

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

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

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс и оборудование для сварки
вертикального резервуара объёмом 5000 кубических метров

Студент

И.Н. Мруз
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

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

Тольятти 2022

Аннотация

В настоящее время к конструкции и эксплуатации вертикальных стальных резервуаров повышаются требования по безопасности и качеству проведения технологического процесса монтажа. На обеспечение безопасности эксплуатации резервуарного парка Российской Федерации выделены значительные средства, однако продолжают возникать крупные аварии, которые сопровождаются разливом нефти, человеческими жертвами и приводят к тяжелым экологическим последствиям.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при строительстве вертикальных стальных резервуаров объёмом 5000 кубических метров.

В работе решены задачи:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров, при этом следует стремиться к замене ручной сварки на механизированную, а механизированной – на автоматическую сварку;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки резервуара;
- выполнить оценку проектной технологии на предмет безопасности труда и отрицательного воздействия на окружающую среду;
- выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений.

При выполнении экономического раздела проведены 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.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния сварки вертикальных стальных резервуаров.	7
1.1 Описание резервуара и условий его конструкции.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления резервуара.	10
1.3 Анализ применяемых методов возведения вертикальных стальных резервуаров.	13
1.4 Особенности базовой технологии сборки и сварки резервуара. . . .	17
1.5 Критический анализ базовой технологии и формулировка задач выпускной квалификационной работы.	21
2 Проектная технология сборки и сварки вертикального резервуара.	23
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	23
2.2 Описание сварочного оборудования и материалов.	29
2.3 Особенности технологического процесса монтажа и сварки резервуара.	31
2.4 Контроль качества сварки.	36
3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы.	40
3.1 Технологическая характеристика объекта	40
3.2 Идентификация профессиональных рисков	42
3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов.	44
3.4 Пожарная безопасность на производстве.	46
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии.	48
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.	51
4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности.	51
4.2 Расчёт объёмов фонда времени.	54

4.3 Расчет штучного времени	55
4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии.	57
4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии.	61
4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии.	63
Заключение	67
Список используемой литературы и используемых источников.	69

Введение

Настоящая политическая и экономическая обстановка делает актуальным решение вопроса организации хранения нефтепродуктов. Правильная организация хранения нефтепродуктов позволяет компенсировать влияние на нефтедобычу колебаний в расходовании добываемого продукта. При строительстве резервуарных парков при организации хранения нефтепродуктов значительная роль отводится сварочным технологиям.

Производительность возведения резервуаров существенно повышается при замене ручных способов сварки на механизированные и автоматические способы. При этом нормативная документация особо указывает на преимущества применения таких способов сварки, как автоматическая сварка под флюсом и в защитных газах, механизированная сварка порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения [10].

При этом следует принимать во внимание, что применение ручной дуговой сварки для строительства резервуаров нормативной документацией не запрещено, что повсеместно используется при изготовлении резервуаров малого объёма. Следует отметить, что при возведении вертикальных стальных резервуаров объёмом до 5000 кубических метров ручная дуговая сварка используется очень широко.

При применении ручных способов сварки производит существенное снижение производительности сварочных работ и увеличение сроков возведения резервуаров. Кроме того, следует ожидать снижения качества сварных швов по сравнению с автоматическими и механизированными способами сварки. В настоящий момент повышение конкурентоспособности отечественного производителя должно идти одновременно по пути увеличения производительности сварочных работ и повышения их качества. Следует отметить наметившуюся в мире тенденцию к отказу от применения

ручной дуговой сварки в пользу механизированных и автоматических способов сварки [3], [4], [14].

В настоящее время к конструкции и эксплуатации вертикальных стальных резервуаров повышаются требования по безопасности и качеству проведения технологического процесса монтажа [2], [15]. На обеспечение безопасности эксплуатации резервуарного парка Российской Федерации выделены значительные средства, однако продолжают возникать крупные аварии, которые сопровождаются разливом нефти, человеческими жертвами и приводят к тяжелым экологическим последствиям [1], [2], [12].

В настоящее время приходится признать, что применяемые технологии возведения резервуаров предусматривают малый уровень автоматизации и механизации, что приводит к низкой стабильности качества сварных швов и увеличивает трудоёмкость выполнения сварочных работ. Кроме того, ручная дуговая сварка при монтаже резервуаров происходит в тяжелых и опасных условиях, что ещё больше удорожает работы и снижает их качество.

На основании вышеизложенного следует заключить, что решение проблемы повышения качества и производительности выполнения работ при строительстве вертикальных стальных резервуаров лежит в области автоматизации и механизации сварочных работ. Для этого следует применять перспективные способы сварки и эффективные методики контроля качества. Также необходимо предложить способы позволяющие применять форсированные режимы сварки без ухудшения качества сварных швов.

На основании вышеизложенного следует признать эффективной цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при строительстве вертикальных стальных резервуаров объёмом 5000 кубических метров.

Достижение поставленной цели возможно при условии применения перспективных разработок отечественных и зарубежных исследователей в области повышения эффективности сварочных технологий.

1 Анализ состояния сварки вертикальных стальных резервуаров

1.1 Описание резервуара и условий его эксплуатации

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных технологий при возведении вертикального стального резервуара РВС-5000, который представлен на рисунке 1. Полезный объём резервуара составляет 5000 кубических метров, сам резервуар предназначен для хранения, приёма и выдачи товарной нефти.

Резервуары РВС-5000 в количестве восьми штук планируется размесить в 2024 году на территории Сузуньского нефтегазового месторождения, которое согласно проведённой оценке имеет запас нефти в объёме 56 млн. тонн. Это месторождение было открыто ещё в 1972 году, однако до недавнего времени не разрабатывалось. Уменьшение у Российской Федерации инструментария для разведывания новых месторождений нефти и газа делает экономически оправданным введение в эксплуатацию ранее разведанных месторождений. Перекачку нефти из Сузуньского месторождения планируется проводить с использованием нефтепровода «Ямал».



Рисунок 1 – Внешний вид резервуара РВС-5000

Резервуар для хранения нефти РВС-5000 относится к повышенному (первому) уровню ответственности. Резервуар представляет собой вертикально устанавливаемую ёмкость, представленную на рисунке 2.

