

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки днища вертикального резервуара

Обучающийся

А.К. Касенов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Д.И. Плахотный

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

Аннотация

В настоящее время перед промышленностью Российской Федерации стоит задача наращивания скорости возведения резервуарного парка, значительное количество резервуаров, ранее находящихся в критических для инфраструктуры местах, требуют повторного строительства. На основании этого следует признать актуальность выбранного направления, в котором ведутся исследования в настоящей выпускной квалификационной работе. В состав выпускной квалификационной работы входит введение, четыре раздела, заключение и библиографический список. Во введении на основании краткого анализа состояния вопроса выполнено обоснование актуальности и сформулирована цель. Первый раздел является аналитическим и содержит исходную информацию по конструкции резервуара и особенностям его эксплуатации, анализу материала и особенностям базовой технологии возведения. Во втором разделе обоснован выбор способа сварки, который предлагается использовать для построения проектной технологии возведения резервуара. Для сварки предложен модернизированный с использованием разработок российских ученых источник питания, который может быть построен на базе стандартного сварочного выпрямителя и позволяет существенно расширить технологические возможности механизированной сварки листовых конструкций. Составлена проектная технология сварки. Предлагаемая проектная технология может быть реализована на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов. Должная степень защиты окружающей среды и нейтрализация антропогенного действия производственного участка обеспечиваются предлагаемыми мероприятиями. При выполнении экономического раздела проведено обоснование эффективности внедрения предлагаемых решений в современное производство. Дополнительные капитальные вложения составляют 500 тыс. рублей, ожидается годовой экономический эффект в размере 850 тыс. рублей.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных и известных решений по теме.	7
1.1 Описание изделия и условия его работы.	7
1.2 Анализ материала для изготовления днища	10
1.3 Описание особенностей базового технологического процесса сборки и сварки.	11
1.4 Анализ источников научно-технической информации.	17
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. ...	20
2 Проектная технология сборки и сварки.	22
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	22
2.2 Расширение технологических возможностей сварки в защитных газах.	26
2.3 Описание операций проектного технологического процесса. ...	30
3 Безопасность труда и экологичность.	37
3.1 Постановка задачи на экологическое обоснование предлагаемых технических решений.	37
3.2 Профессиональные риски.	39
3.3 Устранение профессиональных рисков.	40
3.4 Пожарная безопасность предприятия.	42
3.5 Экологическая безопасность производственного участка.	44
4 Экономическая эффективность предлагаемых решений.	47
4.1 Вводные данные для экономического анализа.	47
4.2 Фонд времени работы оборудования.	49
4.3 Штучное время и годовая программа	50
4.4 Расчёт заводской себестоимости.	52
4.5 Капитальные затраты.	59
4.6 Экономические показатели эффективности.	61
Заключение	65

Список используемой литературы и используемых источников.	67
---	----

Введение

В настоящее время резервуарный парк Российской Федерации, который используется для хранения передачи нефтепродуктов, составляет порядка 10 миллионов кубических метров. Потребление нефтепродуктов продолжает год от года увеличиваться. Кроме того, тенденции развития современного российского общества ещё больше повышают актуальность вопроса построения резервуаров для хранения нефтепродуктов. Поэтому выработка технических решений, позволяющих повысить эффективность строительства резервуаров, остается весьма актуальным направлением развития отечественной сварочной науки.

Вопросы повышения эффективности технологии сварки резервуаров связаны не только с экономическими и политическими моментами, но и позволяют решать проблему экологичности производства. При разрушении резервуара происходит разлитие продукта и загрязнение значительной площади, кроме того, последствия могут усугубиться из-за высокого риска возгорания разлившегося продукта. При этом наблюдается не только значительный ущерб природе, но и имеется опасность человеческих жертв, что отмечается рядом исследователей. За последние 50 лет на территории Российской Федерации произошло более 140 крупных аварий, многие из которых сопровождались гибелью персонала [9], [31]. Днище резервуара является наиболее нагруженным элементом вертикального резервуара, который испытывает значительные нагрузки – статические (при хранении резервуара) и динамические (при сливе-заливке топлива) [3]. Кроме того, дополнительные нагрузки на днище возникают по причине перепадов температуры. При изготовлении днища резервуара значительная роль отводится сварочным процессам.

Следует отметить низкий уровень автоматизации и механизации технологических операций при изготовлении днища резервуара, что становится причиной затягивания сроков его возведения и снижает качество

выполняемых работ. При монтаже элементов резервуара условия труда сварщика характеризуются повышенной опасностью и тяжестью. Повышение экономических показателей предприятия может быть достигнуто за счёт расширения технологических возможностей сварочных технологий, повышения производительности труда за счёт применения перспективных способов сварки и модернизации применяемых способов сварки с использованием современных достижений в области управления сварочной дугой.

В связи с этим актуальной является цель выпускной квалификационной работы - повышение эффективности сварочных работ при изготовлении днища вертикального резервуара.

