

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

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

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для монтажа вертикального резервуара объёмом 20000 кубических метров

Студент

А.А. Астрашабов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

При строительстве резервуаров значительное место занимают сварочные технологии, от качества организации которых существенно зависит безопасность и длительность дальнейшей эксплуатации строящегося резервуара. За счёт применения механизированной и автоматической сварки производительность и качество возведения резервуара может быть повышено. В нормативной документации особо отмечается преимущество использования механизированных и автоматических способов сварки перед ручной дуговой сваркой. Однако ручная дуговая сварка продолжает применяться при строительстве резервуаров. Поэтому вопрос повышения производительности сварочных работ за счёт механизации и автоматизации сварочных процессов остаётся актуальным.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при возведении вертикального стального резервуара.

В работе решены задачи:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки стенки резервуара.

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

При выполнении экономического раздела проведены экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий. Экономический эффект составил 1,95 млн. рублей в год. Был сделан вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварочных технологий при строительстве вертикальных резервуаров.	7
1.1 Описание резервуара и особенностей его конструкции.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления резервуара.	10
1.3 Описание операций базового процесса сварки резервуара.	13
1.4 Обоснование метода возведения резервуара.	19
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	23
2 Проектная технология сварки резервуара.	25
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	25
2.2 Общие требования к выполнению сварочных операций.	30
2.3 Описание сварочных операций при строительстве резервуара. ...	31
2.4 Применяемое сварочное оборудование.	36
3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы.	39
3.1 Технологическая характеристика объекта	39
3.2 Идентификация профессиональных рисков	41
3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов.	43
3.4 Пожарная безопасность на производстве.	45
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии.	47
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.	50
4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности.	50
4.2 Расчёт объёмов фонда времени.	53
4.3 Расчет штучного времени	54
4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов	

технологии.	56
4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии.	60
4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии.	62
Заключение	66
Список используемой литературы и используемых источников.	68

Введение

Резервуарный парк применяется для хранения и переработки нефтепродуктов. Развивающийся в настоящее время политический и экономический кризис затрудняет оперативную поставку нефтепродуктов иностранному потребителю. В этих условиях актуальным является решение вопроса скорейшего расширения резервуарного парка, который должен иметь возможность аккумулирования временно образующихся излишков нефтяной продукции.

Изготовление резервуара возможно из отдельных листов, что позволяет выполнить доставку элементов резервуара (части днища, стенки, крыши, арматура и т.д.) и сборку резервуара на значительном расстоянии от завода-изготовителя. В этом случае самыми удобными для транспортировки на дальние расстояния могут считаться вертикальные резервуары, технология возведения которых отработана.

Хранение продукта в вертикальном стальном резервуаре может выполняться в различных климатических зонах, сами резервуары являются важнейшим элементом нефтяной отрасли. Без применения резервуаров функционирование нефтяной отрасли было бы невозможным.

Следует принимать во внимание, что при разрушении резервуара, находящегося в эксплуатации, происходит разлив нефтепродуктов и загрязнение территории со значительной площадью. Кроме того, из-за риска возгорания возможно усугубление последствий экологической катастрофы и человеческие жертвы [18]. Данные по авариям на резервуарном парке показывают, что за последние 50 лет произошло порядка 140 крупных аварий на вертикальных стальных резервуарах [7].

При строительстве резервуаров значительное место занимают сварочные технологии, от качества организации которых существенно зависит безопасность и длительность дальнейшей эксплуатации строящегося резервуара. За счёт применения механизированной и автоматической сварки

производительность и качество возведения резервуара может быть повышено. В нормативной документации особо отмечается преимущество использования механизированных и автоматических способов сварки перед ручной дуговой сваркой [15]. Однако ручная дуговая сварка продолжает применяться при строительстве резервуаров. Поэтому вопрос повышения производительности сварочных работ за счёт механизации и автоматизации сварочных процессов остаётся актуальным.

Имеющаяся в настоящий момент технология возведения вертикальных резервуаров обладает значительными резервами для совершенствования. В первую очередь, это объясняется низким уровнем автоматизации и механизации сварочных работ, что также снижает качество сварки. Также следует учесть тяжесть условий труда, при которых происходит работа сварщика в процессе возведения резервуара.

На основании вышеизложенного следует заключить, что повышение конкурентоспособности предприятий, выполняющих строительство резервуарного парка, возможно при замене ручной дуговой сварки на более производительные способы, которыми являются сварка в защитных газах, под флюсом и порошковой проволокой. Также необходимо применять достижения современной сварочной науки в области управления горением сварочной дуги и переноса электродного металла. Следует внедрять перспективные методики контроля качества, переходить на формированные параметры режима сварки.

Таким образом, можно признать актуальной целью настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при возведении вертикального стального резервуара.

Предметом исследования является технологический процесс выполнения сварных швов.

Объектом исследования является вертикальный цилиндрический резервуар РВСП 20000.

1 Современное состояние сварочных технологий при строительстве вертикальных резервуаров

1.1 Описание резервуара и особенностей его конструкции

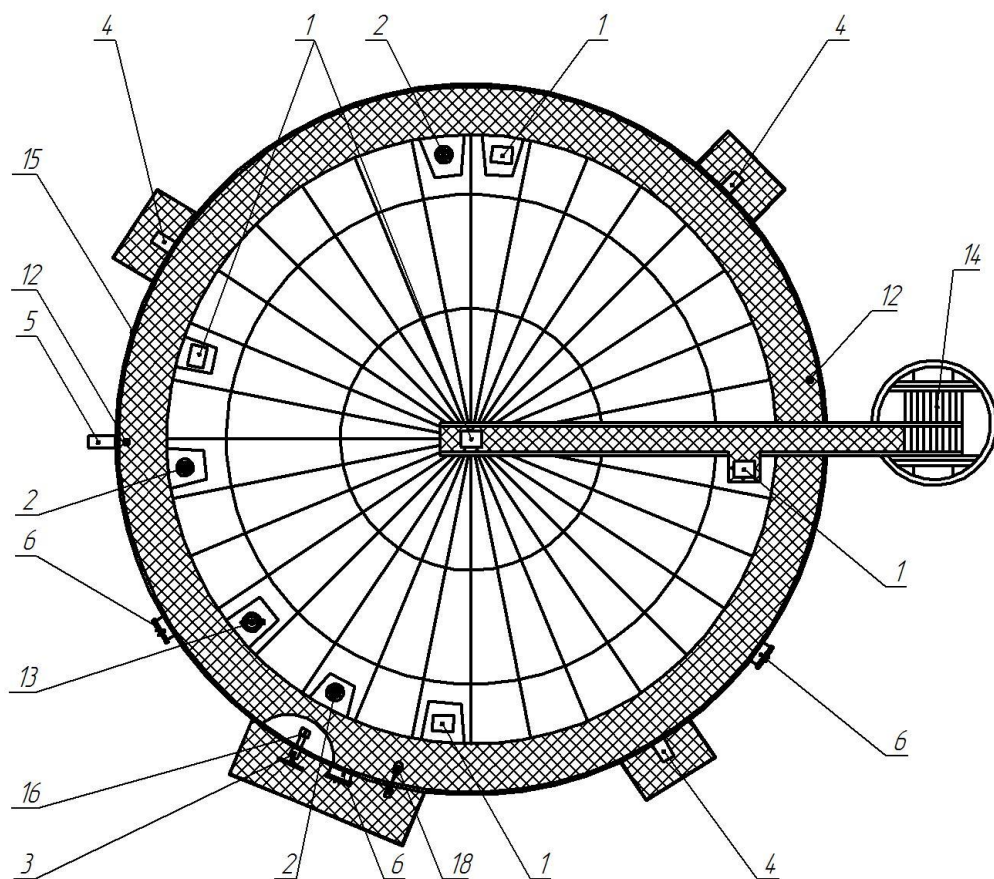
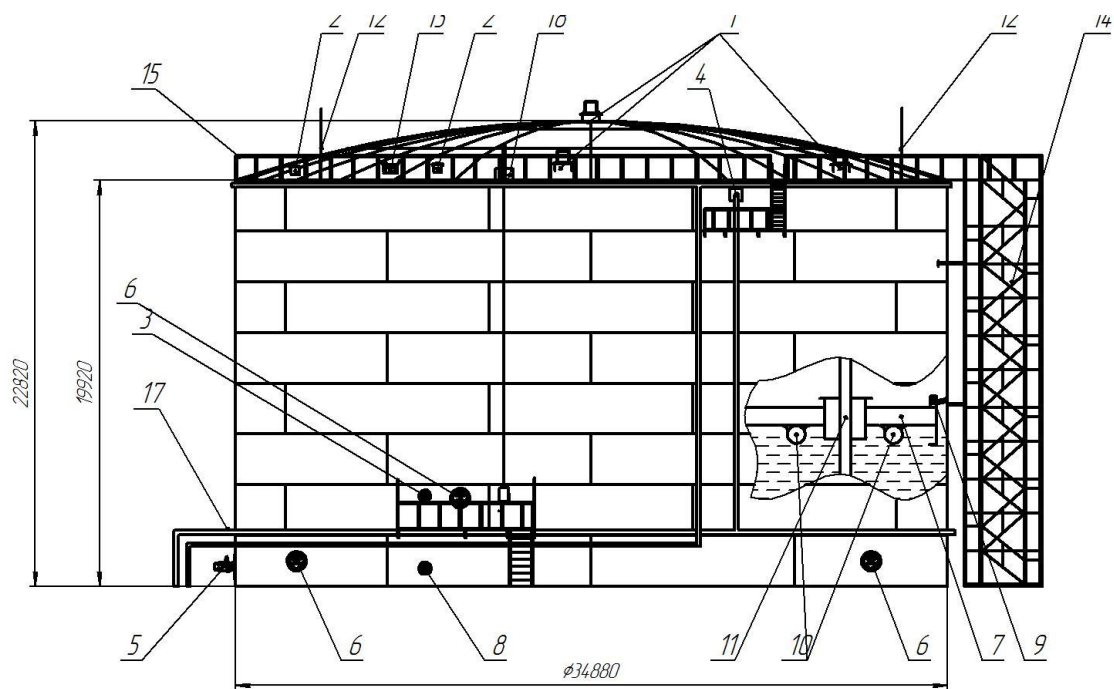
В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается сварка вертикального стального резервуара РВСП-20000, который представлен на рисунке 1. Этот резервуар предназначен для хранения товарной нефти на нефтебазах и объектах магистральных нефтепроводов. Эксплуатация резервуара возможна в условиях холодного климата с температурным минимумом $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 1 – Внешний вид резервуара РВСП-20000