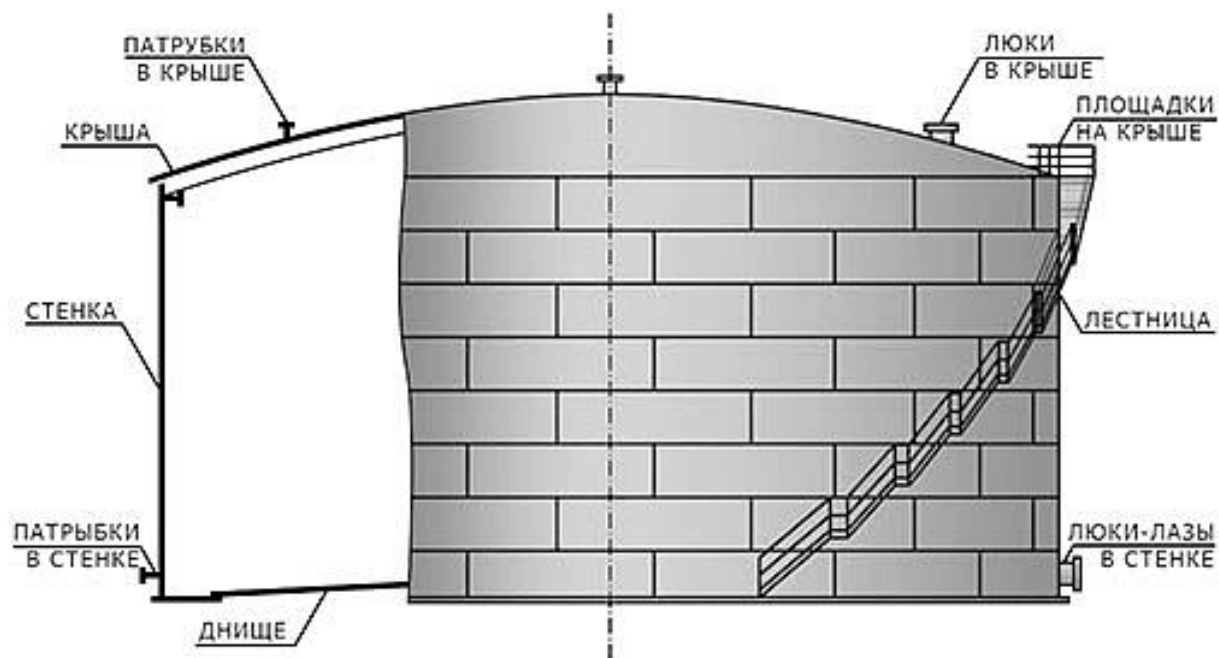


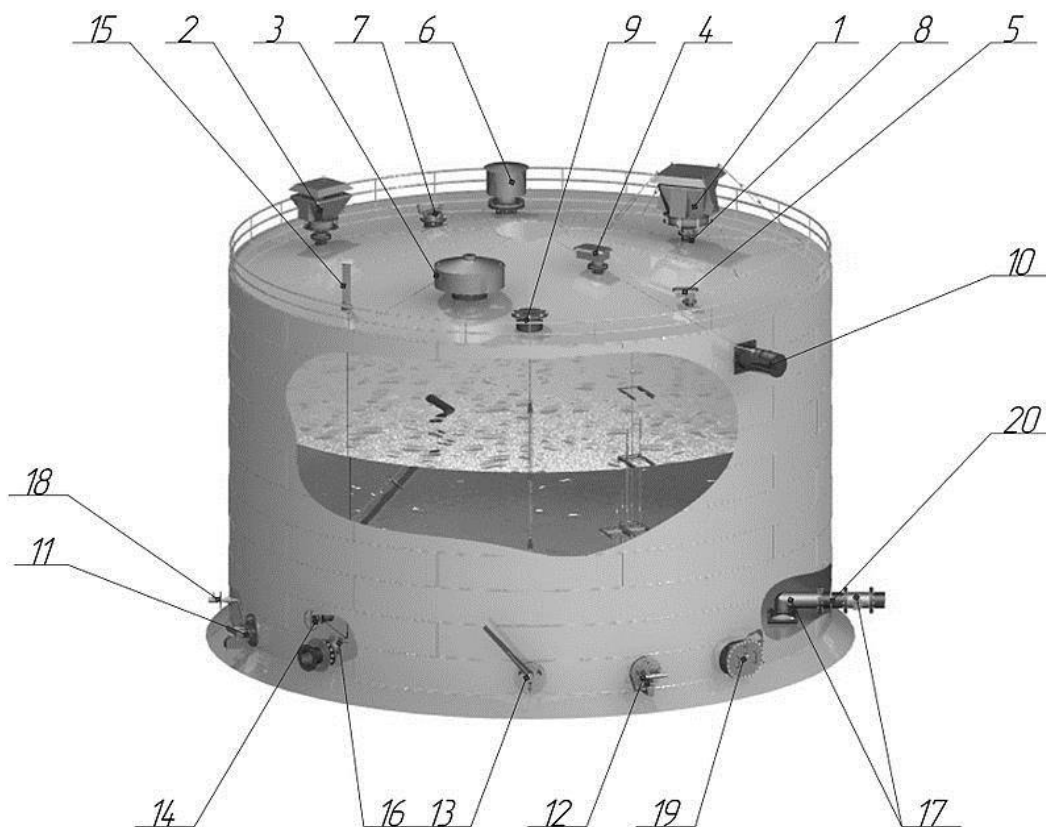
Рисунок 2 – Устройство вертикального стального резервуара

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, подводный трубопровод, приёмно-отпускной патрубок, хлопушу с механизмом управления и перепускное устройство. Также в конструкции резервуара предусмотрено наличие механизма размыва донных отложений.

Состав оборудования резервуара РВС-500 представлен на рисунке 3.

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.



«1, 2, 4 и 5 – дыхательные клапаны; 3 – аварийный клапан; 6 – вентиляционный патрубок; 7, 8 и 9 – люки замерный, монтажный и световой; 10 – генератор пены; 11, 12 и 13 – пробоотборники плавающий и стационарные; 14 и 15 – механизмы управления хлопушкой; 16 – хлопушка; 17 – приёмно-раздаточное устройство; 18 – кран сифонный; 19 – люк-лаз; 20 – патрубок приёмораздаточный» [10]

Рисунок 3 – Вспомогательное оборудование вертикального стального 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

Для изготовления стенки резервуара применяется сталь 09Г2С, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1. 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 [17]. Механические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
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

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С [18]

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
460	300	31» [18]

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

При выполнении сварных швов в конструкциях из стали 09Г2С возможно получение незначительного упрочнения металла в зоне перегрева и уменьшение ударной вязкости основного металла в околосшовной зоне.

Снизить количество закалочных структур 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.

Легирование металла сварного шва марганцем и кремнием позволяет получить равнопрочность металла сварного шва основному металлу.

Повышение скорости охлаждения сварного шва приводит к увеличению прочности сварного соединения, однако при этом ухудшается пластичность металла в сварном шве и ударная вязкость. Свойства металла сварного шва существенно зависят от скорости охлаждения. Особенно это проявляется при выполнении однопроходных швов и при сварке последнего прохода многопроходного шва.

Также при сварке стали 09Г2С следует учитывать, что её реакция на термический цикл при сварке отличается от реакции на аналогичный термический цикл низкоуглеродистых сталей [17], [18]. Высокая скорость охлаждения сварного шва приводит к образованию в нём закалочных структур. Для того, чтобы снизить образование закалочных структур при сварке стали 09Г2С следует применять предварительный подогрев, способствующий перлитному превращению стали.

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

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С возможно образование таких дефектов, как поры непровары и горячие трещины.

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 заплывление кратеров, выводить которые на основной металл нельзя. В случае, если при визуальном осмотре кратера в нём обнаружилась кратерная трещина, необходимо с применением механических способов удалить дефект.

