

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для сборки и сварки опорной колонны здания

Студент

П.С. Кононов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(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 2022

Аннотация

При изготовлении строительных конструкций получили широкое распространение сварные колонны, которые могут быть как коробчатого, так и двутаврового сечения. При проектировании и изготовлении ответственных стальных конструкций необходимо обеспечить ряд требований по прочности, надёжности и оптимальности принятых проектных решений.

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении опорных металлических колонн зданий.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- обосновать выбор производительных способов сварки при сборке и сварке колонны здания;
- на основании изученных источников научно-технической информации предложить средства для повышения эффективности выбранного способа сварки;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки колонны здания.

При выполнении экологического раздела выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 53 % и увеличить производительность. Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 20%. При этом годовой экономический эффект составит 0,492 млн. рублей.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварки опорных колонн зданий.	7
1.1 Описание изделия и условий его работы.	7
1.2 Анализ материала изделия и оценка его свариваемости.	10
1.3 Анализ дефектов, возникающих при сварке.	12
1.4 Особенности выполнения базовой технологии сварки.	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	21
2 Проектная технология сборки и сварки стойки.	23
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	23
2.2 Проектная технология сварки изделия.	28
2.3 Контроль качества.	31
3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы.	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Идентификация профессиональных рисков	37
3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов.	39
3.4 Пожарная безопасность на производстве.	42
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии.	44
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.	47
4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности.	47
4.2 Расчёт объёмов фонда времени.	49
4.3 Расчет штучного времени	50
4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии.	52
4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам	

технологии.	56
4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии.	58
Заключение	62
Список используемой литературы и используемых источников.	64

Введение

В настоящее время перед строительной отраслью Российской Федерации стоит задача повышения эффективности и производительности операций возведения зданий. Также необходимо решить задачу ресурсосбережения и сокращения затрат наряду с обеспечением полного импортозамещения [24]. При этом на различных стадиях производства элементов строительных конструкций необходимо комплексно решать задачи оптимального выбора исходных материалов, повышения эффективности технологии производства за счёт автоматизации и повышения качества, а также снижения издержек производства [22], [25].

При изготовлении строительных конструкций получили широкое распространение сварные колонны, которые могут быть как коробчатого, так и двутаврового сечения [5]. При проектировании и изготовлении ответственных стальных конструкций необходимо обеспечить ряд требований по прочности, надёжности и оптимальности принятых проектных решений [13]. На первый взгляд, эти требования являются противоречивыми и одновременно удовлетворены быть не могут. Однако применение эффективных проектных решений и перспективных способов сварки позволяют получить требуемое сочетание свойств.

Применение прогрессивных сварочных технологий, которые основаны на достижениях современной сварочной науки и техники, позволяет многократно повысить производительность выполняемых сварочных работ. При этом повышение стабильности качества сварки даёт комплексный результат, так как не только повышаются эксплуатационные свойства сварной конструкции, но и увеличивается производительность её изготовления, так как уменьшаются временные затраты на исправление возникающих при сварке дефектов.

В настоящее время количество строящихся объектов, имеющих стальной каркас, значительно возросло [14]. Прежде всего, здания с

металлическим каркасом применяются при сооружении строительных объектов общественного назначения. Ввиду мировой политической обстановки актуальность строительства зданий из металла будет возрастать. Во-первых, это позволяет многократно увеличить скорость строительства. Во-вторых, здания с несущим металлическим каркасом впоследствии могут быть утилизированы, что позволяет придерживаться Российской Федерации экологической повестки. В-третьих, вводимые против отечественного производителя металла санкции заставляют искать потребителя металлических изделий на внутреннем рынке [12].

Несущая конструкция здания, которая имеет в своей основе металлический каркас, позволяет применять различные оригинальные сопряжения. Здания имеют привлекательный внешний вид и полезный объём, превышающий полезный объём аналогичных зданий, выполненных из других строительных материалов.

На основании вышеизложенного следует заключить, что тема выпускной квалификационной работы является актуальной и своевременной.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении опорных металлических колонн зданий.

1 Современное состояние сварки опорных колонн зданий

1.1 Описание изделия и условий его работы

Металлические опорные колонны зданий выполняются в виде балок коробчатого или двутаврового сечения. Опорные колонны коробчатого профиля представлены на рисунке 1-а. Опорные колонны двутаврового профиля представлены на рисунке 1-б. Для изготовления каркасных металлических зданий широкое распространение получили опорные колонны двутаврового профиля, узел соединения которой представлен на рисунке 1-в.



Рисунок 1 – Примеры строительных колонн коробчатого (а) и двутаврового (б) сечения, узел соединения каркасного здания (в)

Строительная колонна имеет высоту, кратную 6 метрам – обычно 6 метров или 12 метров. Изготовление колонн большей высоты нецелесообразно, так как в этом случае более удобно применить составную колонну. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается сварка колонны высотой 12 метров двутаврового сечения, которая представлена на рисунке 2. В состав колонны входят стенка 1, две полки 2, четыре крайние ребра жесткости 3 и шестнадцать средних ребер жесткости 4.

Рассматриваемая колонна применяется при изготовлении каркасных металлических зданий промышленного и общественного назначения (ангары, склады, цеха, школы, спортивные и торговые комплексы).