Настоящая выпускная квалификационная работа в качестве объекта исследования предполагает принять технологический процесс возведения резервуара, в частности, рассмотреть вопросы сборки и сварки днища резервуара. В качестве предмета исследования предлагается принять вертикальный цилиндрический резервуар объемом 2000 кубических метров, который наиболее распространен при организации баз хранения нефтепродуктов.

При достижении поставленной цели предстоит решение ряда задач, для чего предлагается применить разработки отечественных исследователей-сварщиков, что позволит обеспечить независимость российского производства от поставок высокотехнологичных компонентов и оборудования иностранного производства [5], [11], [20].

1 Анализ исходных данных и известных решений по теме

1.1 Описание изделия и условия его работы

На рисунке 1 представлен резервуар РВС-2000 для хранения нефтепродуктов. Конструкция резервуара представляет собой вертикальный полный стальной цилиндр, полезный объем которого равен 2000 кубических метра. Цилиндр устанавливают вертикально на железобетонном фундаменте. Вертикальная стенка резервуара выполнена из стальных листов размером 1,5 на 6 метров различной толщины. Толщина стенки резервуара зависит от пояса. Нижние пояса выполнены из листов большей толщины, так как они испытывают большие нагрузки. «Верхние пояса выполнены из листов меньшей толщины, так как на них действуют меньшие нагрузки. Нижний пояс резервуара выполняется из листов толщиной 8 мм, верхний пояс резервуара выполняется из листов толщиной 5 мм. Верхний пояс резервуара выполняется ослабленными швами, что позволяет уменьшить разрушения при возможном взрыве резервуара за счёт перераспределения напряжений. На рисунке 2 представлено днище резервуара, которое выполняется из листов толщиной 6 мм» [26]. В зоне опирания стенки резервуара по периметру днища располагаются окрайки.