Для снижения склонности к образованию горячих трещин следует оптимизировать свариваемую конструкцию, заменяя, где это возможно, тавровые соединения на стыковые.

На склонность к образованию горячих трещин существенное влияние оказывает применяемый способ сварки. В частности, применение сварки порошковой проволокой позволяет существенно снизить вероятность появления горячих трещин.

Снижение вероятности образования непроваров достигается при правильном выборе и поддержании параметров режима сварки, соблюдении заданной техники сварки. Необходимо обеспечивать качественную зачистку поверхности деталей перед сваркой и правильную форму разделки кромок. Если выполняется многопроходная сварка, каждый валик сварного шва необходимо зачищать, устраняя его выпуклость. Необходимо также проводить пооперационный контроль качества, своевременно обнаруживая несплавления между валиками и удаляя эти несплавления при помощи зачистки.

Снижение вероятности образования пор при сварке достигается качественной зачисткой поверхности деталей перед сваркой. Также для предотвращения пор следует обеспечить хорошую газовую защиту, и соблюдение 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 Анализ применяемых методов возведения вертикальных стальных резервуаров

Возведение стальных вертикальных резервуаров возможно по одной из трёх схем, выбор которых определяется условиями, в которых происходит строительство резервуаров, и техническими возможностями исполнителя работ.

Первым методом, который получил наибольшее распространение, является листовой метод (метод наращивания), схема выполнения которого представлено на рисунке 4. При осуществлении этого метода предусматривается применение отдельных листов стенки при монтаже с постепенным наращиванием поясов. Перед сборкой и сваркой каждого листа ему придают необходимый изгиб с использованием вальцов. Строительство резервуара с применением метода наращивания является наиболее простым и универсальным. Рассмотренный метод может быть применён для строительства резервуаров любых объёмов.



Рисунок 4 – Возведение резервуара методом наращивания

Метод наращивания имеет множество преимуществ. Первым преимуществом 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.

В качестве второго преимущества 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 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.

Метод наращивания имеет ряд существенных недостатков, которые заставляют применять более перспективные методы возведения резервуаров. Первым 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.

Более перспективным и эффективным методом возведения резервуаров считается метод подращивания поясов, проведение которого представлено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Возведение резервуара методом подращивания

При возведении резервуаров методом подращивания сначала выполняют монтаж днища. Далее выполняют монтаж верхнего пояса и крыши резервуара. После этого с применением специальных гидравлических домкратов поднимают верхний пояс и крышу на высоту одного пояса. Далее монтируют второй пояс. И так далее, до нижнего пояса. Таким образом, сварка проходит, начиная с верхнего пояса и заканчивая нижним.

Метод возведения 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 грузоподъёмностью, так как для подъёма резервуара применяются специальные гидравлические домкраты.

Существенным недостатком метода подращивания является существенное снижение производительности из-за низкой скорости подъёма сваренных поясов с использованием гидравлических домкратов.

Третьим по распространённости методом строительства резервуаров является метод рулонирования, представленный на рисунке 6. На строительную площадку доставляют рулон стенки, который предварительно был сварен и свернут в рулон на заводе-изготовителе с применением автоматической сварки под флюсом. После доставки на строительную площадку рулон поднимают вертикально, разворачивают вокруг днища и выполняют сварку стенки и днища.



Рисунок 6 – Возведение резервуара рулонным методом

При возведении резервуара рулонным методом большая часть сварных швов выполняется на заводе-изготовителе. Это позволяет проводить сварку в условиях цеха с применением самых совершенных способов сварки и методик контроля. Таким образом, существенно повышается производительность сварки резервуара за счёт уменьшения общего времени сборки и сварки. Качество сварки также существенно повышается.

Длительность работ по возведению резервуара на площадке также уменьшается.

Следует отметить критические недостатки метода рулонирования, которые могут повлиять на его применимость в том или ином случае.. Во-первых, завод изготовитель должен быть оснащён оборудованием, позволяющим выполнять автоматическую сварку стенки и днища, сворачивание их в рулоны. Не все предприятия страны имеют такое оборудование. Во-вторых, необходимо отметить применение специального транспорта, который необходим для доставки рулонов к месту возведения резервуара. В-третьих, следует указать на необходимость специальной подготовки строительной площадки для размещения на ней кранов с большой грузоподъёмностью и бульдозеров.

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

1.4 Особенности базовой технологии сборки и сварки резервуара

Базовая технология сборки и сварки рассматриваемого резервуара РВС-5000 происходит по листовому методу. Для выполнения работ по подъёму листов применяют кран LIEBHERR LTR 1100. Это гусеничный кран, который имеет грузоподъёмность 100 тонн. Также используется автокран LIEBHERR, который имеет грузоподъёмность 25 тонн.

Работы по сборке и сварке стенки резервуара проходят путём наращивания стенки.

Первоначально выполняют подготовку основания резервуара и закрепление на ней центра. Далее размечают оси резервуара.

После разметки осей резервуара укладывают крайки. Диаметр резервуара составляет менее 35 метров, поэтому при укладке окраек учитывать усадку кольца окраек при сварке нет необходимости.

Далее собирают стыки окраек днища. При этом используют гребенки – монтажное приспособление. После того, как была выполнена сборка кольца окраек, необходимо выполнить проверку на отсутствие изломов, прогибов и выпуклостей. Кольцо окраек должно быть горизонтальным, при этом следует соблюдать проектную величину зазоров в стыках.

После того, как кольцо окраек собрано, проводят сварку радиальных стыков. Заварку стыка проводят неполную, сварку стыков проводят в месте предполагаемого поирания стенки резервуара на кольцо окраек, при этом длина звариваемого участка составляет 200...250 мм. Далее выполняют проверку качества сварного шва с применением радиографического метода.

Далее следует выполнить разметку окрайки, по которой будет выполнен монтаж стенки резервуара, при этом необходимо учитывать усадку, которая возникнет после выполнения уторного шва.

После этого укладывают листы центральной части днища. Листы укладывают полосами, начиная укладывать от центра днища, смещаясь к его краю. В полосе сначала выполняют укладку среднего листа, потом укладку крайних листов. В процессе сборки листов днища применяют клинья и гребенки, сборку листов проводят с простановок прихваточных швов. После сборки и прихватки всех листов днища сворачивают центральную часть днища.

После того, как было подготовлено днище резервуара, начинают монтаж его стенки. Замыкающий лист каждого пояса обрезают по месту. Перед монтажом каждого листа следует выполнить проверку разделки кромок и радиуса гиба. Особое внимание необходимо уделить качеству сварки первого пояса, так как он является основой резервуара, на которую выполняют монтаж всех остальных поясов. Сварку вертикальных стыков первого пояса выполняют на высоту 150...200 мм от окрайки.

Уторный шов выполняется одновременно двумя сварщиками, которых следует расположить с противоположных сторон. Сварку уторного шва ведут

в одном направлении. После того, как выполнена сварка уторного шва, выполняют доварку радиальных стыков окрайки.

После этого сваривают стыки крайних листов, сварной шов выполняют на длину, превышающую нахлест центральной части днища на окрайку на 150...200 мм.