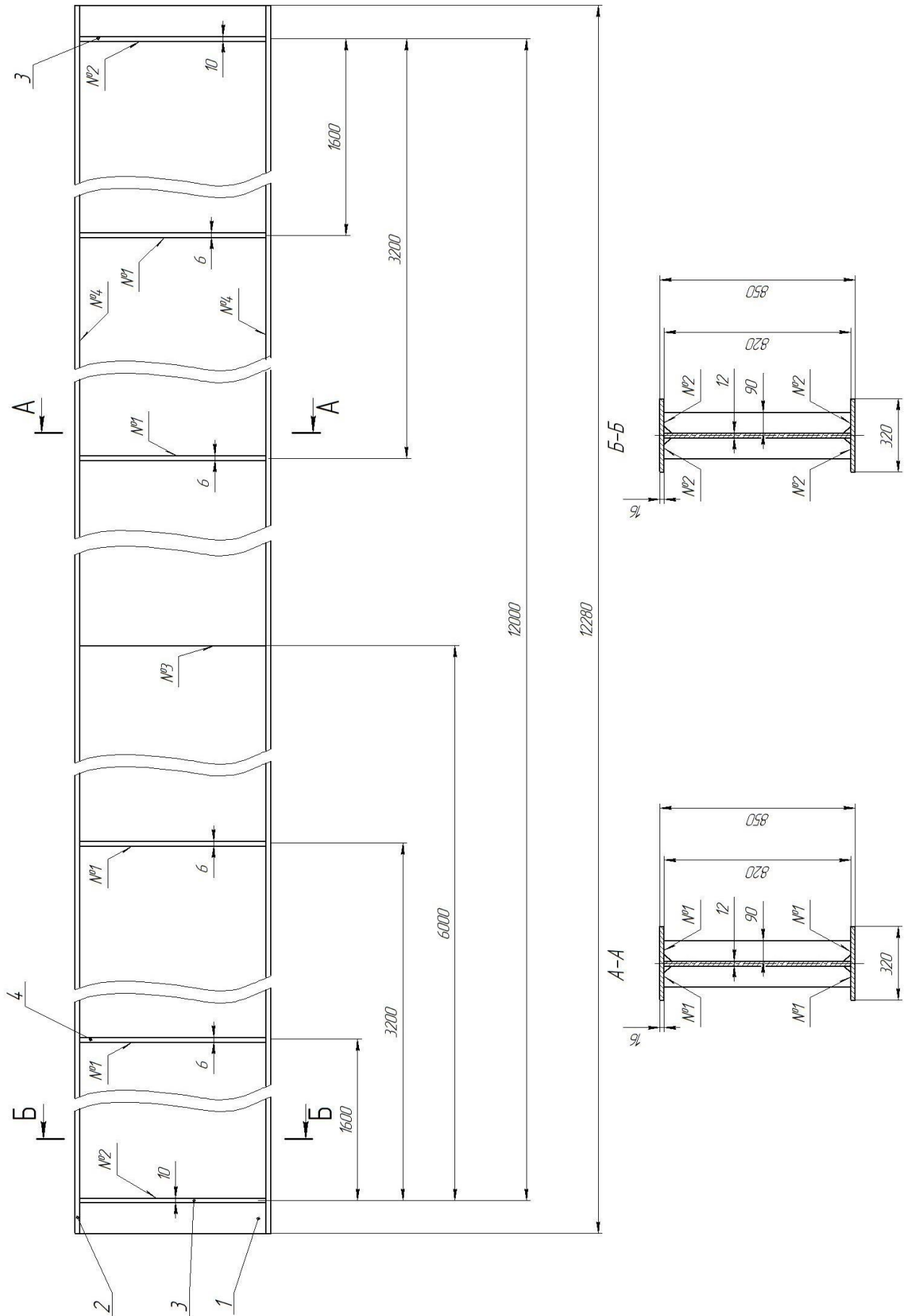


Рисунок 2 – Сварная колонна здания

Сварная колонна изготавливается из стали 09Г2С с толщиной полок 16 мм, стенки – 12 мм. Толщина крайних ребер жесткости составляет 10 мм, толщина средних ребер жесткости составляет 6 мм.

При помощи ручной дуговой сварки штучными электродами выполняют сварные швы № 1, №2 и № 3. Поскольку сварные швы № 4 имеют суммарную протяжённость несколько десятков метров, для их выполнения применяется автоматическая сварка под флюсом.

При работе строительная колонна испытывает сжимающую и изгибающую нагрузки. При условии правильно проведённого проектирования здания усилия в его металлических конструкциях не будут превышать критические, способные привести к нарушению целостности конструкции.

Сварная колонна позволяет использовать стандартное сварочное оборудование и сварочные материалы, её изготовление может быть в значительной степени автоматизировано и механизировано. Сварные швы являются легкодоступными и могут быть выполнены в оптимальном положении (нижнее и «в лодочку»).

Исходя из вышеизложенного рассматриваемую сварную конструкцию можно признать удовлетворяющей требованиям технологичности. Применяемая при её изготовлении автоматическая сварка под флюсом обоснована и позволяет вести сварку с высокой производительностью и степенью автоматизации.

Построение проектной технологии сварки также должно предусматривать высокую степень автоматизации, для чего необходимо предложить высокопроизводительные способы сварки и эффективные средства автоматизации.

Дальнейшие работы по выполнению выпускной квалификационной работы предусматривают анализ материала изделия, базовой технологии изготовления, формулировку недостатков базовой технологии и задач выпускной квалификационной работы, решению которых будет посвящен второй раздел.

1.2 Анализ материала изделия и оценка его свариваемости

Для изготовления элементов сварной колонны применяется листовая сталь 09Г2С, являющаяся конструкционной низколегированной сталью. Конструкционная сталь, используемая для выпуска детали, отличается повышенной прочностью и устойчивостью к температурным перепадам, поэтому изделие не теряет своих прочностных свойств даже при стабильно низких температурах. Рабочий диапазон ее составляет от -7 до $+425$ градусов. Механические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С [16]

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
460	300	31

Содержание химических элементов в стали 09Г2С представлено в таблице 2. При сварке стали 09Г2С требуемая прочность сварного соединения обеспечивается за счёт легирования сварного шва элементами электрода.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С [15]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
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 0.08

Для сварки стали 09Г2С в зависимости от толщины свариваемых деталей может потребоваться предварительный подогрев до температуры $100...120$ °С и последующая термическая обработка. Вследствие низкого содержания углерода в стали обеспечивается её хорошая свариваемость. Также следует отметить, что сталь не склонна к отпускной хрупкости и после термической обработки не происходит снижение её вязкости. Сталь 09Г2С устойчива по отношению к перегреву и образованию трещин.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С необходимо учитывать, что стойкость сварных швов по отношению к кристаллизационным трещинам оказывается меньше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей [9]. Это происходит под действием таких химических элементов, как кремний, углерод и марганец. Для того, чтобы снизить склонность сварного шва к образованию кристаллизационных трещин, в нём необходимо уменьшать содержание углерода и серы, для чего следует применять сварочные материалы с низким содержанием серы и углерода.

При сварке конструкций из стали 09Г2С также следует учитывать значительное влияние на прочность конструкции последовательности выполнения сварных швов и обеспечения их геометрии [17], [18].

Также при сварке стали 09Г2С следует учитывать, что её реакция на термический цикл при сварке отличается от реакции на аналогичный термический цикл низкоуглеродистых сталей [15], [17], [27]. Высокая скорость охлаждения сварного шва приводит к образованию в нём закалочных структур. Для того, чтобы снизить образование закалочных структур при сварке стали 09Г2С следует применять предварительный подогрев, способствующий перлитному превращению стали. Однако следует принимать во внимание сложность организации предварительного подогрева при массовом производстве строительных опорных колонн [26].

Для того, чтобы уменьшить образование закалочных структур и повысить прочность металла сварного шва, следует применять сварочные материалы, позволяющие легировать сварной шов соответствующими химическими элементами. Также становится необходимым корректировка параметров режима сварки в сторону уменьшения погонной энергии.

Проведены исследования эффективности сварки двутавровых балок из стали 09Г2С [17], [18]. Сварку корневого слоя шва выполняли с применением автоматической сварки в углекислом газе с параметрами режима: проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, сварочный ток составлял 319...322 А, напряжение на дуге составляло 36,6...37,0 В. Заполнение разделки и сварку

облицовочного слоя шва проводили с использованием автоматической сварки под флюсом с параметрами режима: сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 4 мм, сварочный ток составлял 600 А, напряжение на дуге составляло 36...37 В, скорость сварки поддерживалась 0,55...0,60 м/мин.

В таблице 3 представлено содержание химических элементов в пробах трёх различных заготовок.

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

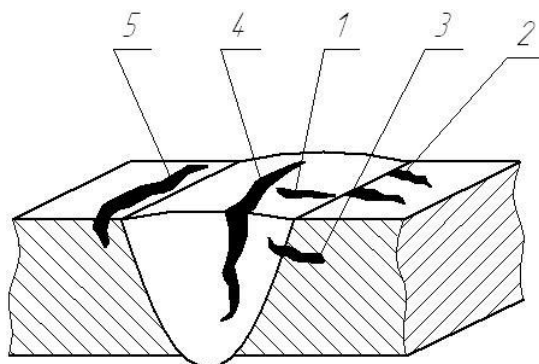
Как видно из таблицы 3, эквивалентное содержание углерода не превышает 0,45. На основании этого сделан вывод об удовлетворительной свариваемости стали 09Г2С при выполнении опорных колонн зданий и сооружений.

1.3 Анализ дефектов, возникающих при сварке

При ремонтной свраке конструкций из стали 09Г2С присходит образование различных дефектов, среди которых наиболее часто встречаются поры, непровары и горячие трещины [1], [2], [15].

