сварки с учётом специфики рассматриваемой сварной конструкции;
- содержание химических элементов в металле свариваемой конструкции и их влияние на свариваемость различными способами;
- условия, при которых предполагается эксплуатация сварной конструкции (температура эксплуатации, действие коррозионно активных сред, наличие избыточного давления, и т.п.).

Для коротких швов выбрана ручная дуговая сварка штучными электродами выбираем для стали С390 электроды УОНИ-13/55.

Выбранный способ сварки для выполнения протяженных швов - автоматическая под слоем флюса. Для выбранного способа сварки применяют следующие виды сварочных материалов: флюс, проволока электродная.

Выбор сварочной проволоки должен проводиться таким образом, чтобы обеспечить равнопрочность сварного шва и основного металла, при этом необходимо стремиться к тому, чтобы их химический состав совпадал. В зависимости от стали по ГОСТ 2246 используем проволоку равноценную основному металлу по химическому составу, в данном случае для стали С390 применяем проволоку Св-08ГА и флюс АН-348А

Проволока выпускается диаметром: 2,0, 3,0, 4,0 и 5,0 мм. Обработка поверхности без покрытия, омедненная, полированная, химически полированная проволока. Для защиты применяют флюс: АН-348А, АН-348АМ, АН-60П. Ток постоянный обратной полярности.

Флюс сварочный АН-348А предназначен для механизированной сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей, нелегированной и низколегированной проволокой марок СВ-08, СВ-08ГА, S1, S2 при температурах эксплуатации конструкций до – 40°С. Флюс с содержанием Fe₂O₃ на верхнем пределе 2-2,5% рекомендуется только для сварки кремний- и марганцесодержащими проволоками.

Таблица 2.1 – Химический состав наплавленного металла

С	Si	Mn	S	P
Менее 0,10	Менее 0,03	0,35-0,60	Менее 0,20	Менее 0,020

Таблица 2.2 – Механические свойства наплавленного металла

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	630
Относительное удлинение, %, не менее	23
Предел текучести, МПа, не менее	580
Минимальное среднее значение твердости, Нv	195

2.2 Назначение параметров режима сварки

Прежде чем выбирать значения параметров режима сварки, нужно определиться с набором параметров режима сварки. Набор параметров режима сварки зависит главным образом от выбранного способа сварки.

Для коротких швов выбрана ручная дуговая сварка штучными электродами следующие параметры режима:

1. Диаметр электрода (вид покрытия);
2. Род, полярность тока
3. Сила сварочного тока

Для электродов УОНИ-13/55 выбираем сварку на постоянном токе обратной полярности. Диаметр электрода принимаем 3 мм для прихваток и 4 мм для сварных швов.

Сила тока для диаметра 3 мм принимаем 90-110 А, для диаметра 4 мм 120-150 А.

Перечень параметров режима сварки для автоматической сварки под слоем флюса:

1. Диаметр электродной проволоки;
2. Род, полярность тока
3. Номер слоя шва;
4. Сила сварочного тока;
5. Напряжение дуги;
6. Скорость подачи электродной проволоки;
7. Скорость сварки;
8. Высота флюса в зоне сварки;
9. Вылет электрода.

Для толщины свариваемого металла, по данным литературы определим диаметр проволоки 4 мм. Ток выберем переменный. Сила тока 670...700 А, напряжение на дуге 18...23 В, скорость 50...55 см/мин.

Поскольку материал изделия обладает хорошей свариваемостью, при сварке рассматриваемой конструкции применять предварительный подогрев нецелесообразно.

2.3 Описание операций технологического процесса сварки изделия

Для изготовления балки закупаем листовой металл. Проводим входной контроль металла. Проверяется листовой металл на наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя, производится осмотр металла на выявление повреждений.

Затем на заготовительном участке производят заготовку комплектующих для балки. Режем заготовки для поясов и стенки, а также ребра жесткости. Готовые детали балки контролируются на соответствие

требованиям чертежа, притупляются у них острые кромки и они перемещаются на операцию сборки и сварки.

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).

Заготовки пояса и стенки укрупняют на универсальном сборочном приспособлении. Их прихватывают, и выполняют сварные швы ручной дуговой сваркой.

Затем пояс и стенки собирают, прихватывают ручной дуговой сваркой, и выполняют сварные швы Т8, автоматической сваркой под слоем флюса. Для чего прихваченное изделие устанавливают на кантователь КЦР-12. Выставляют соединение в положение «в лодочку» и выполняют автоматической сваркой 4 шва протяженностью 18 м. Затем вставляют ребра жесткости и производят их сварку ручной дуговой сваркой.

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 СНиП 3.03.01-87. 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 табл. 2.3. 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.

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.

Таблица 2.3 – 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 и скопления наружных дефектов	несплавления,	Не допускаются

2.4 Описание технологического оборудования

Для резки листового металлопроката толщиной 8 мм и 12 мм, длина листов 6000 мм предлагаю ножницы гильотинные серии TSV компании Weinbrenner Maschinenbau GmbH (Германия). Модель выбираем 20/6050. Она обеспечивает резку металла толщиной до 20 мм и длиной листа 6000 мм. Вес ножниц 90 тонн.