После этого выполняют сварку кольцевого нахлесточного шва окрайки и центральной части днища. Сварку ведут одновременно два сварщика, которые должны располагаться с противоположных сторон и двигаться в одном направлении.

После этого выполняют сварку оставшихся стыков крайних листов и центральной части днища.

После этого выполняют монтаж и сварку остальных поясов стенки резервуара в такой последовательности. С применением приспособлений выполняют монтаж листов второго пояса, которые закрепляют на листах первого пояса. Далее сваривают вертикальные стыки первого пояса. После этого монтируют листы третьего и заваривают вертикальные стыки второго пояса. Далее выполняют сварку горизонтального шва между вторым и первым поясами. При монтаже и сварке остальных поясов стенки резервуара сохраняют такую-же последовательность.

За счёт применения описанной последовательности монтажа и выполнения сварных швов становится возможным значительно уменьшить остаточные напряжения и деформации в конструкции стенки резервуара. Сварку горизонтального стыка выполняют после сварки вертикальных стыков в примыкающих к нему слоях.

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.

При выполнении сварки по базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки и механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

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 указаны в таблице 3.

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 $+5^{\circ}\text{C}$ и обнаружении на свариваемых кромках влаги и наледи следует выполнить просушку кромок путём их нагрева до температуры $40\dots 50^{\circ}\text{C}$. При многопроходной сварке следует поддерживать температуру слоёв не менее 50°C . Если этого сделать не удаётся, необходимо проведение сопутствующего подогрева.

1.5 Критический анализ базовой технологии и формулировка задач выпускной квалификационной работы

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

Недостатками применения ручной дуговой сварки являются:

- в настоящее время повышение производительности ручной дуговой сварки за счёт выбора оптимальных параметров режима сварки и сварочных электродов не представляется возможным, так как ручная дуговая сварка уже не имеет резервов для повышения своей производительности за счёт совершенствования технологии;
- малая стабильность качества ручной дуговой сварки усугубляется значительной зависимостью от квалификации сварщика и его кондиции, возникающий при ручной дуговой сварке перегрев не позволяет получить равнопрочности сварного шва и основного металла;
- работа сварщика при ручной дуговой сварке проходит в условиях действия профессиональных рисков, которые возникают по причине образования сварочного аэрозоля и вредного излучения от сварочной дуги;
- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков

Недостатками применения механизированной сварки является:

- 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.

Кроме того, следует принимать во внимание, что базовая технология предусматривает применение устаревшего оборудования. На основании вышеизложенного сформулируем задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров, при этом следует стремиться к замене ручной сварки на механизированную, а механизированной – на автоматическую сварку;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки резервуара.

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 [19], [20];
- выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений [21], [22].

2 Проектная технология сборки и сварки вертикального резервуара

2.1 Обоснование выбора способа сварки

В настоящее время ручную дуговую сварку, схема которой представлена на рисунке 7-а, следует признать самым распространённым способом при изготовлении металлических конструкций.

Широкое применение ручной дуговой наплавки объясняется её преимуществами перед другими, пусть даже и более перспективными способами [11]:

- сварочное оборудование обладает относительной дешевизной и простотой;
- ручная дуговая сварка может быть осуществлено имеющимися на предприятии средствами, так как применение ручной дуговой сварки не требует приобретения нового сварочного оборудования;
- при построении технологического процесса, использующего ручную дуговую сварку, отсутствует необходимость в получении специальных знаний.

Недостатки, присущие ручной дуговой сварки, заставляют сокращать её применение в мировой и отечественной промышленности [6], [7], [8]. В качестве критических недостатков ручной дуговой сварки следует отметить:

- 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;
- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;

- низкую стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

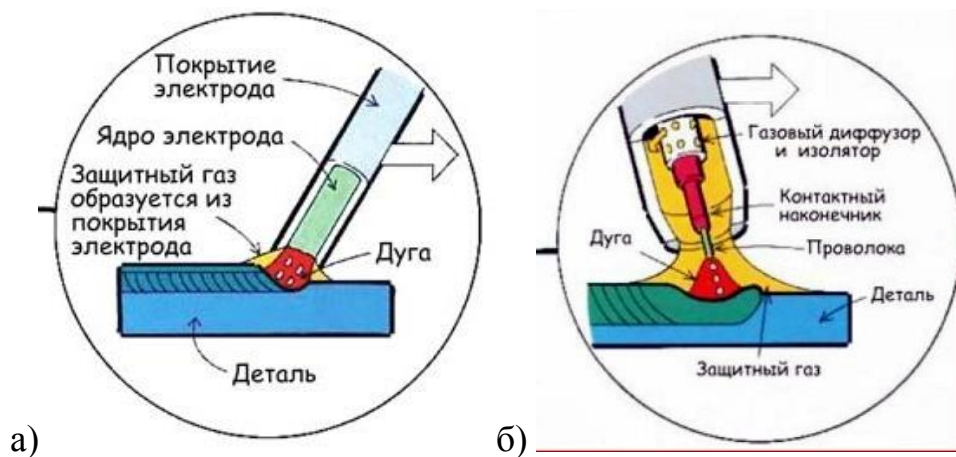


Рисунок 7 – Способы сварки, применяемые по базовому варианту: ручная дуговая сварка (а) и механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения

Широкое применение сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 7-б, объясняется преимуществами этого способа сварки [7], [8]:

- 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;
- высокая производительность процесса, которая существенно выше, чем при ручной дуговой сварке;
- отсутствие шлаковой корки, которую не нужно сбивать при выполнении многослойной наплавки. Это позволяет повысить производительность и качество сварочных работ;
- 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.

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются [7], [8]:

- 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.

Значительные преимущества при построении технологических процессов сварки металлических конструкций можно применить при сварке самозащитной порошковой, схема выполнения которой представлена на рисунке 8-а. Наиболее полно эти преимущества проявляются при сварке в условиях монтажа [5], [9], [16]. В качестве преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками следует указать:

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

Однако применение самозащитных порошковых проволок ограничивается из-за множественных недостатков:

- при горении сварочной дуги плавление порошковой проволоки происходит неравномерно, в основном плавится металлическая токопроводящая оболочка проволоки, а порошковый наполнитель может попасть в сварочную ванну нерасплавленным. Это становится причиной образования при сварке порошковой 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, что уменьшает расстояние подачи проволоки и мобильность сварщика.