Горячие трещин представлены на рисунке 3. Причинами их образования является то, что перегретый металл в области сварки имеет пониженную деформационную способность по сравнению с холодным металлом. При переходе металла сварочной ванны из жидкого состояния в твёрдое происходит уменьшение его объёма, что сопровождается образованием растягивающих напряжений. Так как деформационная способность перегретого металла снижена, такие растягивающие напряжения

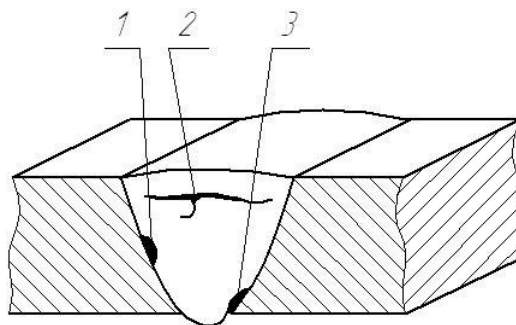
приводят к нарушению целостности металла и образованию в нём горячих трещин.



1, 2, 3 – поперечные горячие трещины; 4, 5 – продольные горячие трещины

Рисунок 3 – Виды горячих трещин при сварке

Непровары представлены на рисунке 4. Они могут образовываться при нарушении техники сварки и неправильном выборе режимов сварки. Вероятность получения непровара повышается при недостаточной зачистке кромок и снижении погонной энергии сварки. Также непровары наблюдаются при нарушении требуемых размеров кромок во время их разделки.

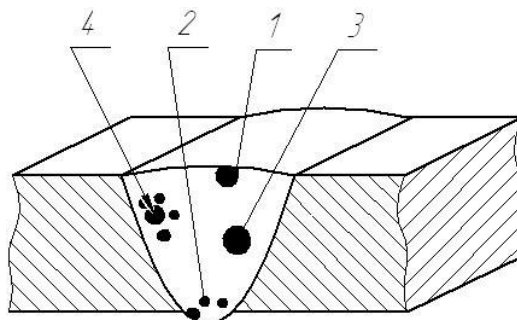


1 – непровар по боковой стороне; 2 – непровар между валиками;
3 – непровар в корне шва

Рисунок 4 – Виды непроваров при сварке

Поры представлены на рисунке 5. Они могут образовываться при неудовлетворительном качестве зачистки поверхности деталей перед сваркой. Также на образование пор отрицательно сказываются нарушение газовой защиты, и техники сварки. В частности, повышенная скорость сварки

и увеличенная длина дуги приводит к образованию пор в сварном шве. Кроме того, поры могут получаться в случае применения электродов с большим диаметром. Неправильная прокалка электродов перед сваркой также приводит к образованию пор.



1 - поверхностная пора; 2 - в корне шва;
3 - одиночная пора; 4 - скопление пор

Рисунок 5 – Виды пор при сварке

Для предупреждения появления трещин, непроваров и пор применяются технологические мероприятия.

Для снижения опасности возникновения горячих трещин при сварке соблюдают специальную технику – длину дуги следует уменьшить, а сварку выполнять без поперечных колебаний электрода. При обрыве дуги необходимо обеспечить тщательное заплавление кратеров, выводить которые на основной металл нельзя. В случае, если при визуальном осмотре кратера в нём обнаружилась кратерная трещина, необходимо с применением механических способов удалить дефект. Для снижения склонности к образованию горячих трещин следует оптимизировать свариваемую конструкцию, заменяя, где это возможно, тавровые соединения на стыковые. На склонность к образованию горячих трещин существенное влияние оказывает применяемый способ сварки. В частности, применение сварки порошковой проволокой позволяет существенно снизить вероятность появления горячих трещин.

Снижение вероятности образования непроваров достигается при правильном выборе и поддержании параметров режима сварки, соблюдении заданной техники сварки. Необходимо обеспечивать качественную зачистку

поверхности деталей перед сваркой и правильную форму разделки кромок. Если выполняется многопроходная сварка, каждый валик сварного шва необходимо зачищать, устраняя его выпуклость. Необходимо также проводить пооперационный контроль качества, своевременно обнаруживая несплавления между валиками и удаляя эти несплавления при помощи зачистки.

Уменьшение количества образующихся при сварке пор достигается применением электродов малого диаметра, прокалкой электродов в соответствии с инструкцией к ним, поддержанием правильно назначенных параметров режима сварки. Применять электроды со вздутым или осыпавшимся покрытием запрещено. Если при сварке обнаружен участок с недопустимыми порами, его следует вырубить и выполнить повторную заварку.

1.4 Особенности выполнения базовой технологии сварки

При изготовлении опорной колонны выполняются следующие операции:

- входной контроль,
- заготовительная,
- укрупнение заготовок,
- сварка,
- контроль качества.

Перед началом сварки проверяется [3]:

- «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)» [3].

Входные заготовки должны удовлетворять следующим требованиям [6], [21]:

- поверхность заготовок не должна иметь таких дефектов, как вздутия, сквозные разрывы, вкатанные окалины, трещины и загрязнения;
- в случае, если волнистость листа или прогиб превышают 15 мм на 1 метр, назначают дополнительную правку;
- при условии, что уменьшение толщины листа не превысит 0,4 мм, поверхностные дефекты устраняются с применением механической зачистки;
- контроль состояния поверхности заготовок проводят визуально без применения увеличивающих приборов;
- контроль размеров проводят на каждой десятой заготовке из партии;
- при осмотре кромок не допускается наличие а них расслоений.

При выполнении заготовительных операций проводят правку листов, их разметку, резку и подготовку кромок.

Для правки применяют многовалковую листопрямильную машину, которая имеет два горизонтальных ряда роликов равного диаметра. Скорость правки составляет 50...70 мм /с, момент правки – 6 кН·м. После выполнения правки проводят повторный контроль геометрии листа.

Разметку листов проводят с применением шаблонов, металлической линейки и чертилки. Разметку листов проводят в соответствии с картой раскроя и точностью до 0,5 мм.

Резку заготовок проводят с применением гидравлических ножниц НГ-32Г/02, представленных на рисунке 6. Ножницы изготовлены отечественным заводом «Оренбургский завод прессовых машин» и позволяют выполнять высокоточный рез листов толщиной до 32 мм.



Рисунок 6 – Гидравлические ножницы НГ-32Г/02

Выполнение подготовки кромок проводят с применением кромкострогательной машины ВВJ-14 производства КНР. Эта машина представлена на рисунке 7. Машина позволяет строгать детали длиной до 14 метров с углом скоса до 45 градусов. Скорость реза принимается 2...2,5 м/мин. Для фиксирования листовых заготовок применяются гидравлические и ручные прижимы. Перемещение режущей каретки выполняется от сервопривода постоянного тока.



Рисунок 7 – Кромкострогальный станок ВВJ-14

Для выполнения прихваток и проведения ручной дуговой сварки применяется универсальное сборочное приспособление и источник постоянного тока BRIMA ARC-250, представленный на рисунке 8-а.



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

Для выполнения длинномерных швов с применением автоматической сварки под флюсом применяется источник LAF 631, представленный на рисунке 8-б.

Параметры режима ручной дуговой сварки приведены в таблице 4. Параметры режима автоматической сварки под флюсом приведены в таблице 5.