Рисунок 2.1 – Ножницы гидравлические Weinbrenner TSV 20/6050

Кромкострогальный станок выбираем 7808 (рис. 2.2). Такие станки предназначены для обработки методом строгания горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей кромок листов, пакетов листов и других длинномерных изделий из черных и цветных металлов.



Рисунок 2.2 – Кромкострогальный станок

Листы прижимаются к столу гидравлическими и ручными прижимами. Конструкция механизма подачи листа станка 7808 обеспечивает механизированную подачу листа в зону обработки и параллельность поверхностей противоположных кромок при обработке листа. Каретка станка 7808 с двумя суппортами обеспечивает строгание в обе стороны. Привод каретки осуществляется от электродвигателя постоянного тока.

Направляющие качения узлов каретка-станина обеспечивают минимальные потери мощности и длительное сохранение точности станка.

Для питания сварочной дуги выбираем источник BRIMA ARC-250 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Источник питания BRIMA

При сварке протяженных швов длиной 18 метров требуется кантовать изделие. Промышленность предлагает широкий выбор кантователей. Для габаритов нашего изделия и массы выбираем цепной кантователь КЦР-8. Кантователь предназначен для установки деталей прямоугольной, квадратной или круглой формы в поперечном сечении (например балки, трубы, колонны, металлоконструкции и т. д. в положение, удобное для выполнения сварочных, сборочных и других работ, требующих ее поворота вокруг горизонтальной оси на любой угол. Общий вид кантователя на рисунке 2.4.

Сварочная головка подобрана исходя из параметров режима сварки и требований малой массы. Выбор остановлен на сварочной головке А2. Максимальная величина тока предусмотрена 800 А. Диаметр применяемой сварочной проволоки составляет 1,6-4 мм.



Рисунок 2.4 – Кантователь КЦР-8.

Для автоматической сварки необходимо перемещение сварочной головки относительно свариваемого шва. Предложено для перемещения сварочной головки применить каретка для перемещения сварочных головок по балке ESAB BTC, рисунок 2.5. Каретка линейного перемещения состоит из монолитного каркаса с консолью для установки на ней сварочных головок ESAB A2 Minimaster или A6 ArcMaster и электродвигателя с фрикционной передачей. Каретка предназначена для движения по стандартным двутавровым балкам 300-го сечения, двутавр №30.



Рисунок 2.5 – Каретка линейного перемещения ESAB A2 Minimaster

Привод каретки при необходимости можно отключить и переместить в нужное положение относительно стыка вручную.

Все сварочные параметры, в том числе и скорость сварки (движения каретки) задаются с пульта управления сварочной головкой РЕК. Параметры двигателя каретки уже заложены в памяти блока и нет необходимости подбирать скорость. Благодаря эффективной обратной связи по скорости движения обеспечивается высокая стабильность сварки от начала и до конца шва.

Каретка имеет скорость перемещения по балке 6...200 см/мин. Масса каретки без учета сварочной головки составляет 60 кг.

Стан FMS.3280 (рис. 2.6) для правки полок двутавровой балки предназначен для правки геометрии полок двутавровой балки путем ее прокатки через систему роликов, используя при этом свойства упругости металла.

Во время производства сварной двутавровой балки непременно возникает нарушение геометрии ее полок - грибовидность, которая появляется в результате нагрева металла. Стан для правки грибовидности полок сварных двутавровых балок FMS.3280 предназначен исправлять эту деформацию.



Рисунок 2.6 – Стан для правки FMS.3280

Основные достоинства стана для правки "грибовидности" - это надежность, простота конструкции и эксплуатации. Все правящие катки изготовлены из качественной легированной стали 35ХМ, с твердостью HRC-55, прошедших термообработку, что обеспечивает стабильную работу, отсутствие каких-либо дефектов (например, трещин). Перемещение катков вверх-вниз осуществляется механизировано: с помощью электродвигателя, редуктора и червячной передачи. Перемещение подвижной бабки при изменении типоразмера исправляемой балки осуществляется вручную, посредством червячной передачи, после ослабления крепежных болтов

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки подкрановой двутавровой балки. В соответствии с проектной технологией сварка выполняется с применением автоматической сварки под флюсом и ручной дуговой сварки.

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

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Входной контроль	Дефектоскопист	Лупа, крюковый однобалочный кран	Рукавицы
2. Заготовительная	Слесарь-сборщик	Гильотинные ножницы, станок кромкострогальный	Рукавицы
3. Сварка листов и пояса стенки	Электросварщик	Сварочная оснастка, угольник, линейка, струбцины, источник питания	Рукавицы, сварочные электроды
4. Сварка пояса со стенкой	Электросварщик	Сварочная оснастка, угольник, линейка, струбцины, источник питания, кран мостовой, кантователь ценой, сварочная каретка	Рукавицы, электроды, сварочная проволока, сварочный флюс
4. Контроль качества	Дефектоскопист	Дефектоскоп	Кисточка, масло

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	крюковый однобалочный кран, острые кромки изделия
2. Заготовительная	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Гильотинные ножницы, станок кромкострогальный
3. Сварка листов и пояса стенки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	Сварочная оснастка, угольник, линейка, струбцины, источник питания

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Сварка пояса со стенкой	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	Сварочная оснастка, угольник, линейка, струбцины, источник питания, кран мостовой, кантователь ценой, сварочная каретка
4. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - 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 	Дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала	Спецодежда.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

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

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е)

необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

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

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

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

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

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

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

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме 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.