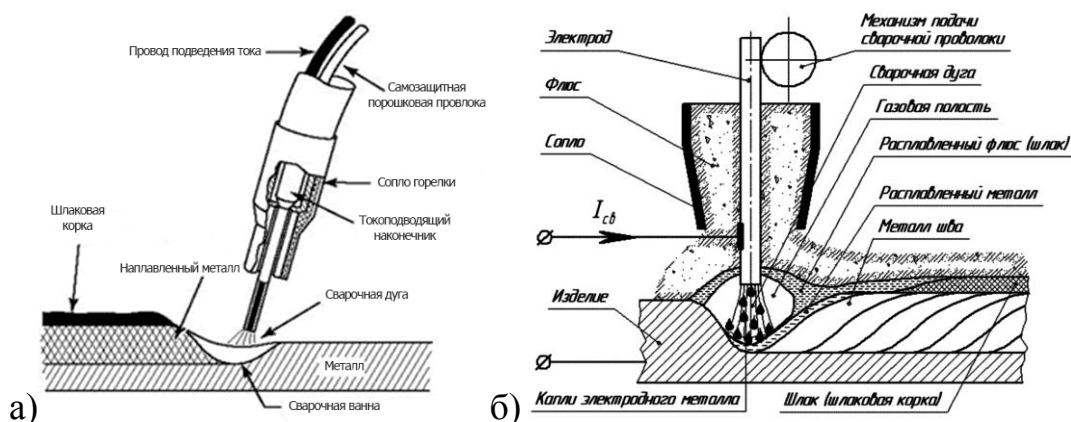


Рисунок 8 – Альтернативные способы сварки: порошковой самозащитной проволокой (а) и автоматической сварки под флюсом (б)

Автоматическая сварка под флюсом, которая выполняется по представленной на рисунке 8-б схеме, в основном применяется для выполнения стыковых соединений в нижнем положении. При помощи этого способа можно эффективно сваривать металл толщиной 10...20 мм.

В числе преимуществ автоматической сварки под флюсом следует отметить:

- сварка под флюсом не предъявляет серьёзных требований к квалификации сварщика, что наблюдается при ручной дуговой сварке;
- при сварке под флюсом из-за отсутствия разбрызгивания происходит экономия сварочных материалов, кроме того, нет необходимости расходования сварочных материалов на огарки;
- 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.
- высокую производительность, которая многократно превышает производительность при ручной дуговой сварке;

Сварка под флюсом характеризуется следующими недостатками:

- 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, поэтому при переходе на новую деталь необходимо затрачивать значительные финансовые средства;

- расплавленный металл при автоматической сварке под флюсом обладает значительной текучестью, что приводит к опасности его вытекания через зазор, поэтому требования к точности сборки при автоматической сварке под флюсом намного выше, чем при механизированной и ручной дуговой сварке.

Выбор способов сварки выполним на основании экспертной оценки рассмотренных способов сварки по следующим критериям, сведённым в таблицу 4: «производительность способа; манёвренность и универсальность способа сварки; условия труда и безопасность сварщика; отсутствие недопустимых дефектов; дороговизна и сложность эксплуатации сварочного оборудования; затраты на сварочные материалы» [13].

Таблица 4 – Обоснование выбора способа сварки при строительстве вертикальных резервуаров

Критерий	ручная дуговая сварка	механизированная сварка в защитных газах	сварка самозащитной проволокой	автоматическая сварка под флюсом
1 «Производительность способа	1	3	2	4
2 Манёвренность сварки	4	2	3	1
3 Условия труда и безопасность	1	3	2	4
4 Отсутствие недопустимых дефектов	1	3	2	4
5 Дороговизна сварочного оборудования	4	2	3	1
6 Затраты на сварочные материалы» [13]	2	4	1	3
ИТОГО:	14	17	13	17

Для выполнения коротких швов предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, а для выполнения швов значительной протяженности – автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Описание сварочного оборудования и материалов

Для выполнения операций технологического процесса сборки и сварки резервуара потребуется применение специализированного сварочного оборудования.

Автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения предлагается выполнять с применением сварочного трактора RailTrack B42V производства ESAB, который представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Сварочный трактор RailTrack B42V (ESAB)

Трактор RailTrack B42V имеет возможность конфигурации траектории, что позволяет применить его для автоматической сварки вертикальных и горизонтальных швов на резервуаре. Значительная часть деталей трактора выполнена из алюминиевых сплавов, что существенно снизило его вес.

Сварку протяжённых швов на резервуаре предлагается выполнять с применением комплекса RailTrack 1000 производства ESAB, который представлен на рисунке 10.

Комплекс RailTrack 1000 оснащён алюминиевыми рельсами, которые позволяют задавать траекторию движения каретки. Крепление рельсов на стенке резервуара происходит при помощи магнитов или присосок. Комплекс RailTrack 1000 позволяет вести сварку проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками.



Рисунок 10 – Сварка горизонтального шва резервуара с использованием системы RailTrack 1000 (ESAB)

Питание сварочной дуги осуществляется источником постоянного тока Aristo Mig 4004i Pulse, который представлен на рисунке 11 и позволяет выполнять сварку при токе до 400 А.

В качестве механизма подачи сварочной проволоки применим Aristo Feed 3004, который представлен на рисунке 12.

Для выполнения автоматической и механизированной сварки предлагается использовать сварочную проволоку ОК ARISTOROD 12.63 производства концерна ESAB, которая позволяет получить наплавленный металл с содержанием химических элементов согласно таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла проволокой ОК ARISTOROD 12.63 (ESAB) при использовании смеси Ar + CO₂

C	Cu	Mn	P	S	Si
0,10 %	0,05 %	1,28 %	0,013 %	0,013 %	0,80 %

Проволока ОК ARISTOROD 12.63 предназначена для выполнения сварки при возведении ответственных конструкций из низкоуглеродистой и низколегированной стали. Проволока позволяет выполнять сварные швы с малым количеством пор и высоким качеством поверхности шва, повышает продолжительность службы сварочных наконечников и рекомендована для автоматической и роботизированной сварки.



Рисунок 11 – Источник постоянного тока Aristo Mig 4004i Pulse (ESAB)



Рисунок 12 – Механизм подачи сварочной проволоки Aristo Feed 3004 (EASAB)

В качестве защитного газа предлагается использовать смесь защитных газов Ar + CO₂.

2.3 Особенности технологического процесса монтажа и сварки резервуара

Процесс сборки и сварки резервуара можно разделить на несколько основных операций.

Первая операция предполагает укладку краек и их частичную сварку с применением механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Вторая операция предполагает укладку листов центральной части днища и их сварку с применением механизированной и автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Третья операция предполагает проведение монтажа листов первого пояса и частичную сварку вертикальных стыков с применением механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Четвёртая операция предполагает сварку первого пояса резервуара с его днищем – уторного шва, которая ведётся автоматической сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Пятая операция предполагает заварку недоваренных участков днища – полос центральной части днища, краек и приварку краек к центральной части днища. Эта операция выполняется механизированной сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Шестая операция предполагает монтаж листов второго пояса и доварку вертикальных стыков первого пояса. Эта операция выполняется механизированной сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Седьмая операция предполагает монтаж листов третьего пояса и доварку вертикальных стыков второго пояса. Эта операция выполняется механизированной сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Восьмая операция предполагает сварку горизонтального шва между первым и вторым поясами стенки резервуара. Эта операция выполняется автоматической сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Далее для последующих поясов стенки резервуара повторяют шестую, седьмую и восьмую операции. Такая последовательность позволяет

уменьшить остаточные напряжения и деформации в стенке резервуара при сварке.

Сборку листов днища проводят как показано на рисунке 13. Перед сборкой зачищают от 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 14.