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» [3]

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

При сборке пояса и стенки применяют прихватку ручной дуговой сваркой. Сварное соединение соответствует Т7 и представлено на рисунке 9. Сварку проводят в положении «в лодочку» с применением кантователя КЦР-8, представленного на рисунке 10. Выполняют автоматическую сварку

четырёх швов протяжённостью по 6 метров, далее выставляют рёбра и при помощи ручной дуговой сварки проводят приварку рёбер жёсткости.

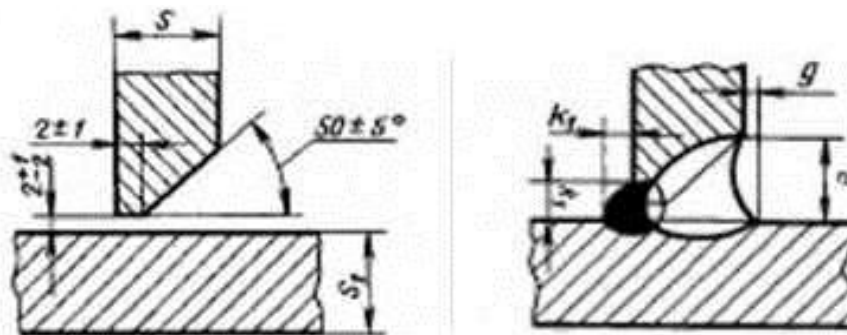


Рисунок 9 – Сварное соединение типа Т7



Рисунок 10 – Кантователь сборочно-сварочный КЦР-8

Сварные швы при автоматической сварке под флюсом выполняются при помощи головки А2 производства концерна «ESAB» (Швеция), которая представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 – Сварочная головка А2 (ESAB) для автоматической сварки под флюсом

Для того, чтобы перемещать сварочную головку вдоль стыка, применяется каретка ВТС, которая представлена на рисунке 12.

Правку стоек после выполнения сварных швов проводят на станке FMS-3280, который представлен на рисунке 13. Путём многократной прокатки стойки между роликами происходит устранение её грибовидности.

Стан FMS-3280 в числе достоинств обладает высокой надёжностью и простотой конструкции. Для изготовления правильных катков применена качественная легированная сталь 35ХМ, которая имеет твёрдость 55HRC после термической обработки.



Рисунок 12 – Каретка линейного перемещения ESAB ВТС



Рисунок 13 – Станок для правки FMS-3280

Вертикальное перемещение катков осуществляется при помощи электрического двигателя и червячного редуктора. Перемещение подвижной бабки при задании типоразмера колонны проводится вручную.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении опорных металлических колонн зданий.

При анализе конструкции изделия признано, что она является технологичной. Сварная колонна позволяет использовать стандартное сварочное оборудование и сварочные материалы, её изготовление может быть в значительной степени автоматизировано и механизировано. Применяемая при её изготовлении автоматическая сварка под флюсом обоснована и позволяет вести сварку с высокой производительностью и степенью автоматизации.

Построение проектной технологии сварки также должно предусматривать высокую степень автоматизации, для чего необходимо предложить высокопроизводительные способы сварки и эффективные средства автоматизации.

Базовая технология сварки предусматривает применение двух способов сварки – ручной дуговой сварки и автоматической сварки под флюсом.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;
- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая оказывается критичной при большом объёме выполняемых работ;
- низкую стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

Применяемая в базовой технологии автоматическая сварка под флюсом обладает рядом недостатков:

- осыпание флюса с изделия;
- образование большого числа непроваров и пор вследствие высокой жидкотекучести расплавленного флюса и металла;
- повышенные требования к точности сборки под сварку, что необходимо для предотвращения затекания расплавленного металла между кромками.

В ходе постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы сформулированы:

- обосновать выбор производительных способов сварки при сборке и сварке колонны здания;
- на основании изученных источников научно-технической информации предложить средства для повышения эффективности выбранного способа сварки;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки колонны здания.

После решения задач в исполнительском разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнение оценочного блока, в котором будут решены ещё две задачи.

Во-первых, предстоит оценка предлагаемых технических решений на предмет экологической безопасности и охраны труда. Далее предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды [4], [7].

Во-вторых, предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [9], [10].

2 Проектная технология сборки и сварки стойки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 14, в настоящий момент может считаться самым распространённым способом при ремонте металлических конструкций.

Этот способ обладает рядом преимуществ, которые и определили его широкое применение в промышленности [1], [2]:

- для реализации технологии сварки ручной дуговой сварки в большинстве случаев отсутствует необходимость покупки нового сварочного оборудования, поскольку на предприятии уже есть необходимые источники сварочного тока;
- оборудование для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки обладает дешевизной и простотой;
- для реализации технологии с применением ручной дуговой сварки нет необходимости привлекать узких специалистов со специальными знаниями по сварочным технологиям.

Из-за своих критических недостатков ручная дуговая сварка постепенно сдаёт свои позиции в общем объёме работ, выполняемых в мире при производстве и ремонте сварных конструкций. Такими недостатками являются [1], [2]:

- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая оказывается критичной при большом объёме выполняемых работ. В настоящее время ручная дуговая сварка и наплавка исчерпали свои резервы повышения эффективности за счёт оптимизации параметров режима, дальнейшее форсирование режимов наплавки и сварки не представляется возможным;

- низкую стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

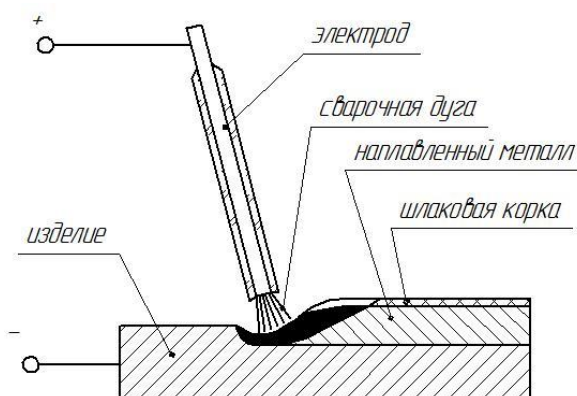


Рисунок 14 – Схема осуществления ручной электродуговой сварки штучными электродами

Механизированные способы сварки продолжают отвоевывать у ручной дуговой сварки позиции при строительстве и ремонте металлических конструкций. Перспективным следует признать механизированную сварку в защитных газах. Преимуществами этого способа являются [8], [11], [19]:

- отсутствие шлаковой корки, которую не нужно сбивать при выполнении многослойной сварки. Это позволяет повысить производительность и качество сварочных работ;
- при сварке в углекислом газе наблюдается повышение вязкости расплавленного металла по сравнению со сваркой порошковой проволокой и ручной дуговой сваркой. В результате упрощается сварка в различных пространственных положениях;
- проволока сплошного сечения по сравнению с порошковой проволокой обладает значительной стойкостью против заломов, поэтому механизм подачи проволоки сплошного сечения значительно проще, чем при сварке порошковой проволокой;

- высокая производительность процесса, которая существенно выше, чем при ручной дуговой сварке.

В числе критических недостатков механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах следует отметить [8], [11], [19]:

- увеличение разбрызгивания электродного металла при переходе на формированные режимы сварки. Это ограничивает производительность работ, заставляя уменьшать величину сварочного тока;
- наличие баллонов со сжатым газом и газового оборудования, которые затрудняют перемещения сварщика и сварочного оборудования по сравнению с ручной дуговой сваркой. При этом качественная защита металла дуги и сварочной ванны не обеспечивается при работе на открытом воздухе, если есть ветер;
- пониженная пластичность наплавленного металла, что может стать причиной образования трещин в сварном шве.