Состав резервуара представлен на рисунке 2, в него входит «1 – патрубок вентиляционный, 2 – люк световой, 3 – механизм управления хлопушей, 4 – генератор пены, 5 – кран сифонный, 6 – люк-лаз, 7 – понтон, 8 – патрубок приёмно-раздаточный, 9 – уплотняющий затвор, 10 – поплавок, 11 – направляющая, 12 – молниеприёмники, 13 – замерный люк, 14 – лестница шахтная, 15 – ограждение, 16 – хлопуша, 17 – система орошения, 18 – поплавковый уровнемер» [16].

По конструкции резервуар является вертикально устанавливаемой ёмкостью, которая служит для приёма, хранения и учёта нефтепродуктов.



- 1 – патрубок вентиляционный, 2 – люк световой, 3 – механизм управления хлопушей,
 4 – генератор пены, 5 – кран сифонный, 6 – люк-лаз, 7 – понтон, 8 – патрубок приёмо-
 раздаточный, 9 – уплотняющий затвор, 10 – поплавок, 11 – направляющая,
 12 – молниеприёмники, 13 – замерный люк, 14 – лестница шахтная, 15 – ограждение,
 16 – хлопуша, 17 – система орошения, 18 – поплавковый уровнемер

Рисунок 2 – Резервуар РВСП-20000 (общий вид)

В процессе эксплуатации вертикального резервуара применяется различное вспомогательное оборудование. Во-первых, это дыхательная арматура, которая служит для выравнивания давления внутри самого резервуара и атмосферного давления, так как при закачивании в резервуар нефти и откачке из него нефти образуются перепады давления. Во-вторых, во вспомогательное оборудование резервуара входит приёмно-отпускное устройство, подводящий трубопровод, приёмно-отпускной патрубком, хлопушу с механизмом управления и перепускное устройство. Также в конструкции резервуара предусмотрено наличие механизма размыва донных отложений.

Крыша резервуара имеет световые и технологические люки, которые применяются в процессе технического обслуживания резервуара и измерения уровня хранящейся нефти. Для сброса избыточного давления при нагреве резервуара предусмотрено наличие аварийного клапана. Для сброса отстоявшейся воды со дна резервуара имеется сифонный кран.

Стенка резервуара имеет восемь поясов, которые изготовлены из листовой стали. Толщина стенки первого пояса составляет 18 мм. Толщина стенки второго пояса составляет 14 мм. Толщина стенки третьего пояса составляет 12 мм. Толщина стенки четвёртого, пятого, шестого, седьмого и восьмого поясов составляет 10,5 мм.

Правка, фрезерование скоса кромок и гибка листов происходит на заводе-изготовителе. Далее выполняют упаковку листов и их транспортирование на участок строительства резервуара.

Конструкция резервуара и устройство его вспомогательного оборудования позволяет:

- перекачивать нефть по трубопроводу согласно схеме «нефтепровод-резервуар»,
- перекачивать нефть по трубопроводу согласно схеме «нефтепровод-нефтепровод»,
- наполнять и освобождать ёмкость резервуара.

1.2 Сведения о материале для изготовления резервуара

Лестницы и ограждения резервуара изготавливаются из стали Ст3. Корпус резервуара изготавливается из стали 09Г2С.

Хорошая свариваемость стали 09Г2С объясняется малым содержанием в этой стали углерода. Безопасная эксплуатация металлических конструкций, выполненных из стали 09Г2С возможна при температурах окружающей среды от -70 °С до +450 °С. Сталь 09Г2С применяется для заготовок нефте- и газодобывающей промышленности, нефтехимии и строительства. Правильный выбор параметров режима сварки и термической обработки позволяет обеспечить высокое качество конструкций. Содержание химических элементов в стали 09Г2С представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С [14]

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As» [14]
0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008

Сварные швы, которые были выполнены при изготовлении конструкций из стали 09Г2С, характеризуются некоторой неоднородностью по структуре и свойствам металла [4], [5]. Возможно содержание в зоне термического влияния включений крупнозернистой структуры, которые могут снизить эксплуатационные свойства сварных соединений, и потому нежелательны. Также при сварке наблюдается образование локальных участков со значительным уровнем остаточных микронапряжений и микродеформаций, которые не только снижают эксплуатационные и механические свойства металла сварного шва, но и ускоряют протекание коррозионных процессов, а также могут способствовать растрескиванию.

При выполнении сварных швов в конструкциях из стали 09Г2С возможно получение незначительного упрочнения металла в зоне перегрева. Также в зоне термического влияния наблюдается снижение ударной вязкости основного металла.

Предупредить образование закалочных структур при сварке конструкций из стали 09Г2С помогает предварительный подогрев. За счёт проведения предварительного подогрева в стали происходит перлитное превращение. Также регулирование скорость охлаждения стали при сварке позволяет получить желаемую твёрдость металла. При строительстве резервуаров предварительный подогрев затруднён.

Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С [14]

Твёрдость	Предел прочности	Удельная теплопроводность	Удельная теплопроводность	Плотность	Температура плавления	Температуропроводность $\times 10^{-6}$
НВ	МПа	Вт/м \cdot °С	Дж/кг \cdot °С	кг/м 3	°С	м 2 /с
≤ 240	490	43...80	494	7850	1350	11,08...20,6

Сварка металлических конструкций из стали 09Г2С сопровождается образованием различных дефектов, среди которых наиболее часто встречаются поры, непровары и горячие трещины [1], [2], [13].

Возникновение горячих трещин происходит по причине того, 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.

Если термическую обработку сварного шва проводить сразу после выполнения сварки, вероятность образования горячих трещин увеличивается. Также следует иметь в виду, что наличие различных концентраторов напряжения также увеличивает вероятность образования горячих трещин. На образование трещин влияет неправильный выбор параметров режима и техники сварки. В частности, при завышенной скорости сварки вероятность образования горячих трещин увеличивается.

Уменьшение опасности горячих трещин при сварке металлических конструкций достигается при специальной технике сварки – длину дуги следует уменьшить, а сварку выполнять без поперечных колебаний электрода. При обрыве дуги необходимо обеспечить тщательное заплывание 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.

Непровары 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.

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.

Вероятность образования пор при сварке повышается 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.