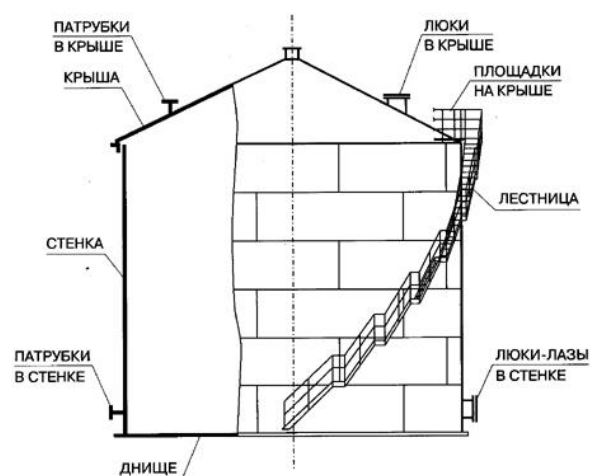


Рисунок 1 – Резервуар РВС-2000

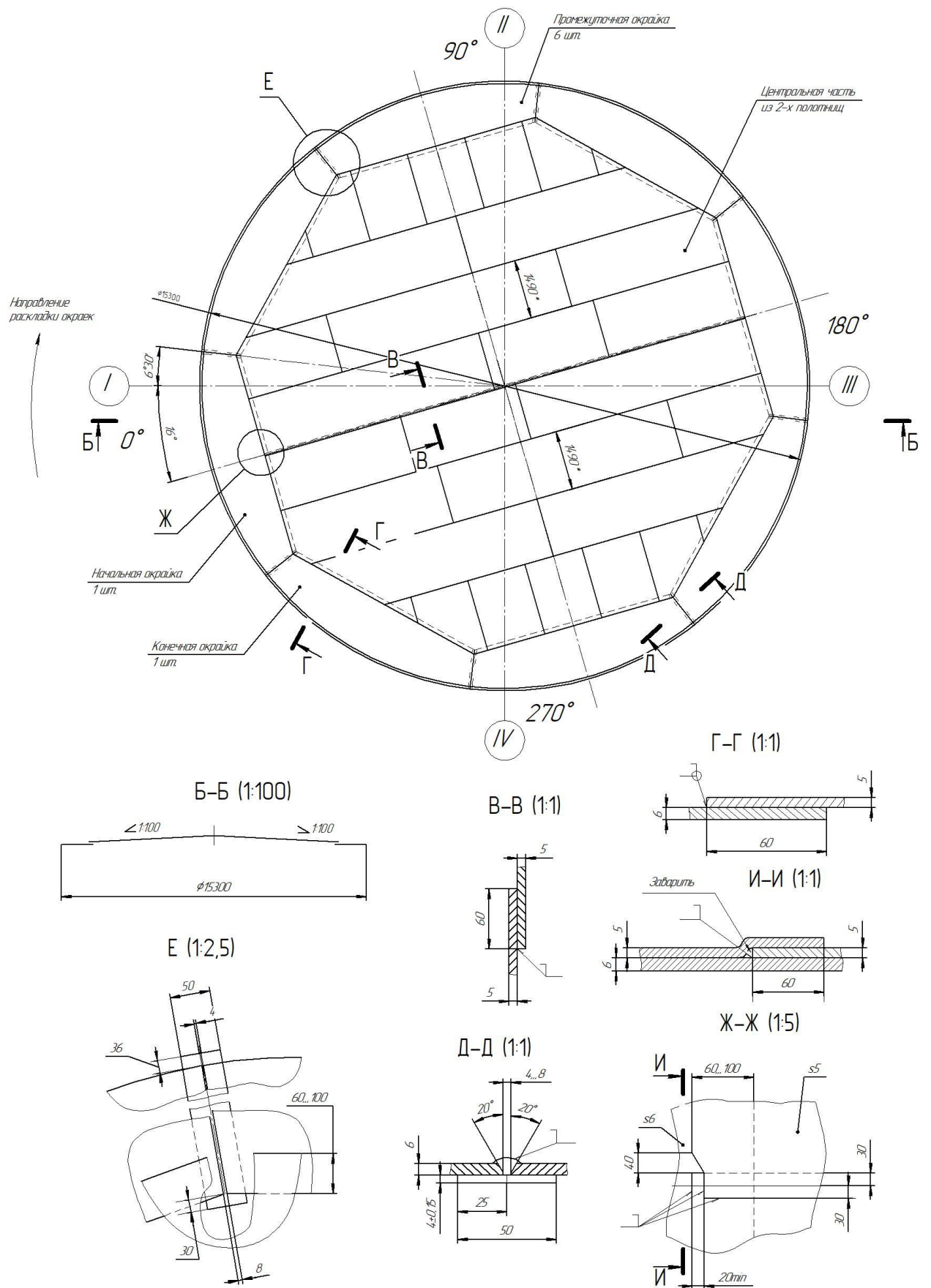


Рисунок 2 – Днище резервуара с окрайками

Количество поясов стенки резервуара равно восьми при суммарной высот стенки резервуара 11,9 метров. Днище резервуара имеет 9 окрак. Стенка резервуара имеет массу порядка 24,9 тонны, днище резервуара имеет массу порядка 8,8 тонны. Масса конструкций крышки резервуара составляет 12,7 тонны, масса лестничной конструкции составляет 2,1 тонны. Площадка на крыше резервуара имеет массу 2,1 тонны, люки и патрубки имеют общую массу 0,7 тонны. Каркас и упаковочный материал элементов резервуара имеет общую массу 5,2 тонны, комплектующие элементы имеют массу 1,5 тонны. Суммарная транспортируемая масса резервуара составляет порядка 58,1 тонны.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос сварки днища резервуара, которое имеет конусность 1:100 к краям, что позволяет удалять скапливающуюся при хранении и перекачке продукта воду. «Днище выполнено из листов стали толщиной 5 мм и листов толщиной 6 мм, оно имеет две составные части. Первая часть – центральная, вторая часть – окрайки. Окрайки в внешней стороны имеют форму круга, с внутренней стороны имеют форму многоугольника. Количество листов окрайки составляет восемь штук, поэтому изнутри окрайки образуют восьмиугольник. Листы окрайки имеют толщину 6 мм. Листы центральной части днища имеют толщину 5 мм» [26], центральная часть собирается из листов внахлест величиной 30...50 мм. Центральная часть собирается с окрайками внахлест с перекрытием 60...100 мм.

При установке нижнего пояса стенки резервуара необходимо обеспечить расстояние между вертикальным швом стенки и сварным швом окрайки не менее 100 мм. В позиции «Ж» на рисунке 2 вырезы следует выполнять по месту в процессе монтажа резервуара. Контроль качества сварных швов окрак радиографическим методом проводится на 100 % швов. В зоне сопряжения окрак со стенкой резервуара усиление сварных швов следует снять заподлицо с основным металлом.

1.2 Анализ материала для изготовления днища

Несущие конструкции резервуара (стенка, днище, крышка) выполняются из стали 09Г2С, которая относится к конструкционной низколегированной стали, химический состав которой представлен в таблице 1. Сочетание низкой стоимости и относительно высоких технологических свойств обеспечили стали 09Г2С широкое распространение при изготовлении сварных конструкций ответственного назначения, которые могут работать продолжительное время при температурах от -70 до +425 °С. Для сварки стали 09Г2С могут быть применены все известные способы сварки, так как она не имеет ограничений по свариваемости. Однако при построении технологического процесса с применением сварочных технологий следует учитывать особенности реакции стали 09Г2С на термический цикл, которые имеются по сравнению с низкоуглеродистыми сталями [30], [32], [37]. В зоне термического влияния при сварке стали 09Г2С возможно повышение твердости металла и образование закалочных структур, количество которых при превышении критической скорости охлаждения резко увеличивается. Для того, чтобы предотвратить образование закалочных структур при выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С необходимо применять предварительный подогрев, который способствует перлитному превращению. Выполнение предварительного подогрева при сварке резервуаров может быть затруднено, поэтому положительных изменений в структуре металла сварного соединения часто удается достигнуть за счёт техники сварки и правильно назначенных параметров режима. Также следует учитывать снижение стойкости стали 09Г2С против кристаллизационных трещин по сравнению с низкоуглеродистыми сталями, что является причиной совместного действия марганца, углерода и кремния, содержащихся в стали. Для того, чтобы снизить образование горячих трещин, применяют сварочные материалы с пониженным содержанием серы и углерода.