При построении процесса сварки на монтаже и ремонте металлических конструкций механизированная сварка самозащитными порошковыми проволоками, схема которой представлена на рисунке 15, позволяет получить ряд преимуществ [20], [23]:

- при работе на открытом воздухе обеспечивается лучшая защита сварного шва по сравнению со сваркой в защитном газе;
- существенно повышается мобильность сварочного поста, так как при сварке не требуется применение газовой аппаратуры, это преимущество может оказаться определяющим при построении технологии ремонта и монтажа;
- сварка порошковыми проволоками позволяет получить большую производительность по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой в защитном газе.

При использовании сварки самозащитными порошковыми проволоками приходится считаться с недостатками этого способа:

- расплавленный шлак обладает повышенной текучестью, что повышает опасность образования при сварке порошковой проволокой шлаковых включений, что особенно проявляется при сварке в узкую разделку и, в частности, при выполнении корневого слоя шва;
- затруднена или практически невозможна сварка порошковой проволокой в вертикальном и потолочном положениях из-за высокой текучести расплавленного металла;
- сварка многопроходных швов с использованием порошковой проволоки может существенно замедлиться из-за необходимости отбивания шлака;
- порошковая проволока, в отличие от проволоки сплошного сечения, имеет высокую склонность к заломам и застреванию в подающих механизмах.

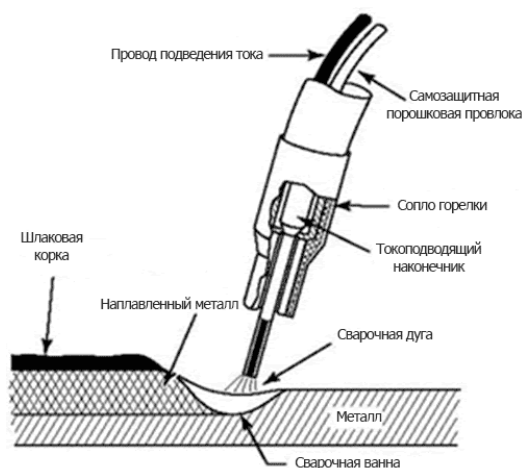


Рисунок 15 – Схема выполнения сварки порошковой самозащитной проволокой

Автоматическая сварка под флюсом, которая выполняется по представленной на рисунке 16 схеме, в основном применяется для выполнения стыковых соединений в нижнем положении. При помощи этого способа можно эффективно сваривать металл толщиной 10...20 мм.

В числе преимуществ автоматической сварки под флюсом следует отметить:

- сварка под флюсом не предъявляет серьезных требований к квалификации сварщика, что наблюдается при ручной дуговой сварке;
- сварка под флюсом характеризуется высоким качеством наплавленного металла;
- высокую производительность, которая многократно превышает производительность при ручной дуговой сварке;
- при сварке под флюсом значительно улучшаются условия труда сварщика, так как устраняется разбрызгивание, что уменьшает вред сварочного аэрозоля. Кроме того, значительно снижается тепловое и световое воздействие дуги, которая скрыта под слоем флюса.

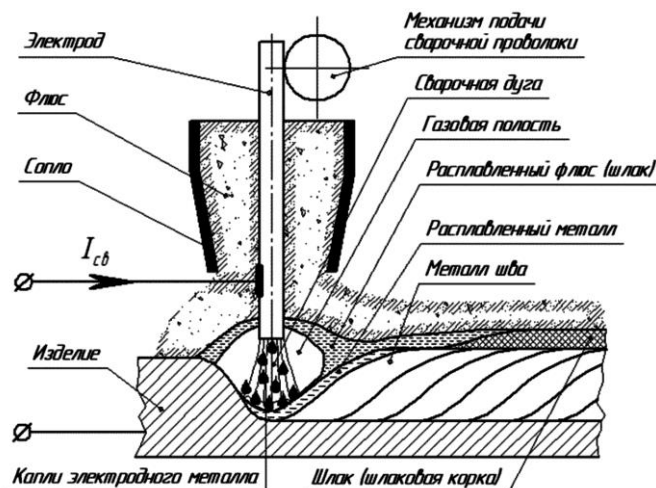


Рисунок 16 – Схема автоматической сварки под флюсом

Сварка под флюсом характеризуется следующими недостатками:

- оборудование для сварки под флюсом не обладает такой же универсальностью, как оборудование для ручной дуговой сварки и наплавки;
- расплавленный металл при автоматической сварке под флюсом обладает значительной текучестью, поэтому повышаются требования к точности сборки;

- автоматическая сварка под флюсом в положениях, отличных от нижнего, затруднена по причине осыпания флюса с поверхности изделия.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии предлагаем применить механизированную и автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Проектная технология сварки изделия

Для защиты сварочной ванны и перегретого металла применим газовую смесь (Ar 70% + CO₂ 30%), баллоны с которой представлены на рисунке 17.

«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» [21].



Рисунок 17 – Газовая смесь «Ar 70% + CO₂ 30%»

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 18-а. Химический состав проволоки представлен в таблице 6. Механические свойства металла шва представлены в таблице 7.

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 18-б. Химический состав проволоки представлен в таблице 8. Механические свойства металла шва представлены в таблице 9.

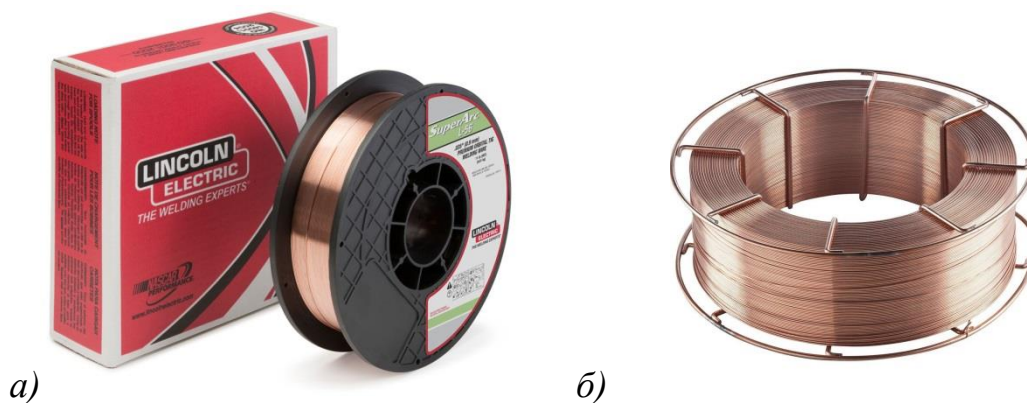


Рисунок 18 – Сварочная проволока SuperArc L-56 (а) и К-300/52 (б)

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

Для выполнения прихваток и сварки швов малой протяжённости применим источник питания Invertec STT-II и полуавтомат LF-33, показанными на рисунке 19. Для автоматической сварки (выполнение прямолинейных швов большой протяжённости) применяется автомат АДФГ-305, представленный на рисунке 20, источник питания Powe Wave S500, представленный на рисунке 21.



Рисунок 19 – Источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33



Рисунок 20 – Автомат для сварки плавящимся электродом в защитных газах АДФГ-305



Рисунок 21 – 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

Параметры режима механизированной сварки представлены в таблице 10. Параметры режима автоматической сварки представлены в таблице 11.

2.3 Контроль качества

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 таблицы 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» [21].