1.3 Описание операций базового процесса сварки резервуара

1.3.1 Выполнение и приёмка заготовок и сварочных материалов

Сварочные материалы (электроды, проволока, защитный газ) и заготовки должны иметь сертификат завода-поставщика. Если такой сертификат отсутствует, необходимо проведение предварительных испытаний, которые позволяют проверить соответствие требованиям стандартов и технических условий. Также исходные материалы могут быть подвергнуты испытаниям, если в процессе их применения были обнаружены недопустимые дефекты и отклонения от действующих нормативов.

Разделка кромок на заготовках должна соответствовать ГОСТ 14771-76. Изготовление сварных конструкций должно проводиться в соответствии с чертежами, государственными и отраслевыми стандартами, техническими условиями.

Поступающие на сварочный участок заготовки должны быть отрихтованы, при этом непрямолинейность и неплоскостность не должны

быть более 3 мм на один погонный метр. Чертежи на сварную конструкцию могут предъявлять повышенные требования к точности выполнения заготовок.

При сборке под сварку следует обеспечить отсутствие масла, грязи и ржавчины на ширине 20 мм от оси сварного шва.

Для сборки деталей и узлов применяются специальные или универсальные приспособления, которые должны обеспечить необходимую точность сборки.

Для проверки и поддержания заданных параметров режима сварки сварочное оборудование должно быть обеспечено соответствующими регулируемыми и контрольно-измерительными приборами

1.3.2 Заготовительные операции

Для изготовления стенки резервуара применяются листовые заготовки толщиной 18, 14, 12 и 10,5 мм. Листы поступают на многовалковую машину, где они проходят правку. Далее листы поступают на фрезеровальный станок, где на них выполняют скос кромок. После подготовки кромок листы поступают на листогибочную машину, где им придают необходимый радиус изгиба.

Далее листы упаковывают и отправляют на место возведения резервуара наземным или водным транспортом.

Для выполнения заготовительных операций применяется стандартное оборудование. При этом следует принимать во внимание, что гибку листов можно выполнять без подогрева, так как радиусгиба значителен.

Выполнение заготовок для стенки резервуара не требует применения специальной разметки, так как листы имеют простую геометрическую форму.

За счёт применения фрезерования кромок удаётся совместить высокую точность и производительность выполнения разделки.

1.3.3 Сборочные операции

С точки зрения проведения сборочных операций конструкций стального вертикального резервуара может считаться технологичной. Это объясняется тем, что все детали могут быть надёжно и относительно просто зафиксированы. При этом сварные стыки позволяют обеспечить доступ сварщику с обеих сторон.

При сборке следует принимать во внимание, что приварка вспомогательных элементов (скоб, клиьев и т.д.) к стенке и окрайке вызывает ожог основного металла и может стать концентратором напряжений и коррозии.

1.3.4 Сварочные операции

Первыми при сварке стенки резервуара выполняются вертикальные стыки. К их сварке следует приступать после того, как были проведены сборка и контроль не менее четырёх листов пояса.

Параметр режима сварки указываются в технологических картах. После того, как было выполнено два прохода с одной стороны, следует провести зашлифовку корневого слоя шва с обратной стороны до чистого бездефектного металла.

К сварке горизонтального шва следует приступать после того, как завершена сварка вертикальных стыков в смежных поясах. При этом площадь сечения валика на каждом проходе не должна превышать 50 мм^2 . Ширина прохода в горизонтальном шве не должна превышать 14 мм. Сварные швы на стенке резервуара, на которых проводится ультразвуковой контроль, должны иметь гладкую поверхность. При этом впадины между проходами на облицовочном слое не должны быть более 0,3 мм.

По базовому варианту технологии сварка проводится ручная дуговая и механизированная в защитном газе проволокой сплошного сечения.

При выполнении механизированной сварки применяется сварочная установка УСТ-22, которая смонтирована на гусеничном тракторе ДТ-75 и полуавтомат ПДГ-508. Для сварки применяется проволока СВ-08Г2С диаметром 1,2 мм и углекислый газ. Для ручной дуговой сварки применяются электроды УОНИ 13/55 диаметром 3 мм и диаметром 4 мм.

Параметры режима механизированной сварки представлены в таблице 3. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Принимают расход углекислого газа 10...20 л/мин при скорости ветра до 2 м/с. При скорости ветра 3...5 м/с принимают расход углекислого газа 25...30 л/мин.

Таблица 3 – Параметры режима механизированной сварки

Параметр	Пространственное положение сварного шва								
	Нижнее			Вертикальное			Горизонтальное		
Слой шва	корневой	заполняющие	облицовочный	корневой	заполняющие	облицовочный	корневой	заполняющие	облицовочный
Ток сварки, А	140-210	180-320	160-320	140-180	160-220	140-60	160-180	240-300	160-220
Напр. дуги, В	19-22	20-28	20-28	19-22	19-24	19-22	19-22	22-26	20-25
Вылет, мм	10-15								

При ручной дуговой сварке принимается ток сварки 90...120 А для электродов диаметром 3 мм и ток сварки 130...170 А для электродов диаметром 4 мм.

Перед тем, как выполнять прихватки и сварку корня шва проводят предварительный подогрев кромок. Ширина предварительного подогрева принимается 50 мм в обе стороны шва.

При температуре воздуха ниже +5°C и обнаружении на свариваемых кромках влаги и наледи следует выполнить просушку кромок путём их нагрева до температуры 40...50 °С.

При многопроходной сварке следует поддерживать температуру слоёв не менее 50 °С. Если этого сделать не удастся, необходимо проведение сопутствующего подогрева.

1.3.4 Контрольные операции

Качество сварных швов проверяется при проведении контрольных операций. После сварки проводится визуально-измерительный контроль сварных швов в объёме 100 %. Перед тем, как провести визуально-измерительный контроль, необходимо выполнить очистку поверхности сварного шва и прилегающей поверхности основного металла с обеих сторон.

При проведении визуально-измерительного контроля обеспечивается обнаружение следующих дефектов:

- свищи;
- прожоги;
- подрезы;
- выходящие на поверхность поры;
- трещины;
- наплывы;
- незаваренные кратеры;
- грубая чешуйчатость.

После того, как пройден визуально-измерительный контроль, проводят неразрушающий УЗ контроль, объём которого в зависимости от назначения шва составляет:

- для всех сварных швов, которые прилегают к отверстиям и люкам объём неразрушающего контроля составляет 100 %;
- для кольцевых швов объём неразрушающего контроля составляет 20 %;

- для вертикальных швов объём неразрушающего контроля составляет 20 %;
- для пересечений сварных швов объём неразрушающего контроля составляет 100 %.

Ультразвуковой контроль помогает обнаруживать такие дефекты, как:

- трещины;
- непровары и несплавления;
- поры и шлаковые включения;
- свищи.

После строительства резервуара и проведения контроля его сварных швов следует провести гидравлические испытания резервуара. При проведении гидравлических испытаний наполняют резервуар водой. В процессе наполнения равномерно поднимают внутренне давление до величины 0,82 МПа, при этом скорость подъёма давления не должна превышать 0,5 МПа в минуту. После заполнения резервуар выдерживают под давлением в течение 30 минут. При заполнении резервуара и выдержке заполненного резервуара запрещено обстукивать его.

После выдержки резервуара под давлением в течение 30 минут давление в нём снижают до 0,66 МПа и проводят визуальный осмотр сварных швов. После этого из резервуара опорожняют.

В процессе гидравлических испытаний проверяют следующее:

- «отсутствие признаков разрыва оболочки;
- в разъёмных соединениях должна отсутствовать течь;
- при контроле давления по манометрам не зафиксировано его падения в ходе испытаний;
- в ходе испытания отсутствуют остаточные деформации резервуара;
- в ходе испытаний не обнаруживаются потения, течи и пузырьки воздуха в сварных соединениях и на основном металле» [15].

1.4 Обоснование метода возведения резервуара

При возведении вертикальных резервуаров могут быть применены различные схемы, выбор которых определяется техническим оснащением производителя работ и условиями возведения резервуара.

В качестве первого и наиболее распространённого метода можно указать «полистовой» метод, или «метод наращивания», который представлен на рисунке 3. В этом случае выполняется монтаж отдельных листов пояса стенки резервуара. Предварительно перед сборкой и сваркой проводят вальцевание листов, чтобы придать им необходимый радиус изгиба. Метод наращивания считается самым простым и универсальным, позволяющим проводить сборку и сварку резервуаров любых объёмов.