3.6 Заключение по разделу

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

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

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

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки подкрановой двутавровой балки. В соответствии с проектной технологией сварка выполняется с применением автоматической сварки под флюсом и ручной дуговой сварки.

В соответствии с базовой технологией сварка выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки на автоматическую сварку под флюсом. За счёт замены способа сварки предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества выполнения работ.

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

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

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	11	11
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	1500000	2400000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	5	8
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

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

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

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

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

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

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

4.3 Расчет штучного времени

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

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

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

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

$t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 50\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $Пг=100$ балок в год.

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

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_э \cdot K_{ВН}}, \quad (4.5)$$

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

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

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

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

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

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

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3,2 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,15$$

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

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

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

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

$$Kзб = 0,33/1 = 0,32,$$

$$Kзп = 0,15/1 = 0,15.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При дуговой сварке используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает ручную дуговую сварку, для которой расходными материалами будут сварочные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение автоматической сварки под флюсом, для которой расходным материалом являются электродная проволока и сварочный флюс. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

K_d – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

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

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

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

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2557 + 307 = 2864 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1203 + 144 = 1347 \text{ рублей.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

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

$N_{\text{а}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

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

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

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

$$A_{об.б} = \frac{1500000 \cdot 21,5 \cdot 6,8}{2054 \cdot 100} = 1067 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$P_{э-эб} = \frac{6,8 \cdot 5 \cdot 3,02}{0,7} = 147 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{3,2 \cdot 8 \cdot 3,02}{0,85} = 91 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 1067 + 147 = 1214 \text{ рублей}$$

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

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

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

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	6353	6384
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	2864	1347
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	974	458
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1214	895
5. Величина технологической себестоимости	Стех	11405	9048
6. Объём цеховых расходов	Рцех	3836	1805
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	15241	10889
8. Объём заводских расходов	Рзав	2941	1383
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	18182	12272

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{З.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 378000 + 195000 = 573000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}. \quad (4.24)$$

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

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

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{\text{удБаз.}} = 273600/10 = 2736 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 573000/100 = 5730 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad . \quad (4.26)$$

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

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

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}}. \quad (4.27)$$

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

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

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

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техБ} - C_{техПР}}{C_{техБ}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

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

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

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (4.29)$$

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (18182 - 12272) \cdot 100 = 591000 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} . \quad (4.30)$$

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

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

Годовой экономический эффект Э_{Γ} в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.31)$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = 591000 - 0,33 \cdot 299400 = 492198 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

В проектном варианте технологии предложено заменить ручную дуговую сварку на автоматическую сварку под флюсом. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит существенно повысить производительность и качество выполнения сварочных работ при строительстве подкрановых двутавровых балок.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоёмкость на 53 %, увеличивается производительность труда на 113 %, уменьшается технологическая себестоимость на 20 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 0,6 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,5 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,5 года.

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

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение качества и производительности при сборке и сварке двутавровой балки.

Базовый вариант технологии сварки балки с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и обладает малой производительностью.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы решены следующие задачи: 1) выбрать сварочные материалы для указанных способов сварки; 2) назначить параметры режима сварки; 3) составить карту технологического процесса; 4) подобрать оборудование для сварки изделия.

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

В проектном варианте технологии для выполнения протяжённых швов предложено использовать автоматическую сварку под флюсом. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов и с большей производительностью.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,5 млн. рублей.

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

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при сборке и сварке подкрановых балок.

Список используемой литературы

1. 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.
2. 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.
3. Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ / Н.П. Алёшин, В.Г Щербинский – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
4. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.
5. Шлепаков, В.Н. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей / В.Н. Шлепаков, Ю.А. Гаврилюк, А.С. Котельчук // Автоматическая сварка. – 2010. – № 3. – С. 46–51.
6. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях / Р. Розерт // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – С. 60–64.
7. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
8. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
9. ГОСТ 9466-75 - Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. Введ. 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 42 с.

10. Позняков, В.Д. Структура и свойства сварных соединений стали С390 (S355 J2) / В.Д. Поздняков, С.Л. Жданов, А.А. Максименко // Автоматическая сварка. – 2012. – № 8. – С. 7–11.
11. Волченко, В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
12. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
13. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
14. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
15. Реальные возможности безредукторных механизмов импульсной подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, С.П. Ковешников, Б.Г. Светников, С.И. Полосков // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1989, Вып. 4. - С. 46-48.
16. Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.
17. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
19. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
20. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
21. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.