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, несплавления, цепочки и скопления наружных дефектов		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

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении опорных металлических колонн зданий.

В ходе постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы сформулированы задачи исполнительского блока:

- обосновать выбор производительных способов сварки при сборке и сварке колонны здания;
- на основании изученных источников научно-технической информации предложить средства для повышения эффективности выбранного способа сварки;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки колонны здания.

Решая первую задачу, проведён предварительный анализ возможных способов сварки. По результатам экспертной оценки каждого рассмотренного способа для построения проектной технологии предложено использовать механизированную и автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Решая вторую задачу, на основании результатов работы исследователей-сварщиков предложено использовать разработку, которая позволяет обеспечить импульсное управление сварочной дугой. В результате происходит стабилизация переноса электродного металла, и повышение качества ремонтной сварки и наплавки.

Решая третью задачу, было предложено современное оборудование для выполнения механизированной и автоматической сварки в защитных газах плавящейся проволокой.

Решая четвёртую задачу, была построена проектная технология сварки колонны здания.

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки при изготовлении опорных колонн зданий.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса: входной контроль, заготовительные операции, укрупнение заготовок стенки и полок, сварка полков со стенкой, контроль качества. Оборудование для выполнения операций и персонал сведены в технологический паспорт объекта, который представлен в таблице 13.

При выполнении первой операции (входной контроль) применяется такое оборудование и приспособления: набор строп и мостовой кран (для перемещения заготовок), металлическая линейка, маркер по металлу, карманный фонарик и индикатор (для проверки кривизны профиля).

При выполнении второй операции (заготовительная операция) применяется такое оборудование и приспособления: гибочные семивалковые вальцы, кромкострогальный станок, чертилка, шаблоны, установка плазменной резки, гильотинные ножницы.

При выполнении третьей операции (укрупнение заготовок стенки и полков) применяется такое оборудование: источник питания сварочной дуги, механизм подачи сварочной проволоки, универсальная сварочная оснастка, линейка, зачистная машинка, струбцины.

При выполнении четвёртой операции (сварка полков со стенкой) применяется такое оборудование: сварочный автомат, источник питания сварочной дуги, универсальная сварочная оснастка.

Таблица 13 – Технологический паспорт участка ремонтной сварки

«Составляющая технологический процесс операция»	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества» [7]
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» [1]	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп	Кисточка, масло

При выполнении пятой операции (контроль качества) применяется такое оборудование: ультразвуковой дефектоскоп, набор визуально-измерительного контроля.

Изменение технологии сборки и сварки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала. Паспорт

объекта представлен в таблице 13. Предстоящий анализ позволит устранить возникающие профессиональные риски.

Технологический паспорт объекта – участка для проведения ремонтной сварки – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Профессиональные заболевания и травмы работников, которые были задействованы при выполнении проектного технологического процесса, возникают в результате негативного действия факторов, являющихся профессиональными рисками. При этом воздействия, вызывающие резкое ухудшение состояния человека, травмы и гибель, относятся к опасным производственным факторам. Воздействия, вызывающие появление у работников хронических заболеваний, относятся к вредным производственным факторам.

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной

технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию, как показано в таблице 14.

Таблица 14 – Идентификация профессиональных рисков

«Операция технологического процесса»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [7]
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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<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
3) укрупнение заготовок стенки и полок	<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 	<ul style="list-style-type: none"> универсальная сварочная оснастка; струбцины; угольник; линейка; сварочный источник питания; зачистная машинка; сварочная дуга; сварочный аэрозоль; нагретые края изделия
4) сварка полок со стенкой	<ul style="list-style-type: none"> - 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
5) контроль качества	<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; 	<ul style="list-style-type: none"> набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп

На основании данных таблицы 14 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- «наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- ультразвуковое излучение» [7].

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [7] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 15, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 15 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов при проведении ремонтной сварки деталей машин

«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» [7]
наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	<ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования	<ul style="list-style-type: none"> - установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты
опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	<ul style="list-style-type: none"> - применение устройств защитного отключения электропитания оборудования; - применение защитного заземления и зануления оборудования; - контроль состояния защитных устройств и изоляции; - инструктаж по электробезопасности 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
нагрев поверхности деталей до высоких температур	<ul style="list-style-type: none"> - автоматизация технологических процессов; - инструктаж персонала 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
инфракрасное излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультрафиолетовое излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультразвуковое излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Для уменьшения профессиональных рисков предлагается:

- проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда;
- применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности;
- оснащение оборудования защитной блокировкой;
- установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону;
- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства;
- применение устройств защитного отключения электропитания оборудования;
- применение защитного заземления и зануления оборудования;
- контроль состояния защитных устройств и изоляции;
- инструктаж по электробезопасности;
- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения;
- автоматизация технологических процессов.

Представленные в таблице 15 технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний.

Однако реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

3.4 Пожарная безопасность на производстве

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия. Также следует рассмотреть возможность устранения пожара, если он всё-таки возникнет на предприятии, несмотря на принятые меры.

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму.

В таблице 16 представлена идентификация факторов пожара. Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 17.

Таблица 16 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Производственный участок с установленным на нём технологическим оборудованием	Станок токарно-винторезный, автомат сварочный, источник питания сварочной дуги, электропечь, подъёмный кран	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [7]	Пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания

Таблица 17 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [7]
Проведение сборки и сварки колонн	- Проведение «ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. - Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [7]	- Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. - На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения.

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 18. Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 18 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-15	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

При реализации предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений возникают не только опасные и вредные производственные факторы, но происходит негативное воздействие на окружающую среду. Борьбе с опасными и вредными производственными факторами посвящена предыдущая часть раздела. Устранению негативных антропогенных воздействий посвящена настоящая часть раздела. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

Процесс	Операции, технологического процесса	Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду		
		в атмосфере	в гидросфере	в литосфере
Сборка и сварка колонн зданий	1) входной контроль	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	2) заготовительная операция	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	3) укрупнение заготовок стенки и полок	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	4) сварка полок со стенкой	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	5) контроль качества	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 20 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [4]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [4]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [4]

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 20.

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

Выводы по экологическому разделу

В выполнении исполнительского раздела выпускной квалификационной работы была составлена технология сборки и сварки колонны здания. В настоящем разделе выпускной квалификационной работы выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по

устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Таким образом, предложенные в исполнительском разделе выпускной квалификационной работы технические решения не несут недопустимых профессиональных рисков и не оказывают недопустимого антропогенного действия на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений

4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами и автоматической сварки под флюсом.

Ручная дуговая сварка имеет недостатки:

- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;
- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая оказывается критичной при большом объёме выполняемых работ;
- низкая стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

Автоматическая сварка под флюсом имеет недостатки:

- осыпание флюса с изделия;
- образование большого числа непроваров и пор вследствие высокой жидкотекучести расплавленного флюса и металла;
- повышенные требования к точности сборки под сварку, что необходимо для предотвращения затекания расплавленного металла между кромками.

Проектная технология сборки и сварки предусматривает применение механизированной и автоматической сварки в защитных газах с импульсным управлением сварочной дугой. Для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 21 исходные данные по базовому и проектному вариантам технологии.

Таблица 21 – Исходные данные для экономической оценки эффективности проектной технологии по сравнению с базовой технологией

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	1500 тыс.	2400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	5	8
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,2	3,2
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	1000	1000
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/м^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [9]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

При расчётах предстоит определить фонд времени работы оборудования, оценить себестоимость проведения работ по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитать капитальные затраты.