Первым преимуществом полистового метода следует указать простоту доставки заготовок. Малые габариты и масса отдельных листов позволяют значительно уменьшить количество единиц транспорта для подвоза заготовок. Также становится возможным применение автомобильного транспорта, что существенно упрощает возведение резервуара в условиях отсутствия возможности доставки железнодорожным или водным транспортом.



Рисунок 3 – Возведение резервуара полистовым методом (метод наращивания)

Вторым преимуществом полистового метода следует указать малую площадь строительной площадки, на которой происходит возведение резервуара. Поэтому полистовой метод применяется при строительстве резервуаров в стеснённых условиях, например, при реконструкции существующих объектов и перевооружении резервуарного парка.

В качестве третьего преимущества полистового метода следует указать возможность строительства резервуаров без применения кранов с большой грузоподъёмностью. Особенно актуальным указанное преимущество становится в настоящих условиях, когда с российского рынка уходят мировые лидеры производства большегрузных кранов. Кроме того, доставка крана большой грузоподъёмности может быть невозможна при работе на удалённых объектах. Также в этом случае нет необходимости перенесения тяжёлого рулона стенки поверх уже построенных на объекте сооружений.

В качестве четвёртого преимущества полистового метода следует указать отсутствие необходимости проведения специальной подготовки строительной площадки для использования на ней бульдозеров, разворачивающих рулон стенки.

Полистовой метод строительства резервуаров имеет ряд недостатков. Главным недостатком является малая производительность возведения резервуара. Это объясняется большим объёмом сварочных работ, которые выполняются непосредственно на строительной площадке. В результате существенно увеличивается трудоёмкость и длительность работ. Также следует принимать во внимание, что значительное количество сварных швов приходится выполнять на высоте, что в свою очередь также приводит к увеличению трудоёмкости работ. Также большой объём сварочных работ делает необходимым увеличение объёмов контроля качества, что также существенно увеличивает трудоёмкость.

Вторым по распространённости методом строительства вертикальных стальных резервуаров является метод подращивания, который представлен на рисунке 4. При строительстве резервуара по этому методу на земле

заранее происходит подготовка слоёв стенки. Первоначально выполняют монтаж и сварку днища резервуара. После этого выполняют сварку верхнего пояса и крыши резервуара.

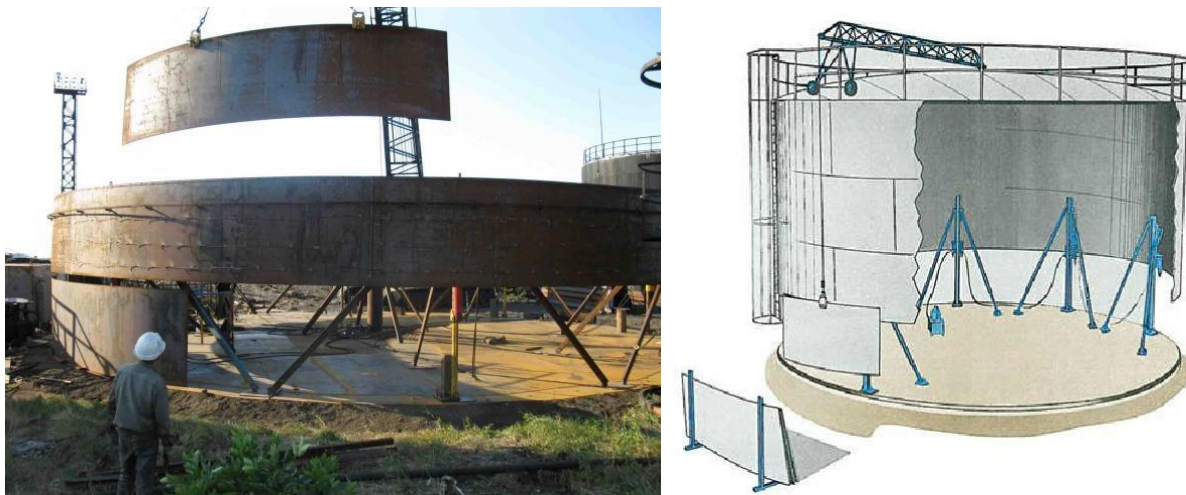


Рисунок 4 – Возведение резервуара методом подращивания

Далее с использованием специальных домкратов выполняют подъём верхнего пояса и крыши на высоту второго пояса, монтируют и сваривают второй пояс. После этого поднимают уже два сваренных пояса и крышу, выполняя монтаж и сварку следующего пояса. Таким образом, сварка резервуара выполняется как-бы сверху вниз, начиная с верхнего пояса и заканчивая нижним поясом.

Описанный метод возведения резервуара подращиванием обладает рядом преимуществ. В качестве первого преимущества метода подращивания следует указать выполнение большинства сварочных работ на земле. Таким образом, повышается качество и производительность сварки, улучшаются условия труда сварщиков и проведения контрольных операций. Также нет необходимости возведения строительных лесов.

В качестве второго преимущества следует указать возможность выполнения большинства сварочных работ под крышей, что повышает качество сварки.

Третьим преимуществом является высокая точность сборки.

Пятым преимуществом является отсутствие необходимости применения кранов с большой грузоподъемностью, так как для подъема резервуара применяются специальные гидравлические домкраты.

Метод подращивания имеет ряд недостатков. Главным недостатком является низкая производительность, которая снижается из-за необходимости поддержания устойчивости резервуара при его монтаже.

Третьим по распространенности методом строительства резервуаров является метод рулонирования, представленный на рисунке 5. При возведении резервуара методом рулонирования на заводе-изготовителе выполняют сварку полотна стенки и полотна днища. Далее полотна стенки и днища сворачивают в рулоны и доставляют на место строительства резервуара с применением специального транспорта. На строительной площадке разворачивают рулон днища, устанавливают на него рулон стенки. Далее рулон стенки разворачивают и приваривают к днищу.

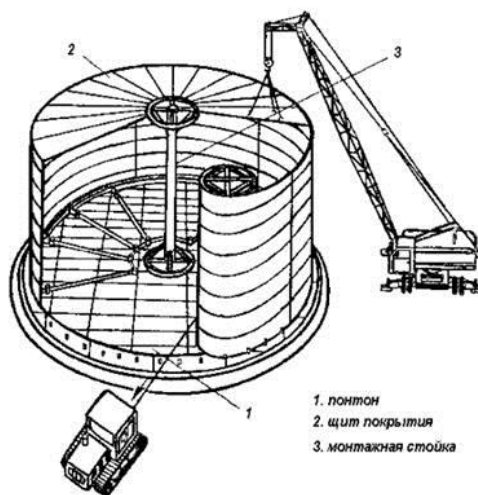


Рисунок 5 – Возведение вертикального стального резервуара рулонным методом

В качестве главного преимущества строительства резервуаров рулонным методом следует отметить высокую производительность работ, поскольку значительная часть сварных швов заранее выполнена на заводе-изготовителе.

Также следует отметить высокое качество сварки, так как она была выполнена в заводских условиях с применением специального сварочного оборудования и методик контроля.

В числе недостатков метода рулонирования следует отметить высокие требования к оснащению завода-изготовителя сварочным оборудованием. Не все предприятия страны имеют оборудование, позволяющее сварить, проверить и свернуть рулоны днища и стенки. Также необходимо отметить применение специального транспорта, который необходим для доставки рулонов к месту возведения резервуара. Также следует указать на необходимость специальной подготовки строительной площадки для размещения на ней кранов с большой грузоподъемностью и бульдозеров.

Возведение резервуаров рулонным методом требует самой большой площади, что может вызвать затруднения при строительстве резервуара на уже используемых объектах.

На основании вышеизложенного принимаем полистовой метод возведения резервуара.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при возведении вертикального стального резервуара.

Базовая технология сборки и сварки резервуара предусматривает применение ручной дуговой сварки и механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Сварка горизонтальных швов резервуара с применением механизированной сварки имеет малую производительность по сравнению с автоматической сваркой и может приводить к образованию дефектов. Также механизированная сварка в углекислом газе на форсированных режимах

сопровождается получением значительного разбрызгивания электродного металла.

На основании вышеизложенного сформулируем задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки стенки резервуара.

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 [3], [6].

Во-вторых, предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [8], [9].

2 Проектная технология сварки резервуара

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Нормативная документация допускает при строительстве резервуаров применение следующих способов сварки:

- «ручная дуговая сварка покрытыми электродами (в основном при сварке резервуаров малого объёма, но продолжает широко применяться);
- механизированная сварка порошковой проволокой в защитном газе;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе или смесях защитных газов;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- автоматическая сварка под флюсом (соединение полотнищ днища);
- автоматическая сварка в защитных газах или самозащитной порошковой проволокой с использованием самоходных кареток (соединение полотнищ днища)» [15], [16].