Таблица 1 – Содержание элементов в стали 09Г2С

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	As
до 0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	до 0,3	До 0,3	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,008

За счёт легирования металла сварного шва из сварочной проволоки или флюса возможно получение равнопрочного соединения, правильная система легирования позволяет уменьшить опасность хрупкого разрушения и образования горячих трещин. Так как рассматриваемая сталь имеет склонность к образованию закалочных структур, при выполнении сварных конструкций их стали 09Г2С следует применять параметры режима с меньшей погонной энергией, чем при сварке низкоуглеродистых сталей.

1.3 Описание особенностей базового технологического процесса сборки и сварки

При сборке и сварке днища резервуара соблюдают последовательность действий.

На первой операции размечают основание днища. В «месте размещения центра резервуара вбивают штырь, который играет роль оси симметрии резервуара. С применением рулетки и репера размечают две кольцевые риски. Первая риска показывает номинальный внешний радиус окраек, вторая риска показывает предельное отклонение» [25], которое допускается при укладке окраек и составляет 30 мм к номинальному радиусу.

На второй операции с «применением крана ДЭК-631 укладывают окрайки по рискам. На каждой окрайке на торцевой кромке приваривают подкладную пластину, которая имеет ширину 50 мм и толщину 4 мм. Подкладную пластину приваривают к каждой окрайке» [25], как показано на рисунке 3-а. Длина прихваток составляет 50 мм, шаг между прихватками составляет 150...200 мм. Усиление прихваточного шва составляет 3 мм. Эта подкладка остается при дальнейшей сварке окраек. Далее листы окраек с

приваренными подкладными пластинами укладываются вместе, как показано на рисунке 3-а. При укладке листов окراек следует обеспечить клиновидный зазор, который составляет на периферии 4 мм и расширяется к центру до 8 мм. при укладке листов следует обеспечить смещение кромок не более 10 % толщины листов. Между подкладкой и вторым листом окрайки зазор не должен превышать 1 мм.

После того, как листы окрайки были уложены, следует выполнить зачистку стыка на ширину 50 мм в обе стороны от линии сварного шва, удаляя загрязнения и ржавчину. Фиксирование листов окрайки относительно друг друга выполняется с применением поперечных гребенок и сборочных скоб.

На третьей операции «выполняют сварку монтажных швов, как показано на рисунке 3-б. Сварку ведут одновременно четыре сварщика, которые располагаются напротив друг друга с разных концов кольца окрайки. Сварку ведут, начиная от наружной части кольца внутрь на длину 200...250 мм. Каждый сварщик выполняет по два монтажных сварных шва.

Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля» [25].