4.2 Расчёт объёмов фонда времени

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (1) получаем:

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

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7\%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

При подстановке исходных значений в формулу (2) получаем:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Расчитанный выше эффективный фонд времени работы оборудования расходуется на выполнение операций проектного и базового технологического процесса. Годовую программы выполнения работ можно рассчитать, зная штучное время, которое определяет временные затраты на выполнение проектного и базового процессов применительно к одной единице изделия из годовой программы. Величину штучного времени для проектного и базового вариантов технологии определяем с учётом нормирования труда сварщика по технологической карте.

В состав штучного времени $t_{шт}$ входит несколько слагаемых. Во-первых, это машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса. Во-вторых, это вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение подготовительных операций и задаётся как 10 % от машинного времени $t_{маш}$. В-третьих, это время обслуживания рабочего места $t_{обсл}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-четвёртых, это время личного отдыха $t_{отд}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-пятых, это подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$, которое задаётся как 1% от машинного времени $t_{маш}$. С учётом исходных данных расчёт штучного времени проводим, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (3) получаем для базового варианта: $t_{шт.баз} = 3,9 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 6,8$ часов, проектного варианта: $t_{шт.пр} = 1,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3,2$ часа.

Вычисление годовой программы Π_r работ выполняем с учётом определённых выше эффективного фонда времени и штучного времени для проектного и базового вариантов, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (4) получаем для базового варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/6,8 = 302$ колонны за год, проектного варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{пр.}} = 2054/3,2 = 641$ колонны за год.

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_{\Gamma} = 100$ колонн за год, что примерно соответствует современным потребностям отрасли.

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$, воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (5) получаем для базового варианта: $n_{\text{расч}} = 6,8 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,32$, проектного варианта: $n_{\text{расч}} = 3,2 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,15$.

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов $n = 1$. Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (6) получаем для базового варианта: $K_{\text{э.б.}} = 0,32/1 = 0,32$; проектного варианта: $K_{\text{э.п.}} = 0,15/1 = 0,15$.

Определённые выше значения штучного времени $t_{\text{шт.}}$, годовой программы Π_{Γ} , коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{э}}$ будут использованы при дальнейших экономических расчётах.

4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии

Проведение операции сварки колонны здания требует затрат сварочных материалов. При ручной дуговой сварке такими материалами служат сварочные электроды. При сварке в защитных газах сварочными материалами служат проволока и защитный газ. При сварке под флюсом материалами служат проволока и флюс. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты M на материалы с учётом цены материалов Π_m , нормы расхода материалов H_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{т-з}$, воспользовавшись формулой:

$$M = \Pi_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} . \quad (7)$$

При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем:

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

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

Расчёт основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{\text{шт}}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$. Для этого воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (8) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 6,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 2557$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 3,2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1203$ руб.

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 2557 \cdot 12 / 100 = 307$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 1203 \cdot 12 / 100 = 144$ руб.

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. При этом для базового варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 2557 + 307 = 2864$ руб. Для проектного варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 1203 + 144 = 1347$ руб.

Величину отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем для базового варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 2864 \cdot 34 / 100 = 974$ руб.; для проектного варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 1347 \cdot 34 / 100 = 458$ руб.

Затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ рассчитываем с учётом амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации $H_{\text{а}}$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{\text{маш}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

При подстановке исходных значений в формулу (12) получаем для базового варианта: $A_{об.} = 1500000 \cdot 21,5 \cdot 6,8 / 2054 / 100 = 1067$ руб.; для проектного варианта: $A_{об.} = 2400000 \cdot 21,5 \cdot 3,2 / 2054 / 100 = 804$ руб.

Расчёт затрат на электрическую энергию $P_{э}$, выполняем с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии для промышленных предприятий $C_{э}$ и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени $t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{шт} \cdot C_{э} / \text{КПД}. \quad (13)$$

При подстановке исходных значений в формулу (13) получаем для базового варианта: $P_{э} = 6,8 \cdot 5 \cdot 3,2 / 0,7 = 147$ руб. Для проектного варианта получаем: $P_{э} = 3,2 \cdot 8 \cdot 3,2 / 0,85 = 91$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (11) получаем для базового варианта: $Z_{об} = 1067 + 147 = 1214$ руб. Для проектного варианта технологии получаем: $Z_{об} = 804 + 91 = 895$ руб.

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим как сумму затрат на материалы M , фонд заработной платы ФЗП, отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ и затраты на оборудование $Z_{об}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об}. \quad (14)$$

При подстановке исходных значений в формулу (14) получаем для базового варианта: $C_{тех.} = 6353 + 2864 + 974 + 1214 = 11405$ руб. Для проектного варианта: $C_{тех.} = 6384 + 1347 + 458 + 895 = 9048$ руб.

Величину цеховой себестоимости $C_{цех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной технологической

себестоимости $C_{\text{тех}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (15) получаем для базового: $C_{\text{цех}} = 11405 + 1,5 \cdot 2557 = 11405 + 3836 = 15241$ руб. Для проектного: $C_{\text{цех}} = 9048 + 1,5 \cdot 1203 = 9048 + 1805 = 10889$ руб.

Величину заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (16) получаем для базового: $C_{\text{зав}} = 15241 + 1,15 \cdot 2557 = 15241 + 2941 = 18182$ руб. Для проектного: $C_{\text{зав}} = 10889 + 1,15 \cdot 1203 = 10889 + 1383 = 12272$ руб.

В таблице 22 представлена калькуляция заводской себестоимости проведения проектной и базовой технологии.

Таблица 22 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

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. Затраты на оборудование	Зоб	1214	895
5. Технологическая себестоимость	Стех	11405	9048
6. Объём цеховых расходов	Рцех	3836	1805
7. Цеховая себестоимость	Сцех	15241	10889
8. Объём заводских расходов	Рзав	2941	1383
9. Заводская себестоимость» [10]	$C_{\text{зав}}$	18182	12272

Как видно из таблицы 22, проведение производственного процесса по проектной технологии характеризуется меньшей заводской себестоимостью.

4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при проведении производственного процесса по базовому варианту технологии проводится с использованием рассчитанного ранее коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Величину остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которое было использовано в производственном процессе при осуществлении базового варианта технологии рассчитываем с учётом срока службы $T_{\text{сл}}$, рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизационных отчислений H_a . При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв}} - (\Pi_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

При подстановке исходных значений в формулу (18) получаем остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}} = 1500000 - (1500000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 855000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (17) получаем величину общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 855000 \cdot 0,32 = 273600$ руб.

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при проведении производственного процесса по проектному варианту технологии проводится с учётом капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ и сопутствующих затрат $K_{\text{соп.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Объём капитальных вложений в оборудование $K_{об}$ при осуществлении проектного технологического процесса рассчитывается с учётом цены оборудования $C_{об}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{з.п.}$, который был рассчитан ранее. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (20) капитальные вложения в оборудование $K_{об.пр.} = 2400000 \cdot 1,05 \cdot 0,15 = 378000$ руб.

Объём сопутствующих затрат $K_{соп}$ при проведении производственного процесса по проектной технологии вычисляется с учётом расходов на монтаж $P_{монт}$ проектного оборудования и демонтаж $P_{дем}$ базового оборудования. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Расходы на демонтаж $P_{дем}$ определяются исходя из стоимости оборудования по базовому варианту с учётом коэффициента затрат на демонтаж $K_{дем}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{дем.} \quad (22)$$

При подстановке исходных значений в формулу (22) расходы на демонтаж оборудования составили: $P_{дем} = 1 \cdot 1500000 \cdot 0,05 = 75000$ руб.