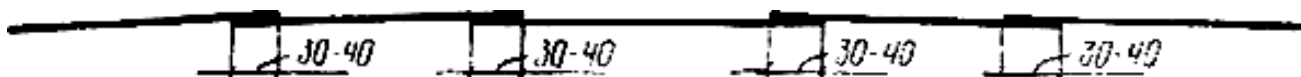


Рисунок 13 – Схема соединения листов в полосе при выполнении днища вертикального резервуара [10]

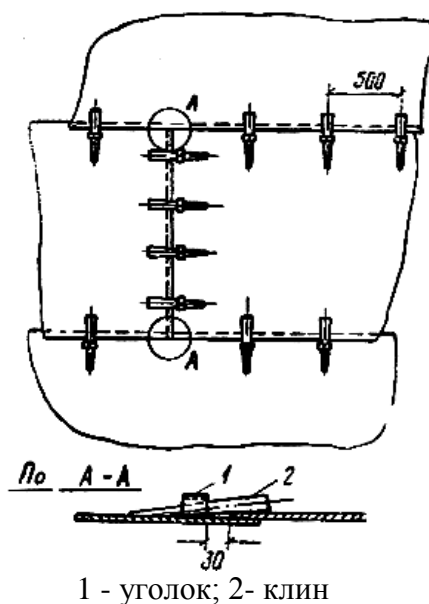


Рисунок 14 – Применение стяжных клиновых приспособлений при сборке днища вертикального резервуара [10]

Сварку днища выполняют двойным слоем обратноступенчатым способом, сваривая секции длиной по 700 мм, как показано на рисунке 15. 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 вышлифовывать и ремонтировать заваркой.

После выполнения сварки всего стыка следует очистить его от брызг металла и шлака, проставить клейма выполнявших его сварщиков. Параметры режима сварки представлены в таблице 3.

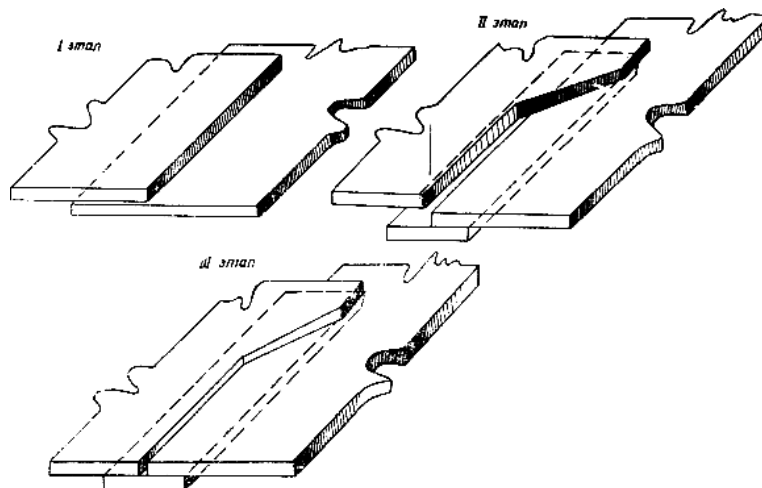


Рисунок 15 – Этапы сборки окраек на подкладке при изготовлении днища вертикального резервуара [10]

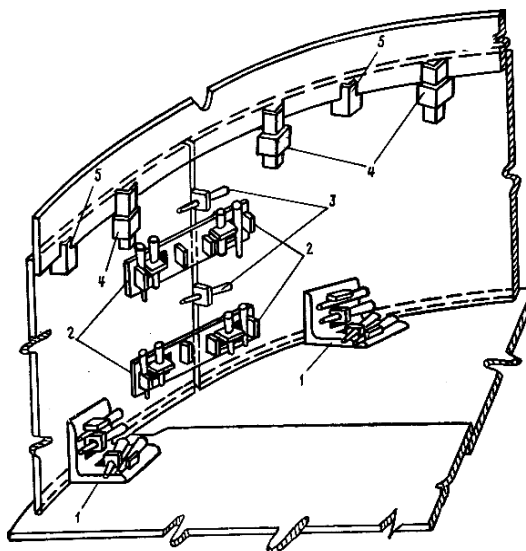
Перед монтажом листов стенки резервуара следует проверить их на перпендикулярность на трёх сторонах, исключая верхнюю. В полевых условиях для обработки кромок листов применяются переносные механизмы. Вдоль всей верхней кромки листа выполняют риску, которая обозначает границу нахлестки следующего пояса.

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 16. Сварку ведут ослабленными

швами, ограничители располагают на уровне риски. Эти ограничители служат для установки листов следующего пояса.

Далее к днищу резервуара по риске 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 16 – Расположение вспомогательных крепежных приспособлений при монтаже стенки вертикального резервуара [10]

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 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура предварительного подогрева составляет $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. При

температуре окружающего воздуха более +5 °С 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. Сварку выполняют «напроход» от начала до конца.

2.4 Контроль качества сварки

Текущий контроль качества предполагает:

- контроль и регулирование параметров режима сварки;
- контроль правильности последовательности выполнения сварных швов;
- контроль геометрии наплавленных валиков и всего шва;
- контроль соблюдения специальных требований нормативно-технической документации;
- контроль простановки клейма сварщика.

Качество сварных швов проверяется при проведении контрольных операций. После сварки проводится визуально-измерительный контроль сварных швов в объёме 100 %. Проведению визуально-измерительного контроля должна предшествовать очистка поверхности сварного шва и прилегающей поверхности основного металла с обеих сторон.

Методы контроля качества при монтаже резервуаров представлены в таблице 6.

Нормы оценки качества сварных соединений при визуальном контроле представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Методы контроля качества сварных соединений при строительстве вертикальных резервуаров

Тип и расположение сварного соединения	Применяемый способ контроля качества в соответствии с НТД [1]
1) Все сварные швы	«Визуальный и измерительный контроль качества
2) Сварные стыки окраек днища: 250 мм от наружного края	Ультразвуковой и радиографический
3) Сварные соединения окрайков и все центральные части днища	Вакуумирование
4) Вертикальные сварные швы стенки 1-го и 2-го поясов	Ультразвуковой и радиографический
5) Уторный сварной шов сопряжения стенки с днищем	Визуальный и измерительный контроль качества, капиллярный контроль качества
6) Вертикальные сварные швы стенки остальных поясов	Ультразвуковой контроль качества
7) Горизонтальные сварные швы	Ультразвуковой контроль качества
8) Зоны приварки монтажных приспособлений к стенке	Капиллярный контроль качества» [10]

Таблица 7 – Нормы оценки качества сварных соединений по результатам внешнего осмотра

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

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.

Выводы по второму разделу

Во втором разделе настоящей выпускной квалификационной работы решены задачи:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров, при этом следует стремиться к замене ручной сварки на механизированную, а механизированной – на автоматическую сварку;
- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки резервуара.

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

- выполнить оценку проектной технологии на предмет безопасности труда и отрицательного воздействия на окружающую среду [21], [22];
- выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений [19], [20].