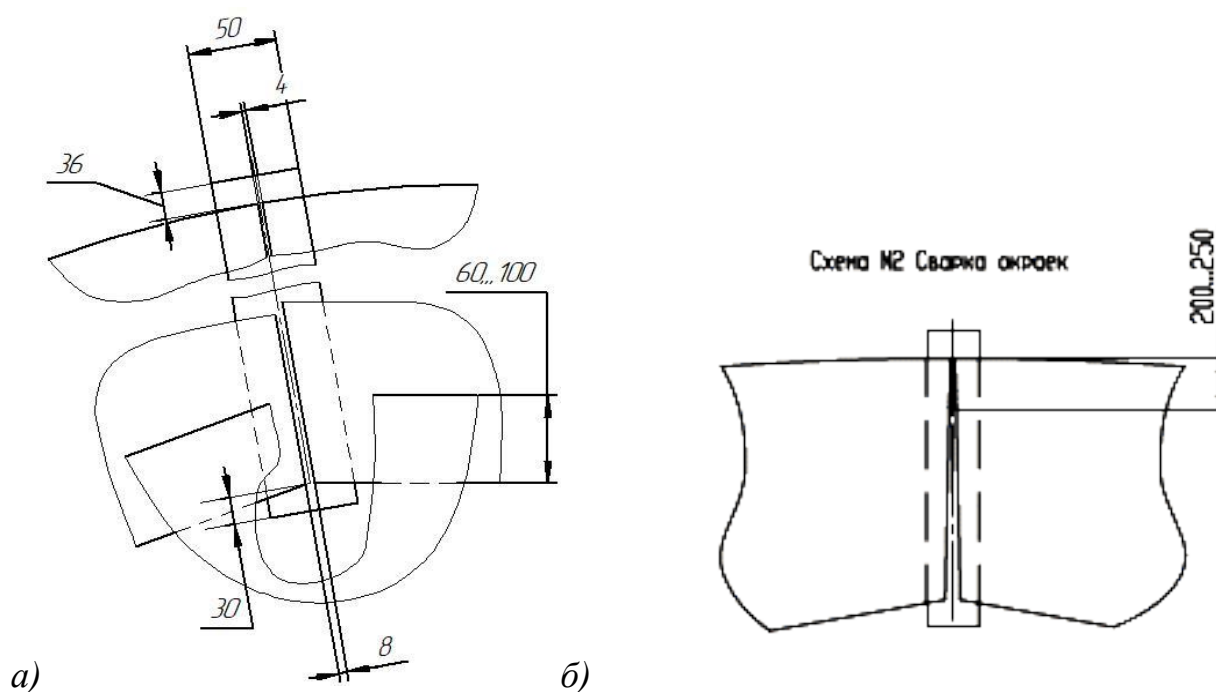
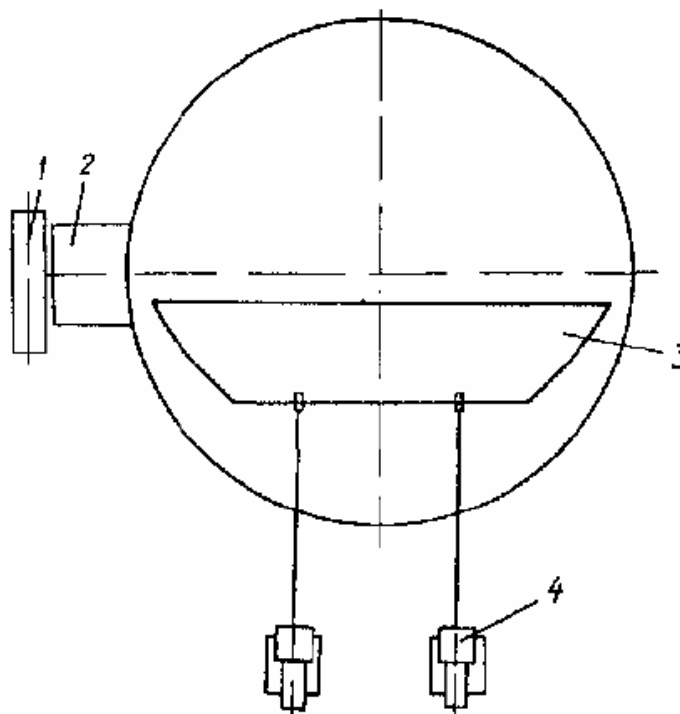


Рисунок 3 – Укладка (а) и сварка монтажных швов (б) листов окрайки

После выполнения монтажных швов листов окраек проводят укладку рулонированных полотнищ днища, для чего применяются два трактора и один кран ДЭК-631. Схема укладки полотнищ центральной части днища представлена на рисунке 4. Сначала укладывают в проектное положение первое полотнище. Потом размечают его и приваривают к нему ограничительные пластины «на расстоянии 60 мм от края, что обеспечит впоследствии требуемую нахлестку полотнищ. Далее с использованием тракторов сдвигают второе полотнище, надвигая его на первое до упора в ограничивающие пластины. Нахлест полотнищ центральной части днища на кольцо окраек должен быть 60...100 мм» [25], как это показано на рисунке 5. В том месте, где происходит тройное пересечение листов полотнищ центральной части днища и листа окраек следует выполнить подгибание кромки верхнего листа полотнища. Для этого с применением газового пламени разогревают верхний лист до температуры 600...650 °С и при помощи кувалды деформируют его надлежащим образом.



1 – полотнище в рулоне (исходное положение); 2 – пандус; 3 – полотнище после разворачивания; 4 – трактор