Ручная дуговая сварка в настоящее время является самым распространённым способом сварки вследствие присущих ему достоинств [1], [12]:

- оборудование для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки обладает дешёвизной и простотой;
- 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;
- для реализации технологии с применением ручной дуговой сварки нет необходимости привлекать узких специалистов со специальными знаниями по сварочным технологиям.

За счёт простоты осуществления и применяемого оборудования ручная дуговая сварка получила широкое распространение на монтажных работах и при выпуске товарной продукции. Этот способ сварки не заставляет проводить серьёзные метрологические измерения подготовку производства. К реализации технологии ручной дуговой сварки можно приступать сразу после того, как был организован сварочный пост.

Ручная дуговая сварка постепенно сдаёт свои позиции в общем объёме работ, выполняемых в мире при производстве и ремонте сварных конструкций. Это обусловлено её критическими недостатками:

- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;
- 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;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

В настоящее время происходит повсеместная замена ручной дуговой сварки на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах. Это объясняется многочисленными преимуществами [10], [11]:

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

В числе критических недостатков механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах следует отметить [10], [11], [19]:

- 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;
- увеличение разбрызгивания электродного металла при переходе на формированные режимы сварки. Это ограничивает производительность работ, заставляя уменьшать величину сварочного тока;
- пониженная пластичность наплавленного металла, что может стать причиной образования трещин в сварном шве.

Механизированная сварка самозащитными порошковыми проволоками имеет ряд преимуществ, которые определяют значительные перспективы этого способа сварки:

- 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;

- при работе на открытом воздухе обеспечивается лучшая защита сварного шва по сравнению со сваркой в защитном газе;
- сварка порошковыми проволоками позволяет получить большую производительность по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой в защитном газе.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками имеет ряд недостатков, которые существенно усложняют применение этого способа сварки в промышленности [17], [20]:

- в процессе сварки наблюдается неравномерное плавление сварочной проволоки, скорость плавления металлической токопроводящей оболочки превышает скорость плавления порошкового наполнителя, который может просыпаться в сварочную ванну без расплавления. По этой причине возрастает опасность образования при сварке неметаллических включений и пор;
- 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;
- сварка многопроходных швов с использованием порошковой проволоки может существенно замедлиться из-за необходимости отбивания шлака;
- затруднена или практически невозможна сварка порошковой проволокой в вертикальном и потолочном положениях из-за высокой текучести расплавленного металла;
- порошковая проволока, в отличие от проволоки сплошного сечения, имеет высокую склонность к заломам и застреванию в подающих механизмах.

В числе преимуществ автоматической сварки под флюсом следует отметить [2], [12]:

- высокую производительность, которая многократно превышает производительность при ручной дуговой сварке;
- сварка под флюсом не предъявляет серьёзных требований к квалификации сварщика, что наблюдается при ручной дуговой сварке;
- сварка под флюсом характеризуется высоким качеством наплавленного металла;
- 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.

Таблица 4 – Обоснование выбора способа сварки при строительстве вертикальных резервуаров

Критерий	Способ сварки			
	ручная дуговая сварка покрытыми электродами	механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе или смесях защитных газов	механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой	автоматическая сварка под флюсом
«1 Производительность способа	1	3	2	4
2 Манёвренность способа сварки	4	2	3	1
3 Условия труда и безопасность	1	3	2	4
4 Отсутствие недопустимых дефектов	1	3	2	4
5 Дороговизна оборудования	4	2	3	1
6 Затраты на сварочные материалы» [2]	2	3	1	4
ИТОГО:	14	16	13	18

Сварка под флюсом характеризуется недостатками [2], [12]:

- по причине высокой текучести расплавленного шлака повышается опасность образования в сварном шве неметаллических включений и пор;

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

В таблице 4 представлены результаты экспертной оценки перечисленных способов сварки по различным критериям. На основании представленных в таблице 4 данных самую высокую оценку получила автоматическая сварка под флюсом.

2.2 Общие требования к выполнению сварочных операций

При строительстве вертикальных стальных резервуаров необходимо предусмотреть мероприятия, проведение которых позволит уменьшить сварочные напряжения и деформации.

При сварке запрещено выводить дугу на основной металл и зажигать дугу вне разделки кромок.

При сварке следует поддерживать стабильные значения параметров режима. Сварочный ток не должен отклоняться более 10 % от заданного. Сварочное напряжение не должно отклоняться более 5 % от заданного.

При выполнении сварных швов необходимо накладывать сварной валик только после проведения тщательной очистки предыдущего валика, удаляя брызги металла и шлак. Если при текущем контроле обнаружены кратерные трещины, поры или другие недопустимые дефекты, необходимо удалить дефектный участок шва до наложения последующих слоёв.

При обрыве дуги образующийся кратер следует заваривать или зашлифовать.

Следует обеспечить перекрытие начала и конца валиков в многослойных швах со смещением 25...30 мм.

При выполнении многослойных горизонтальных швов с К-образной разделкой следует делить их на участки, чтобы два сварщика в течение одной смогли заварить двухсторонний шов.

В двухстороннем стыке перед выполнением заварки с обратной стороны следует провести механическую зачистку корня шва до чистого бездефектного металла.

Сварку стыковых многослойных швов рекомендуется «вести непрерывно до заполнения проектной разделки. При вынужденных перерывах в проведении сварки технологический участок шва должен быть заполнен не менее чем на половину сечения с обеих сторон двухстороннего шва и на 2/3 сечения для односторонних швов.

В процессе сварки необходимо обеспечивать плавный переход от шва к основному металлу. Величина выпуклости сварных швов не должна превышать значений, указанных в проектной документации и технологических картах. В случае, если высота усиления сварных швов превышает допустимую, сварные швы следует зачистить шлифмашинкой» [15]. Вся информация о сварочных работ заносит в журнал пооперационного контроля.

2.3 Описание сварочных операций при строительстве резервуара

Технологический процесс сборки и сварки вертикального резервуара предусматривает выполнение следующих операций:

- «сборка и частичная сварка днища резервуара;
- монтаж и частичная сварка первых трёх поясов стенки резервуара;
- сварка уторного шва;

- доварка днища резервуара;
- монтаж и сварка поясов стенки резервуара» [15].

Перед сборкой и сваркой листов проводят их контроль на предмет наличия на кромках заусенцев, ржавчины, влаги, масла и других загрязнений. Также на кромках листов должны отсутствовать надрывы и трещины.

Сборку листов днища проводят как показано на рисунке 6. Перед сборкой зачищают о металлического блеска поверхность металла на ширину не менее 20 мм. С нижней стороны одной пластины прихватывают подкладную пластину. Далее собирают стык с зазором 4...6 мм на прихватках. После выполнения прихваток их следует зачистить от брызг металла и шлака, далее зашлифовать. Смещение кромок должно быть не более 1 мм. Прихватки должны иметь длину не менее 50 мм и шаг 300 мм. Сборку листов ведут с применением клиньев, как показано на рисунке 7.

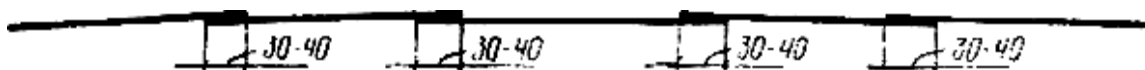
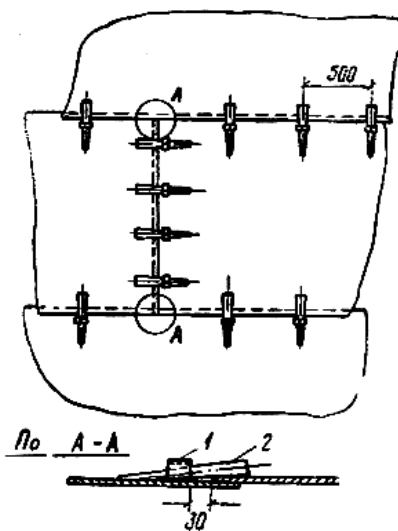


Рисунок 6 – Схема соединения листов в полосе при выполнении днища вертикального резервуара [15]



1 - уголок; 2- клин

Рисунок 7 - Применение стяжных клиновых приспособлений при сборке днища вертикального резервуара