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных технологий при строительстве резервуара объёмом 5000 кубических метров.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология сварки при строительстве вертикального резервуара предусматривает применение автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса:

- «укладка и частичная сварка радиальных стыков окраек,
- укладка и сварка листов центральной части днища,
- монтаж и частичная сварка вертикальных стыков первого пояса
- сварка уторного шва,
- сварка недоваренных участков центральной части днища и окраек
- приварка окраек к центральной части днища,
- монтаж листов следующих поясов и доварка вертикальных, швов предыдущего пояса,
- сварка горизонтального шва (после сварки примыкающих вертикальных швов)» [10].

Изменение технологии восстановительной наплавки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду.

Паспорт технического объекта представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Технологический паспорт участка сварки вертикального резервуара объёмом 5000 кубических метров

Составляющая технологический процесс операция	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества
1) укладка и частичная сварка радиальных стыков окраек	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	гусеничный кран, автокран, источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка
2) укладка и сварка листов центральной части днища	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	гусеничный кран, автокран, источник питания, механизм подачи, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ
3) монтаж и частичная сварка вертикальных стыков первого пояса	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	гусеничный кран, автокран, источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сборочные приспособления, ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка
4) сварка уторного шва	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания, механизм подачи, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ
5) сварка недоваренных участков центральной части днища и окраек	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка
6) приварка окраек к центральной части днища	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка
7) монтаж листов следующих поясов и доварка вертикальных, швов предыдущего пояса	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка
8) сварка горизонтального шва (после сварки примыкающих вертикальных швов	- электросварщик, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК	сварочная проволока, углекислый газ, проявитель, закрепитель, фотоплёнка

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

По причине негативного действия факторов, являющихся профессиональными рисками, возникают профессиональные заболевания и травмы работников, которые были задействованы при выполнении проектного технологического процесса. 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 9.

Таблица 9 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

«Операция технологического процесса»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [22]
1) укладка и частичная сварка радиальных стыков окраек	<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 	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК
2) укладка и сварка листов центральной части днища		
3) монтаж и частичная сварка вертикальных стыков первого пояса	<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 	источник питания, механизм подачи, аппарат рентгеновского контроля, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК
4) сварка уторного шва		
5) сварка недоваренных участков центральной части днища и окраек	<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 	источник питания, механизм подачи, сварочный трактор, сборочные приспособления, набор ВИК
6) приварка окраек к центральной части днища		
7) монтаж листов следующих поясов и доварка вертикальных швов предыдущего пояса	<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 	
8) сварка горизонтального шва (после сварки примыкающих вертикальных швов		

На основании данных таблицы 9 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
- радиоактивное излучение» [22].

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

В предыдущих пунктах выявлены опасные и вредные производственные факторы, оказывающие негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

На основании литературного анализа источников [21], [22] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 10, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 10 – 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» [22]
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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультрафиолетовое излучение	<ul style="list-style-type: none"> - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
радиоактивное излучение	<ul style="list-style-type: none"> - уменьшение времени негативного воздействия 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Представленные в таблице 10 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 11 представлена идентификация факторов пожара.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 12.

Таблица 11 – 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)» [22]	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 12 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [10]
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» [22]	- 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 13. Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 13 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	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 14.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 15.

Таблица 14 – 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 15 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок восстановительной наплавки 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» [22]
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» [22]
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» [22]

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 объёмом 5000 кубических метров. 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 позволяют 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 вопросу повышения эффективности сварочных технологий при строительстве резервуара объёмом 5000 кубических метров.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология сварки при строительстве вертикального резервуара предусматривает применение автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Недостатками применения ручной дуговой сварки являются:

- в настоящее время повышение производительности ручной дуговой сварки за счёт выбора оптимальных параметров режима сварки и сварочных электродов не представляется возможным, так как ручная дуговая сварка уже не имеет резервов для повышения своей производительности за счёт совершенствования технологии;
- малая стабильность качества ручной дуговой сварки усугубляется значительной зависимостью от квалификации сварщика и его кондиции, возникающий при ручной дуговой сварке перегрев не позволяет получить равнопрочности сварного шва и основного металла;
- работа сварщика при ручной дуговой сварке проходит в условиях действия профессиональных рисков, которые возникают по причине образования сварочного аэрозоля и вредного излучения от сварочной дуги;

– повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков.

Применение механизированной и автоматизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения позволяет существенно повысить производительность и качество сварочных работ.

Для оценки экономических показателей базовой и проектной технологии необходимо оценить стоимость оборудования, которое применяется для осуществления этих технологий. Необходимая информация по стоимости технологического оборудования приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Данные для оценки стоимости технологического оборудования при осуществлении базового и проектного варианта

Наименование оборудования	Базовая технология	Проектная технология
«Сварочный трактор RailTrack B42V, 1 шт.	-	570 тыс.
Комплект сборочных приспособлений, 1 шт.	500 тыс.	500 тыс.
Система RailTrack 1000, 1 шт.	-	600 тыс.
Аппарат ультразвукового контроля УСД-60, 1 шт.	370 тыс.	370 тыс.
Подающий механизм ПДГ-508, 2 шт.	40 тыс.	-
Источник постоянного тока Aristo Mig 4004i Pulse, 2 шт.	-	700 тыс.
Механизм подачи сварочной проволоки Aristo Feed 3004, 2 шт.	-	360 тыс.
Сварочная установка УСТ-22, 1 шт.	550 тыс.	-
Аппарат рентгеновского контроля Эра 42, 1 шт.» [10]	310 тыс.	310 тыс.
ИТОГО:	1710 тыс.	3410 тыс.

В настоящем разделе предстоит выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений. Таким образом, для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 17 исходные данные по базовому и проектному вариантам технологии.

Таблица 17 – 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.	1710 тыс.	3410 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» [19]	$K_{зав}$	-	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: $t_{шт.баз} = 120 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 210$ 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:

$$\Pi_r = F_3 / t_{шт.} \quad (4)$$

При подстановке исходных значений в формулу (4) получаем для базового варианта: $\Pi_{r.баз.} = 2054/210 = 9$ резервуара за год, проектного варианта: $\Pi_{r.пр.} = 2054/157 = 13$ резервуаров за год.

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_r = 5$ 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 $K_{вн} = 1,03$, воспользуемся формулой:

$$n_{расч} = t_{шт.} \cdot \Pi_r / (F_3 \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

При подстановке исходных значений в формулу (5) получаем для базового варианта: $n_{расч} = 210 \cdot 3 / (2054 \cdot 1,03) = 0,5$, проектного варианта: $n_{расч} = 157 \cdot 3 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$.

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:

$$K_3 = n_{расч} / n. \quad (6)$$

При подстановке исходных значений в формулу (6) получаем для базового варианта: $K_{3.б.} = 0,5/1 = 0,5$; проектного варианта: $K_{3.п.} = 0,4/1 = 0,4$.

Определённые выше значения штучного времени $t_{шт.}$, годовой программы Π_r , коэффициента загрузки оборудования K_3 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 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:

$$M_{\text{баз.}} = (900 \text{ кг} \cdot 110 \text{ р/кг} + 1100 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 6000 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 236250 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{пр.}} = (2000 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 9000 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 220500 \text{ руб.}$$

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (8) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 210 \cdot 200 \cdot 1,88 = 78960 \text{ руб.}$; проектного варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 157 \cdot 200 \cdot 1,88 = 59032 \text{ руб.}$

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 78960 \cdot 12 / 100 = 9475$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 59032 \cdot 12 / 100 = 7083$ руб.