Рисунок 4 – Укладывание полотнищ днища в проектное положение

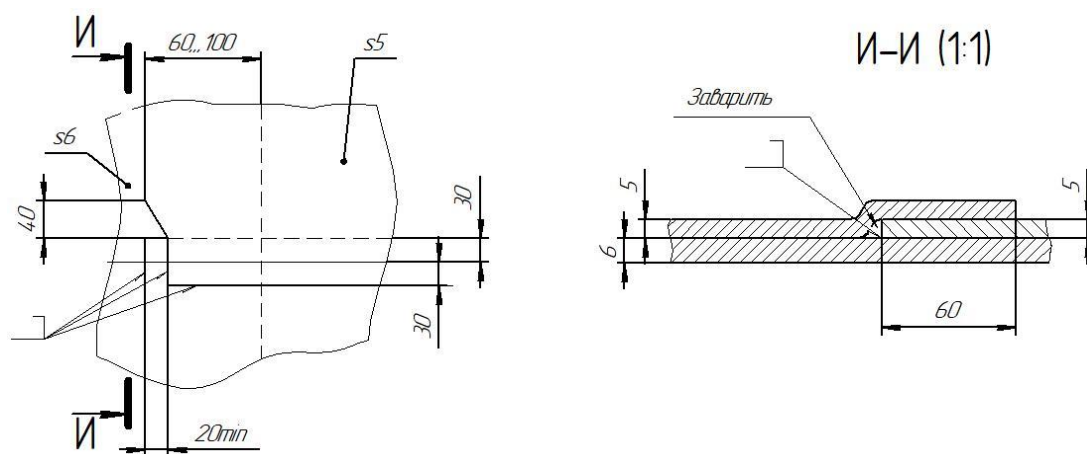


Рисунок 5 – Монтаж полотнищ центральной части днища на окрайки

«После того, как была выполнена укладка полотнищ центральной части днища с необходимой нахлесткой, выполняют сварку продольного шва по всей длине, не доходя по 800 мм по краям до места примыкания центральной части днища к окрайкам» [25]. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Далее выполняют сварку стыковых соединений кольца окراек, сварку ведут обратно-ступенчатым способом участками длиной 200...400 мм согласно рисунка 6. «Для того, чтобы перекрывающий лист центральной части днища не препятствовал сварке, его подгибают и укладывают на специальные опоры, что обеспечивает подход сварщику для выполнения шва. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля. Далее выполняют зачистку заподлицо с основным металлом части сварного шва, который перекрывается центральной частью днища» [25].

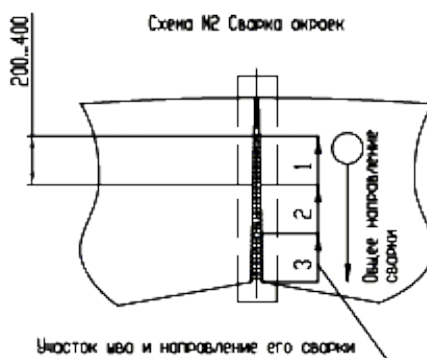


Рисунок 6 – Доварка стыка окрайек

Далее проводят сварку нахлесточного соединения центральной части днища и кольца окраек. Сварку ведут одновременно четыре сварщика, каждый сварщик заваривает свою четверть периметра сварного шва. Рассматриваемый кольцевой шов имеет два непровариваемых участка, которые расположены в месте пересечения продольного шва центральной части днища (на нем ещё недоварены с каждой стороны участки длиной по 800 мм) с кольцом окраек. Длина непровариваемого участка составляет 400 мм в каждую сторону. «Перед сваркой выполняют прихватки с шагом 300 мм и длиной 50 мм. усиление прихватки 4 мм. В зоне недоваров прихватки не ставят. Далее каждый сварщик выполняет сварку своей четверти шва не менее чем в два слоя. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Далее выполняют сварку в зоне непроваренного участка нахлестки центральной части днища и кольца окраек» [25], как это показано на рисунке 7. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

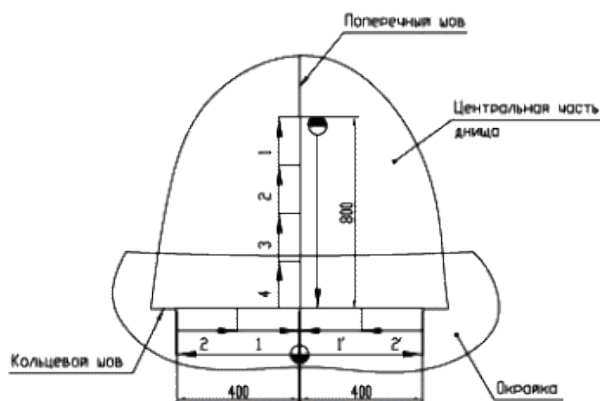


Рисунок 7 – Доварка кольцевого стыка и поперечного шва

Сварку ведут с применением электродов УОНИ 13/55 диаметром 3 мм. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, значение которого задается 90...120 А и обеспечивается сварочным выпрямителем ВДУ-506, который представлен на рисунке 8. Сварку ведут на короткой дуге с поперечными колебаниями электрода.



Рисунок 8 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

При зажигании и гашении сварочной дуги запрещается выводить кратер на основной металл. Сварку можно прерывать только для смены электрода. Если произошел обрыв дуги, зажигание дуги следует выполнять с отступом 20 мм от конца сварного шва. Усиление сварных швов должно быть не более 2 мм. Поверхность сварного шва не должна иметь резких переходов, наплывов, должна быть гладкой и иметь мелкую чешуйчатость. Не допускаются наплывы, незаплавленные кратеры, ожоги металла и шлаковые включения.