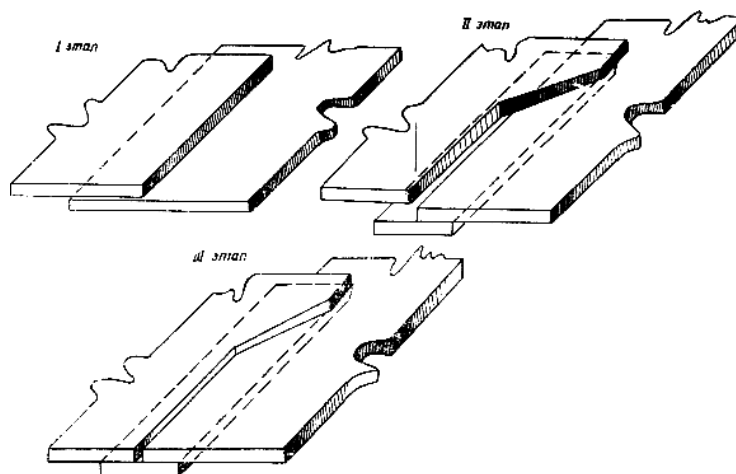


Рисунок 8 – Этапы сборки окраек на подкладке при изготовлении днища вертикального резервуара

Сварку днища выполняют двойным слоем обратноступенчатым способом, сваривая секции длиной по 700 мм, как показано на рисунке 8. После того, как была выполнена сварка первого слоя, следует провести зачистку от брызг металла и шлака, далее необходимо провести визуальный контроль качества. При обнаружении дефектов их следует вышлифовать и отремонтировать заваркой.

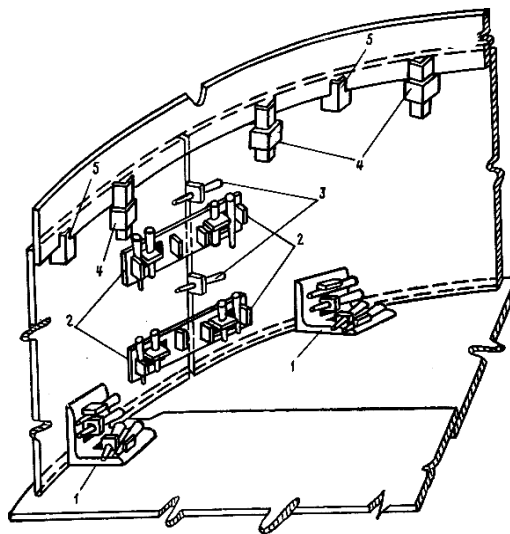
После выполнения сварки всего стыка следует очистить его от брызг металла и шлака, проставить клейма выполнявших его сварщиков.

Перед монтажом листов стенки резервуара следует проверить их на перпендикулярность на трёх сторонах, исключая верхнюю. В полевых условиях для обработки кромок листов применяются переносные механизмы. Вдоль всей верхней кромки листа выполняют риску, которая обозначает границу нахлёстки следующего пояса.

Вальцовку листов стенки следует выполнять по внутреннему радиусу резервуара. Для вальцовки применяются листогибочные машины. При помощи шаблонов проверяют правильность выполнения вальцовки. После вальцовки листы складывают в вертикальном положении. Возможно складирование листов в горизонтальном положении выпуклостью вниз, при этом по краям листа устанавливают специальные прокладки.

На вальцованные листы с внутренней стороны приваривают ограничители, как показано на рисунке 9. Сварку ведут ослабленными швами, ограничители располагают на уровне риски. Эти ограничители служат для установки листов следующего пояса.

Далее к днищу резервуара по риску наружного диаметра прихватывают ограничители из уголка, назначение которых – фиксирование листов первого пояса. Расстояние между ограничителями составляет 600...1200 мм.



1 -угловое стяжное приспособление; 2 -сборочные планки; 3 - оправка; 4- прижимные приспособления; 5 - ограничители

Рисунок 9 – Расположение вспомогательных крепежных приспособлений при монтаже стенки вертикального резервуара

При подготовке горизонтального стыка под сварку зачищают основной металл на ширину 20 мм. Далее выполняют зашлифовывание начала вертикальных сварных швов до получения проектной разделки кромок. В процессе сборки горизонтального стыка смещение кромок не должно превышать 2 мм. При наличии на кромках следов влаги следует просушить их путём нагрева.

При температуре окружающего воздуха ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура предварительного подогрева составляет $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температуре окружающего воздуха от -5 до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура предварительного подогрева составляет $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температуре окружающего воздуха от $+5$

до -5°C температура предварительного подогрева составляет 75°C . При температуре окружающего воздуха более $+5^{\circ}\text{C}$ предварительного подогрева не требуется.

Корневой слой шва выполняют с применением механизированной сварки в защитном газе. Сварку проводят захватками обратноступенчатым способом участкам длиной 300 мм. После того, как корневой слой шва сварен, следует провести его визуальный осмотр. При обнаружении дефектов и излишнего усиления следует выполнить зашлифовку дефектного участка. Параметры режима сварки при выполнении прихваток, и корневого слоя горизонтального шва представлены в таблице 3.

После сварки корневого слоя горизонтального шва и проверки его качества следует выполнить автоматическую сварку под флюсом. Сварку выполняют «напроход» от начала до конца. В таблице 5 представлены параметры автоматической сварки под флюсом.

Для механизированной сварки применяется проволока L-56 диаметром 1,14 мм, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 6. Сварку выполняют в два слоя. После сварки первого слоя следует выполнить зачистку от брызг металла и шлака, далее провести визуальный контроль качества.

Таблица 5 – Параметры режима автоматической сварки под флюсом горизонтальных стыков резервуара

Номер слоя (шва)	Диаметр проволоки, мм	Род и полярность тока	Скорость сварки м/ч	Напряжение, (на подающем механизме), В	Вылет электрода, мм
Заполняющие	3,0(3,2)	постоянный, прямая	50-70	26-29	32-35
Облицовочные	3,0(3,2)	постоянный, прямая	60-80	30-32	32-35

Таблица 6 – Химический состав сварочной проволоки L-56

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Cu	P	S
0,08-0,09	1,42-1,62	0,81-0,87	$\leq 0,04$	0,01-0,05	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	0,17-0,22	$\leq 0,010$	$\leq 0,010$

В качестве сварочного флюса применяется флюс АН-348-А. Для автоматической сварки под флюсом применяется проволока Св-08ГА диаметром 3 мм.

2.4 Применяемое сварочное оборудование

При автоматической сварки кольцевых швов используется установка AGW-I (Automatic Girth Welder) производства фирмы Koike Aronson – Ransome, которая представлена на рисунке 10. Эта установка позволяет сваривать пояса цилиндрических резервуаров толщиной 8...45 мм.



Рисунок 10 – Сварка горизонтального стыка с использованием установки AGW-I

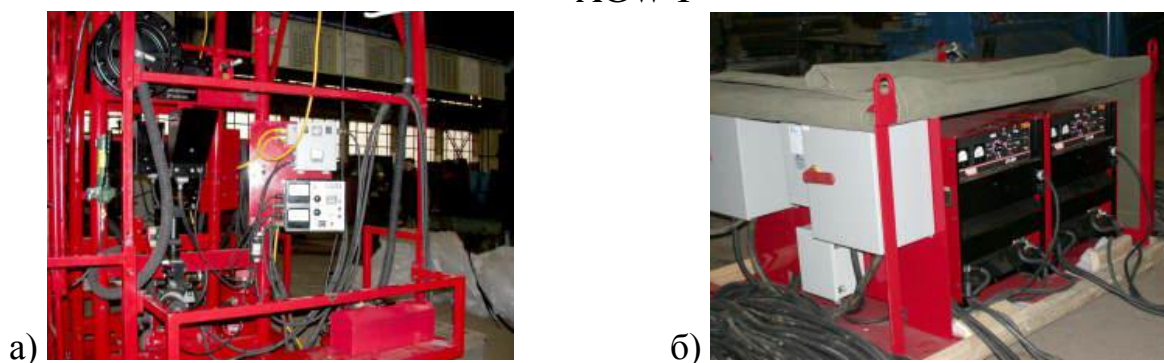


Рисунок 11 – Комплектация сварочной установки AGW-I: головка NA-3 (а) и выпрямители DC-600 (б)



Рисунок 12 – Сварочный полуавтомат Power Wave S500



Рисунок 13 – Портативная каретка Universal для сварки вертикальных стыков резервуаров

В установке использованы сварочные головки NA-3 и сварочные выпрямители DC-600 производства фирмы Lincoln Electric, которые представлены на рисунках 11-а и 11-б.