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. При этом для базового варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 78960 + 9475 = 88435$ руб. Для проектного варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 59032 + 7083 = 66115$ руб.

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем для базового варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 88435 \cdot 34 / 100 = 30068$ руб.; для проектного варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 66115 \cdot 34 / 100 = 22480$ руб.

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

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

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (12) получаем для базового варианта: $A_{об.} = 1710000 \cdot 21,5 \cdot 120 / 2054 / 100 = 21479$ руб.; для проектного варианта: $A_{об.} = 3410000 \cdot 21,5 \cdot 90 / 2054 / 100 = 32124$ руб.

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

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (11) получаем для базового варианта: $Z_{об} = 21479 + 8777 = 30256$ руб. Для проектного варианта технологии получаем: $Z_{об} = 32124 + 6776 = 38918$ руб.

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (14) получаем для базового варианта: $C_{тех.} = 236250 + 88435 + 30068 + 30256 = 385008$ руб. Для проектного варианта: $C_{тех.} = 220500 + 66115 + 22480 + 38918 = 348013$ руб.

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

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (15) получаем для базового: $C_{\text{цех}} = 385008 + 1,5 \cdot 78960 = 385008 + 118440 = 503449$ руб. Для проектного: $C_{\text{цех}} = 348013 + 1,5 \cdot 59032 = 348013 + 88548 = 436561$ 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: $C_{\text{зав}} = 503449 + 1,15 \cdot 78960 = 503449 + 90804 = 594253$ руб. Для проектного: $C_{\text{зав}} = 436561 + 1,15 \cdot 59032 = 436561 + 67887 = 504448$ руб.

В таблице 18 представлена калькуляция заводской себестоимости проведения проектной и базовой технологии.

Таблица 18 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. «Затраты на материалы	М	236250	220500
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	88435	66115
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	30068	22480
4. Затраты на оборудование	Зоб	30256	38918
5. Технологическая себестоимость	Стех	385009	348013
6. Объём цеховых расходов	Рцех	118440	88548
7. Цеховая себестоимость	Сцех	503449	436561
8. Объём заводских расходов	Рзав	90804	67887
9. Заводская себестоимость» [19]	$C_{\text{зав}}$	594253	504448

Как видно из таблицы 18, 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 $\Pi_{\text{об.б.}} = 1710000 - (1710000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 974700$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (17) получаем величину общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 974700 \cdot 0,5 = 487350$ руб.

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

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

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

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

При подстановке исходных значений в формулу (20) капитальные вложения в оборудование $K_{об.пр.} = 3410000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 716100$ 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 $P_{дем}$. 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: $P_{дем} = 1710000 \cdot 0,05 = 85500$ 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: $P_{монт} = 3410000 \cdot 0,05 = 170500$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (21) сопутствующие расходы составили: $P_{\text{соп}} = 85500 + 170500 = 256000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (19) общие капитальные затраты при реализации проектной технологии составили: $K_{\text{общ.пр.}} = 716100 + 256000 = 972100$ 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: $K_{\text{доп}} = 972100 - 487350 = 484750$ 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: $K_{\text{уд}} = 487350/5 = 97470$ руб./ед. Удельные капитальные вложения по проектному варианту составляют: $K_{\text{уд}} = 972100/5 = 194420$ 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: $\Delta t_{шт} = (210 - 157) \cdot 100 \% / 210 = 25 \%$.

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: $P_T = 100 \cdot 25 / (100 - 25) = 33 \%$.

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: $\Delta C_{\text{тех}} = (385000 - 348000) \cdot 100\% / 385000 = 10 \%$.

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: $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (594253 - 504448) \cdot 5 = 449025$ 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: $T_{\text{ок}} = 484750 / 449025 = 1$ год.

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: $\mathcal{E}_{\text{г}} = 449025 - 0,33 \cdot 484750 = 289058$ 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 25 % и увеличить производительность на 33 %.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 10 %. При этом условно-годовая экономия составила 0,45 млн. рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 1 год. При этом годовой экономический эффект составит 0,3 млн. рублей.

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

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при строительстве вертикальных стальных резервуаров объёмом 5000 кубических метров.

При анализе различных схем возведения вертикальных стальных резервуаров были рассмотрены: метод наращивания, метод подрачивания и метод рулонирования. По преимуществам и недостаткам каждого метода принято решение при построении проектной технологии строительства вертикального резервуара применить полистовой метод.

Были обозначены недостатки базовой технологии с применением ручной дуговой сварки. Первый недостаток – низкая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть увеличена путём корректировки параметров режима и состава сварочных электродов. Второй недостаток – низкая стабильность качества, что объясняется непроварами, пористостью и трещинами. Третий недостаток – 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 наплавке 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:

- обосновать выбор производительных способов сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров, при этом следует стремиться к замене ручной сварки на механизированную, а механизированной – на автоматическую сварку;

- провести выбор сварочного оборудования и материалов;
- назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сборки и сварки резервуара.

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 механизированную и автоматическую сварку в углекислом газе.

Решая вторую задачу, было подобрано оборудование для осуществления проектной технологии с применением механизированной и автоматической сварки в защитных газах. Предложено использовать оборудование производства концерна ESAB и сварочную проволоку ОК ARISTOROD 12.63.

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.

Выполнена оценка экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту. Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 25 % и увеличить производительность на 33 %. Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 10 %. При этом годовой экономический эффект составит 0,3 млн. рублей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Гайсин Э. Ш., Фролов Ю. А. Методический подход к оценке качества технических систем с учётом их жизненного цикла на примере резервуара стального вертикального (РВС) // Нефтегазовое дело. 2012. № 3. С. 83–86.
2. Кондрашова О. Г., Назарова М. Н. Причино-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров // Нефтегазовое дело. 2004. № 2. С. 21–29.
3. Мазур А. А., Пустовойт С. В., Петрук В. С., Бровченко Н. С. Рынок сварочных материалов Украины // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 49–55.
4. Маковецкая О. К. Современный рынок сварочной техники и материалов // Автоматическая сварка. 2011. № 6. С. 23–38.
5. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.
6. Пермяков М. Б., Чернышова Э. П., Кришан А. Л. Актуальные проблемы строительства : монография. Магнитогорск, 2013. 139 с.
7. 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.
8. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.
9. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

10. РД 25.160.10-КТН-001-12 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. 2011. 216 с.

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

12. Сильницкий П. Ф. Влияние дефектов сварки на напряжённо-деформированное состояние резервуаров : дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Тюмень, 2012.

13. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.

14. Чеканова Ю. В. Новые компоненты сварочных материалов с использованием сырья Кольского полуострова: кондиционирование, синтез и взаимодействие : дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Апатиты, 2015.

15. Швырков С. А., Горячев С. А., Сорокоумов В. П. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 6. С. 48–52.

16. 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.

17. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

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

19. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

20. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

21. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.

22. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.