Ранее приваренные крепежные элементы удалять с поверхности деталей отламыванием и сбиванием запрещается, их «следует удалять только механическим способом с последующей зачисткой заподлицо поверхности листов. Не допускается образование углублений в основном металле при удалении временных крепежных приспособлений.

Поверхность сварных швов должна быть очищена от шлака и брызг расплавленного металла» [25]. Проверка качества выполняется с применением визуального и измерительного контроля, рентгеновского контроля и испытания проникающими веществами.

1.4 Анализ источников научно-технической информации

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении днища вертикального стального резервуара для хранения нефтепродуктов. Для того, чтобы добиться повышения эффективности следует применять научно-обоснованные методы, требующие проведения изыскательских работ в двух направлениях. Первое направление предусматривает расширение технологических возможностей традиционных способов сварки. Второе направление предусматривает поиск и расширение области применения перспективных новых и способов. Литературный поиск проводим в сети ИНТЕРНЕТ, для чего в качестве ключевых слов используем «сварка резервуаров», «повышение качества сварки», «диссертация», «сварка листовых конструкций». Эффективный поиск может быть проведен при использовании таких информационных систем, как «Диссеркет» (содержит значительное количество кандидатских и докторских диссертаций, защищенных по техническим наукам в Российской Федерации), «Киберленинка» (содержит значительное количество публикаций по техническим направлениям, позволяет вести поиск по типу публикации и рейтингу журнала), «ПатонПаблиш» (содержит значительное количество публикаций в области сварки, результаты исследований в Украине), «Е-Лайбрери» (российская база знаний, позволяет вести поиск по автору и названию журнала).

В первой работе [36] «описывается опыт применения дополнительной горячей присадки при выполнении автоматической сварки под флюсом. За счёт применения дополнительной горячей присадки появляется дополнительная возможность эффективного управления введением в сварной шов элементов-модификаторов. Также ожидаемое увеличение коэффициента наплавки составляет 100...150 %. За счёт введения дополнительной горячей присадки улучшаются тепловые условия формирования сварного шва,

снижается перегрев основного металла и опасность получения горячих трещин. Также при введении дополнительной горячей присадки отмечается повышение стойкости металла сварного шва против образования холодных трещин.

Данная работа показывает эффективность применения автоматической сварки под флюсом и будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки резервуара» [36].

Во второй работе «описаны работы по повышению эффективности сварки самозащитной порошковой проволокой. Разработана технология сварки неповоротных стыков труб порошковой проволокой способом «снизу вверх» с принудительным формированием шва медным водоохлаждаемым ползуном. Порошковая проволока позволяет получать требуемую ударную вязкость металла шва при температуре до минус 40°C, при этом количество дефектов не превышает 5% от общего количества швов» [28].

Данная работа показывает эффективность применения сварки порошковой проволокой и будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки резервуара.

В третьей работе [21] «проведен анализ эффективности применения различных составов защитных газов при механизированной сварке проволокой сплошного сечения. Указывается, что обоснование состава защитного газа должно быть основано на понимании влияния составляющих компонентов на особенности протекания процессов в ходе сварки. При этом в качестве критериев для выбора того или иного состава защитного газа могут выступать улучшение условий труда сварщика, безопасность и экологичность выполнения сварочных операций, повышение показателей качества и служебных характеристик. Анализ этих критериев позволяет судить о высоком потенциале сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, реализация которого позволяет предполагать дальнейшее расширение области применения этого способа сварки» [21].

Данная работа будет использована для обоснования выбора способа сварки и построения проектной технологии сварки днища резервуара .

В четвертой работе [12] «исследовано влияние параметров импульсного управления питанием сварочной дуги на качество сварного соединения при изготовлении и ремонте металлических конструкций из низкоуглеродистых сталей. Исследовался процесс механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Применение систем импульсного управления с обратной связью по току позволяет повысить стабильность качества сварки, уменьшить разбрызгивание электродного металла и добиться пространственной стабильности сварочной дуги, что особенно важно при выполнении монтажной сварки и проведении ремонта крупногабаритных металлических конструкций» [12].

Данная работа показывает эффективность применения импульсного управления при механизированной сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах. Работа будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии.

В пятой работе [34] «описывается исследование влияния состава защитного газа на свойства соединений при механизированной сварке порошковой проволокой. Установлено, что состав защитного газа оказывает решающее влияние на характер переноса электродного металла при сварке для всех составов сварочной проволоки. Применение газовой смеси «аргон + гелий» вместо чистого углекислого газа позволяет уменьшить длительность коротких замыканий. При этом мелкокапельный перенос электродного металла сменяется на струйный. Отмечается существенное уменьшение потерь электродного металла на разбрызгивание и угар» [34].

Данная работа показывает эффективность применения сварки порошковой проволокой в защитных газах. Работа будет рассмотрена для обоснования выбора способа ремонтной сварки при построении проектной технологии.