Для выполнения механизированной сварки в защитном газе применяется полуавтомат Power Wave S500 производства фирмы Lincoln Electric, представленный на рисунке 12. Полуавтомат оснащён механизмом подачи PF-46.

Для выполнения автоматической сварки вертикальных швов предложено применять сварочную каретку Universal производства BUG-O-MATIC. Данная каретка, представленная на рисунке 13, оснащена системой поперечных колебаний и является универсальным, портативным, простым в использовании механизмом.

Выводы по второму разделу

Во втором разделе выпускной квалификационной работы были решены задачи:

- выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров – предложено использовать автоматическую сварку под флюсом, автоматическую и механизированную сварку в защитных газах;
- выполнен выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначены оптимальные параметры режима сварки.

В оценочном блоке воспоследуют работы по экономическому и экологическому обоснованию предложенных технологических решений:

- выполнить оценку проектной технологии на предмет безопасности труда и отрицательного воздействия на окружающую среду [3], [6];
- выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений [8], [9].

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных работ при строительстве вертикальных резервуаров.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология сварки при строительстве вертикального резервуара предусматривает применение автоматической сварки под флюсом.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса:

- сборка и частичная сварка днища резервуара;
- монтаж и частичная сварка первого пояса стенки резервуара;
- сварка уторного шва;
- доварка днища резервуара;
- монтаж и сварка поясов стенки резервуара

Изменение технологии восстановительной 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.

Кроме того, предстоящий анализ позволит не только устранить профессиональные риски, но и повысить пожарную безопасность технического объекта, паспорт которого представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический паспорт участка сварки вертикального резервуара

Составляющая технологический процесс операция	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества
1) «сборка и частичная сварка днища резервуара	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	- источник питания Power Wave S500, - механизм подачи PF-46, - аппарат рентгеновского контроля Эра 42, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ - рулетка, - чертилка, - сборочные скобы, - поперечные гребёнки
2) монтаж и частичная сварка первого пояса стенки резервуара	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	- источник питания Power Wave S500, - механизм подачи PF-46, - аппарат рентгеновского контроля Эра 42, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ - рулетка, - чертилка, - чертилка, - упоры приварные
3) сварка уторного шва	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	- источник питания DC-600, - сварочная головка NA-3 Aristo Feed 3004, - система автоматической сварки AGW-I, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ
4) доварка днища резервуара	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	- источник питания Power Wave S500, - механизм подачи PF-46, - аппарат рентгеновского контроля Эра 42, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ
5) монтаж и сварка поясов стенки резервуара» [15]	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	- источник питания DC-600, - сварочная головка NA-3 Aristo Feed 3004, - система автоматической сварки AGW-I, - набор визуально-измерительного контроля - аппарат УЗК	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ

Технологический паспорт объекта – участка для строительства вертикального резервуара – 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 8.

Таблица 8 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

«Операция технологического процесса»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [6]
1) «сборка и частичная сварка днища резервуара» 2) монтаж и частичная сварка первого пояса стенки резервуара	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение, - радиоактивное излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - механизм подачи, - аппарат рентгеновского контроля, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля
3) сварка уторного шва	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - механизм подачи, - система автоматической сварки, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля
4) доварка днища резервуара	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение; - радиоактивное излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - механизм подачи, - аппарат рентгеновского контроля, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля
5) монтаж и сварка поясов стенки резервуара» [15]	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - ультразвуковое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - механизм подачи, - система автоматической сварки, - угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля, - аппарат УЗК

На основании данных таблицы 8 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.

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 [3], [6] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 9, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 9 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [6]
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	- уменьшение времени негативного воздействия	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Представленные в таблице 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 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.

В таблице 10 представлена идентификация факторов пожара.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 11.

Таблица 10 – 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)» [6]	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 11 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
Сборки и сварка при строительстве вертикальных резервуаров	- 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» [6]	- Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. - На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 12. Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	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 13.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 14.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

Технологический процесс	Операции, технологического процесса	Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду		
		в атмосфере	в гидросфере	в литосфере
Сборка и сварка вертикального резервуара	1) сборка и частичная сварка днища резервуара	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	2) монтаж и частичная сварка первого пояса стенки резервуара	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	3) сварка уторного шва	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	4) доварка днища резервуара	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
	5) монтаж и сварка поясов стенки резервуара	вредные испарения	масло, химикаты от проявки	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 14 – 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» [6]
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» [6]
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» [6]

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 вертикального резервуара. В настоящем разделе выпускной квалификационной работе 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.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

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

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности выполнения сварочных операций при строительстве вертикальных резервуаров.

Базовая технология сборки и сварки резервуара предусматривает применение ручной дуговой сварки и механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Устраняемые недостатки ручной дуговой сварки следующие.

Первый недостаток – низкая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть увеличена путём корректировки параметров режима и состава сварочных электродов.

Второй недостаток – при ручной дуговой сварке наблюдается низкая стабильность качества, что объясняется непроварами, пористостью и трещинами.

Третий недостаток – при ручной дуговой сварке сварщику приходится работать в тяжёлых условиях, которые усугубляются вредным воздействием образующегося при горении дуги сварочного аэрозоля;

Четвёртый недостаток – расход электродов на огарки, разбрызгивание и угар приводят при ручной дуговой сварке к увеличению расходов на сварочные материалы.

Устраняемые недостатки механизированной сварки в защитных газах следующие.

Первый недостаток – качественная защита металла дуги и сварочной ванны не обеспечивается при работе на открытом воздухе, если есть ветер.

Второй недостаток – увеличение разбрызгивания электродного металла при переходе на сформированные режимы сварки. Это ограничивает производительность работ, заставляя уменьшать величину сварочного тока.

Третий недостаток – пониженная пластичность наплавленного металла, что может стать причиной образования трещин в сварном шве.

Четвёртый недостаток – значительный нагрев основного металла, который может привести к уменьшению ударной вязкости и сопротивлению усталости. Это вызывает снижение эксплуатационных свойств восстанавливаемых деталей.

При построении проектной технологии выполнение большого числа сварных швов предложено проводить с использованием автоматической сварки под флюсом.

Применение автоматической сварки под флюсом позволяет получить следующие положительные эффекты.

Во-первых, высокая производительность, которая многократно превышает производительность при ручной дуговой сварки и механизированной сварке.

Во-вторых, сварка под флюсом не предъявляет серьёзных требований к квалификации сварщика. Снижаются требования как к квалификации сварщика, так и к продолжительности опыта его работы, что также сказывается положительно на кадровой политике предприятия.

В-третьих, сварка под флюсом характеризуется высоким качеством наплавленного металла.

В-четвертых, 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.

Таким образом, для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 15 исходные данные по базовому и проектному вариантам технологии.

Таблица 15 – 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.	1100 тыс.	4200 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	16	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
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	$Ц_{пл}$	$P/м^2$	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» [8]	$K_{зав}$	-	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: $t_{шт.баз} = 360 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 630$ часа, проектного варианта: $t_{шт.пр} = 90 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 157$ 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:

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

В ходе расчётов согласно формуле (4) в неё подставляют определённые ранее значения $F_{\text{э}}$ и $t_{\text{шт.}}$, в результате для базового варианта: $\Pi_{\Gamma \cdot \text{баз.}} = 2054/630 = 3$ резервуара за год, проектного варианта: $\Pi_{\Gamma \cdot \text{пр.}} = 2054/157 = 13$ резервуаров за год.

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_{\Gamma} = 3$ резервуара в 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: $n_{\text{расч}} = 630 \cdot 3 / (2054 \cdot 1,03) = 0,9$,

проектного варианта: $n_{\text{расч}} = 157 \cdot 3 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$.

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: $K_{\text{э.б.}} = 0,9/1 = 0,9$; проектного варианта: $K_{\text{э.п.}} = 0,4/1 = 0,4$.

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 при строительстве резервуаров требует затрат сварочных материалов. При базовом варианте технологии такими материалами служат сварочные электроды. При проектной технологии сварочными материалами служат проволока, флюс и защитный газ. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты M на материалы с учётом цены материалов C_m , нормы расхода материалов N_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем:

$$M_{\text{баз.}} = (1900 \text{ кг} \cdot 110 \text{ р/кг} + 2100 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 12000 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 455000 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{пр.}} = (4000 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 18000 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 420000 \text{ руб.}$$

Для того, чтобы рассчитать размер основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ необходимо задаться величинами 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: $Z_{\text{осн}} = 630 \cdot 200 \cdot 1,88 = 236880 \text{ руб.}$; проектного варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 157 \cdot 200 \cdot 1,88 = 59032 \text{ руб.}$

Для того, чтобы рассчитать размер дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$, необходимо задаться размером коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ (который был рассчитан выше) для проектного и базового вариантов. Расчёт ведём согласно:

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

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 236880 \cdot 12 / 100 = 28425$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 59032 \cdot 12 / 100 = 7083$ руб.