Расходы на монтаж $P_{монт}$ определяются исходя из стоимости оборудования по проектному варианту с учётом коэффициента затрат на монтаж $K_{монт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{монт.} \quad (23)$$

При подстановке исходных значений в формулу (23) расходы на монтаж оборудования составили: $P_{монт} = 2400000 \cdot 0,05 = 120000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (21) сопутствующие расходы составили: $P_{\text{соп}} = 75000 + 120000 = 195000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (19) общие капитальные затраты при реализации проектной технологии составили: $K_{\text{общ.пр.}} = 378000 + 195000 = 573000$ руб.

Дополнительные капитальные затраты при внедрении проектной технологии рассчитываются с учётом общих капитальных затрат при проектном варианте $K_{\text{общ.пр.}}$ и общих капитальных затрат при базовом варианте $K_{\text{общ.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (24) дополнительные капитальные вложения составят: $K_{\text{доп}} = 573000 - 273600 = 299400$ руб.

Размер удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ при построении технологии по базовому и проектному вариантам рассчитываются исходя из годовой программы Π_r и общих капитальных вложений. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (25) удельные капитальные вложения по базовому: $K_{\text{уд}} = 273600/100 = 2736$ руб./ед. Удельные капитальные вложения по проектному варианту составляют: $K_{\text{уд}} = 573000/100 = 5730$ руб./ед.

4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям:

- снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$;
- повышение производительности труда P_T ;
- снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$;
- условно-годовая экономия $P_{ок}$;
- срок окупаемости капитальных вложений $T_{ок}$;
- годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$.

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{шт.б.}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{шт.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (26) снижение трудоёмкости составило: $\Delta t_{шт} = (6,8 - 3,2) \cdot 100 \% / 6,8 = 53 \%$.

Расчёт повышения производительности труда P_T выполняется с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (27) повышение производительности труда составило: $P_T = 100 \cdot 53 / (100 - 53) = 113 \%$.

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии $C_{тех.б.}$ и технологической себестоимости по проектному варианту технологии $C_{тех.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (28) снижение технологической себестоимости при внедрении предлагаемых технических решений составило: $\Delta C_{\text{тех}} = (11405 - 9084) \cdot 100\% / 11405 = 20 \%$.

Расчёт условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ выполним с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$, заводской себестоимости по проектному варианту $C_{\text{зав.пр}}$ и заводской себестоимости по базовому варианту $C_{\text{зав.б}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (29) условно-годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (18182 - 12272) \cdot 100 = 591000$ руб.

При расчёте срока окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ учитывается размер дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (30) срок окупаемости дополнительных составил: $T_{\text{ок}} = 299400 / 591000 = 0,5$ года.

Расчёт годового экономического эффекта $\mathcal{E}_{\text{г}}$ при внедрении предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений выполняется с учётом рассчитанных ранее условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ и коэффициента эффективности капитальных вложений $E_{\text{н}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

При подстановке исходных значений в формулу (31) годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{г}} = 591000 - 0,33 \cdot 299400 = 492198$ руб.

Таким образом, проектная технология показывает свою эффективность по всем показателям и может быть рекомендована к внедрению.

Выводы по экономическому разделу

В ходе выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены варианты построения производственного процесса с применением базовой технологии и с применением проектной технологии.

Для проектной и базовой технологии были рассчитаны основные экономические показатели (штучное время; технологическая, цеховая и заводская себестоимость, капитальные вложения).

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям, как снижение трудоёмкости, повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия, срок окупаемости капитальных вложений, годовой экономический эффект.

Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 53 % и увеличить производительность на 113 %.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 20 %. При этом условно-годовая экономия составила 0,591 млн. рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 0,5 года. При этом годовой экономический эффект составит 0,492 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать эффективность построения производственного процесса по проектной технологии. Представленные в выпускной квалификационной работе технические решения могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях Российской Федерации.

Заключение

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении опорных металлических колонн зданий.

При анализе конструкции изделия признано, что она является технологичной. Сварная колонна позволяет использовать стандартное сварочное оборудование и сварочные материалы, её изготовление может быть в значительной степени автоматизировано и механизировано. Применяемая при её изготовлении автоматическая сварка под флюсом обоснована и позволяет вести сварку с высокой производительностью и степенью автоматизации.

В ходе постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы сформулированы задачи исполнительского блока:

- обосновать выбор производительных способов сварки при сборке и сварке колонны здания;
- на основании изученных источников научно-технической информации предложить средства для повышения эффективности выбранного способа сварки;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки колонны здания.

Решая первую задачу, проведён предварительный анализ возможных способов сварки. По результатам экспертной оценки каждого рассмотренного способа для построения проектной технологии предложено использовать механизированную и автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Решая вторую задачу, на основании результатов работы исследователей-сварщиков предложено использовать разработку, которая

позволяет обеспечить импульсное управление сварочной дугой. В результате происходит стабилизация переноса электродного металла, и повышение качества ремонтной сварки и наплавки.

Решая третью задачу, было предложено современное оборудование для выполнения механизированной и автоматической сварки в защитных газах плавящейся проволокой.

Решая четвертую задачу, была построена проектная технология сварки колонны здания.

Выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности. Предложены мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Выполнена оценка экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту. Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 53 % и увеличить производительность. Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 20%. При этом годовой экономический эффект составит 0,492 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на промышленных предприятиях, выполняющих сварку балок, например, колонн зданий.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
2. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
3. Белов В. А. Совершенствование сварных металлических балочных конструкций // Вестник МГСУ. 2009. № 11. С. 160–162.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
5. Василькин А. А., Сафронов С. С., Еремин К. Е. Исследование области эффективного применения стальных колонн // Вестник БГТУ. 2019. № 4. С. 53–60.
6. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М : Машиностроение, 1986. 172 с.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.
9. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
10. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
11. 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.

12. Луконин В. А., Репекто В. В., Прокопович А. А. Индивидуальное каркасное и панельное домостроение // Строительные материалы. 2011. № 6. С. 50–51.

13. Мирошникова И. М., Синенко С. А. Комплексная модель системы выбора рациональных решений по организации строительных процессов при возведении многоэтажных зданий // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 6. С. 71–75.

14. Михайленко Т. Г. Вариативность решения узла сварной конструкции // Вестник БГТУ. 2013. № 3. С. 7–10.

15. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.

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

17. Пермяков М. Б., Мышинский М. И. Повышение длительных эксплуатационных свойств металла зон сварных тавровых соединений большепролётных подкрановых балок // European Science. № 2. С. 17–20.

18. Пермяков М. Б., Чернышова Э. П., Кришан А. Л. Актуальные проблемы строительства: монография. Магнитогорск, 2013. 139 с.

19. 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.

20. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

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

22. Фотин О. В. Система РКД «Иркутский каркас» многоэтажных зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 65–68.

23. Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Науменко С. М. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.

24. Ярмаковский В. Н. Ресурсоэнергосбережение при производстве элементов конструктивно-технологических систем зданий, их возведении и эксплуатации // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 1–3.

25. Ярмаковский В. Н., Семченков А. С., Козелков М. М. О ресурсоэнергосбережении при использовании инновационных технологий в конструктивных системах зданий в процессе их создания и возведения // Вестник МГСУ. 2011 № 3. Т. 1. С. 209–215.

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

27. 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.