Объём фонда заработной платы ФЗП вычисляется как сумма дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. При этом для базового варианта объём фонда заработной платы составил $\text{ФЗП} = 236880 + 28425 = 265305$ руб. Для проектного варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 59032 + 7083 = 66115$ руб.

Размер отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитаем с учётом ранее определённого фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$. Расчёт ведём согласно:

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

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем для базового варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 265305 \cdot 34 / 100 = 90203$ руб.; для проектного варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 66115 \cdot 34 / 100 = 22480$ руб.

Для расчёта размера затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ потребуется информация о величине амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$. При расчётах используется зависимость:

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

Для определения размеров амортизационных отчислений следует задаться нормой амортизации $N_{\text{а}}$, ценой оборудования $\Pi_{\text{об}}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинным временем $t_{\text{маш}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (12) получаем для базового варианта: $A_{\text{об}} = 1100000 \cdot 21,5 \cdot 630 / 2054 / 100 = 72538$ руб.; для проектного варианта: $A_{\text{об}} = 4200000 \cdot 21,5 \cdot 90 / 2054 / 100 = 39566$ руб.

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (13) получаем для базового варианта: $P_{ээ} = 120 \cdot 16 \cdot 3,2 / 0,7 = 8777$ руб. Для проектного варианта получаем: $P_{ээ} = 90 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 6776$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (11) получаем для базового варианта: $З_{об} = 72538 + 8777 = 81315$ руб. Для проектного варианта технологии получаем: $З_{об} = 39566 + 6776 = 46342$ руб.

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ в случае применения базового и проектного вариантов построения технологического процесса рассчитаем как сумму затрат, которые были рассчитаны выше: на материалы M , на заработную плату ФЗП, на социальные нужды $O_{сн}$ и на оборудование $З_{об}$. При расчётах используется зависимость:

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

При подстановке исходных значений в формулу (14) получаем для базового варианта: $C_{тех.} = 455000 + 265305 + 90203 + 81315 = 891823$ руб. Для проектного варианта: $C_{тех.} = 420000 + 66115 + 22480 + 46342 = 554937$ руб.

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (15) получаем для базового: $C_{\text{цех}} = 891823 + 1,5 \cdot 236880 = 891823 + 355320 = 1247143$ руб. Для проектного: $C_{\text{цех}} = 554937 + 1,5 \cdot 59032 = 554937 + 88548 = 643485$ 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: $C_{\text{зав}} = 1247143 + 1,15 \cdot 236880 = 1247143 + 272412 = 1519555$ руб. Для проектного: $C_{\text{зав}} = 643485 + 1,15 \cdot 59032 = 643485 + 67887 = 711372$ руб.

В таблице 16 представлена калькуляция заводской себестоимости проведения проектной и базовой технологии.

Таблица 16 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. «Затраты на материалы	М	455000	420000
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	265305	66115
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	90203	22480
4. Затраты на оборудование	Зоб	81315	46342
5. Технологическая себестоимость	Стех	891823	554937
6. Объём цеховых расходов	Рцех	355320	88548
7. Цеховая себестоимость	Сцех	1247143	643485
8. Объём заводских расходов	Рзав	272412	67887
9. Заводская себестоимость» [8]	$C_{\text{зав}}$	1519555	711372

Как видно из таблицы 16, 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 $\Pi_{\text{об.б.}} = 1100000 - (1100000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 627000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (17) получаем величину общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 627000 \cdot 0,9 = 564300$ руб.

Расчётное определение величины общих капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ в случае применения базового и проектного вариантов построения технологического процесса выполним как сумму 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 $K_{об.пр.} = 4200000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 1764000$ 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:

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

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:

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

При подстановке исходных значений в формулу (22) расходы на демонтаж оборудования составили: $P_{дем} = 564300 \cdot 0,05 = 28200$ руб.

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (23) расходы на монтаж оборудования составили: $P_{монт} = 4200000 \cdot 0,05 = 210000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (21) сопутствующие расходы составили: $P_{\text{соп}} = 28200 + 210000 = 238200$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (19) общие капитальные затраты при реализации проектной технологии составили: $K_{\text{общ.пр.}} = 1764000 + 238200 = 2002200$ 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: $K_{\text{доп}} = 2002200 - 564300 = 1437900$ 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: $K_{\text{уд}} = 564300/3 = 188100$ руб./ед. Удельные капитальные вложения по проектному варианту составляют: $K_{\text{уд}} = 2002200/3 = 667400$ 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: $\Delta t_{шт} = (630 - 157) \cdot 100 \% / 630 = 75 \%$.

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: $P_T = 100 \cdot 75 / (100 - 75) = 300 \%$.

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: $\Delta C_{\text{тех}} = (891823 - 554937) \cdot 100\% / 891823 = 37\%$.

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: $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (1519555 - 711372) \cdot 3 = 2424549$ 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: $T_{\text{ок}} = 1437900 / 2424549 = 0,6$ 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: $\mathcal{E}_{\text{г}} = 2424549 - 0,33 \cdot 143790 = 1950042$ 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 75 % и увеличить производительность на 300 %.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 37%. При этом условно-годовая экономия составила 2,4 млн. рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 0,6 года. При этом годовой экономический эффект составит 1,95 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

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности выполнения сварочных операций при строительстве вертикальных резервуаров.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса были рассмотрены различные схемы возведения вертикальных стальных резервуаров: метод наращивания, метод подращивания и метод рулонирования. На основании анализа преимуществ и недостатков каждого метода принято решение при построении проектной технологии строительства вертикального резервуара применить полистовой метод.

При анализе базовой технологии возведения резервуара с применением ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения выявлено ряд недостатков.

Первый недостаток – низкая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть увеличена путём корректировки параметров режима и состава сварочных электродов. Вторым недостатком – низкая стабильность качества, что объясняется непроварами, пористостью и трещинами. Третьим недостатком – сварщику приходится работать в тяжёлых условиях, которые усугубляются вредным воздействием образующегося при горении дуги сварочного аэрозоля. Четвёртым недостатком – расход электродов на огарки, разбрызгивание и угар приводят при ручной дуговой сварке к увеличению расходов на сварочные материалы.

На основании проведённого анализа состояния вопроса и источников научно-технической информации в первом разделе выпускной квалификационной работы были сформулированы её задачи.

Первой задачей является выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров;

Второй задачей является выбор сварочного оборудования и материалов.

Третьей задачей является назначение оптимальных параметров режима сварки.

Решая первую задачу, проведён предварительный анализ возможных способов сварки при строительстве вертикальных резервуаров. Были приняты к рассмотрению следующие способы: ручная дуговая сварка, автоматическая сварка под слоем флюса, сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка самозащитной порошковой проволокой. По результатам экспертной оценки для построения проектной технологии предложено использовать автоматическую сварку под флюсом.

Решая вторую задачу, было подобрано оборудование для осуществления проектной технологии с применением механизированной сварки в защитных газах и автоматической сварки под флюсом.

Решая третью задачу, были назначены оптимальные параметры режима сварки и составлена карта технологического процесса сборки и сварки вертикального стального резервуара.

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

Также в оценочной части выполнена оценка экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту. Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 75 % и увеличить производительность на 300 %. Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 37%. При этом годовой экономический эффект составит 1,95 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать поставленную цель достигнутой.

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 С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
4. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
5. Горбачёв С. В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 09Г2С в режиме сверхпластической деформации : диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Кондрашова О. Г., Назарова М. Н. Причино-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров // Нефтегазовое дело. 2004. № 2. С. 21–29.
8. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
9. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
10. 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.

11. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.
12. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
13. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
14. Сорокин В. Г. Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
15. РД 25.160.10-КТН-001-12 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. 2011. 216 с.
16. РД 39-138-95. Нормы технологического проектирования резервуарных парков СУГ М. : Роснефть, 1995. 149 с.
17. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
18. Швырков С. А., Горячев С. А., Сорокоумов В. П. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 6. С. 48–52.
19. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.
20. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.