Таким образом, на основании проведенных литературных исследований, для изготовления днища вертикального резервуара могут быть рассмотрены следующие способы сварки: ручная дуговая сварка, механизированная и автоматическая сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на решение вопросов по повышению производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении днища вертикального стального резервуара для хранения нефтепродуктов. Базовый технологический процесс предусматривает применение ручной дуговой сварки, этот способ, несмотря на универсальность и многолетнюю положительную практику повсеместно заменяется на более производительные механизированные и автоматические способы сварки. Так как оперативность возведения резервуарных конструкций, достигаемая за счёт применения ручной дуговой сварки, не должна отрицательно сказываться на производительность и качество сварочных работ, для построения проектной технологии сварки предполагается замена способа сварки на более производительный. На основании проведенного анализа исходных данных и известных решений могут быть сформулированы задачи настоящей выпускной квалификационной работы. Первая задача заключается в обосновании выбора способа сварки, который будет использован для составления проектной технологии сборки и сварки. Вторая задача заключается в повышении эффективности выбранного способа сварки на основании современных разработок отечественных исследователей-сварщиков. Третья задача заключается в построении проектного технологического процесса, в ходе решения которой предстоит

составить перечень операций, назначить параметры режима и технические условия выполнения операций. Также предстоит рассмотреть вопрос обеспечения безопасности труда и экологической безопасности сварочного производства [2], [6]. Также предлагаемые технологические решения должны получить экономическое обоснование, для чего предстоит выполнить сравнение экономических показателей базовой и проектной технологий изготовления [15], [16].

После выполнения разделов выпускной квалификационной работы следует подготовить заключение, предусматривающее общую формулировку рассматриваемой проблемы и поставленной цели, результаты и анализ решений поставленных задач, анализ результатов выполнения оценочных блоков, доказательство достижения поставленной цели. Кроме того, в заключении следует привести пути внедрения полученных результатов в производство и обозначить направление дальнейших исследований при подготовке магистерской диссертации, которую предстоит подготовить при последующем обучении на кафедре сварки.

При выполнении поставленных задач необходимо руководствоваться настоящим экономико-политическим положением, заставляющим основной упор в поиске и реализации технических решений делать на разработки российских исследователей, а в качестве технических средств применять изготавливаемое в России или в странах с дружественными режимами оборудование. Выполнение этого условия позволяет не только обеспечить промышленную независимость и суверенитет нашей страны, но и стимулировать дальнейший промышленный рост за счёт внедрения отечественных решений [11],

2 Проектная технология сборки и сварки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Ручная дуговая сварка, которая характеризуется максимальной универсальностью и простотой реализации при построении технологических процессов сборки и сварки металлических конструкций, в настоящее время уступает свои позиции более производительным способам сварки. Нормативная документация [25], [26] особо отмечает необходимость перехода на механизированные и автоматические способы сварки, хотя применение ручной дуговой сварки допускается. Следует указать на тот факт, что оперативность возведения резервуаров, а также малые сроки принятия решения, что связано с ускоренным выходом из строя резервуарного парка Российской Федерации вследствие недружественных действий соседних стран, приводит к тому, что доля ручной дуговой сварки при проведении работ по возведению резервуаров снова увеличилась.

Рассматриваемое изделие – днище резервуара, изготавливается из стали 09Г2С толщиной 5 мм и толщиной 6 мм. для таких толщин могут быть применены следующие способы сварки, рациональное использование которых позволяет получать необходимую эффективность проводимых работ.

Первым способом является ручная дуговая сварка, которая применяется по базовой технологии и продолжает широко применяться вследствие приведенных выше причин. При этом следует отметить возможность некоторого повышения эффективности ручной дуговой сварки за счёт применения современных достижений в области изготовления сварочных электродов и в области управления сварочной дугой. Следует указать на относительно низкую стоимость оборудования для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки, это существенно упрощает реализацию проектного технологического процесса, которая не требует приобретения дорогого оборудования и переобучения сварщиков.

Однако «из-за критичных недостатков ручной дуговой сварки её доля а сварочных процесса неуклонно снижается, что отмечается рядом отечественных и зарубежных аналитиков» [7], [18], [19]. Такими недостатками является малая производительность сварки, значительная зависимость качества сварного соединения от квалификации сварщиков, вредные условия труда сварщика и значительное количество дефектов. Кроме того, следует отметить, что на единицу длины сварного шва стоимость штучных электродов для ручной дуговой сварки может оказаться выше, чем стоимость сварочных материалов для других способов сварки. При этом существенное увеличение расхода сварочных материалов при ручной дуговой сварке происходит из-за повышенного разбрызгивания, угара и образование электродных огарков.

Вторым способом, который необходимо рассмотреть для составления проектной технологии, «является сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах, которая может выполняться как в механизированном, так и в автоматическом режиме. При сварке в защитных газах расплавленный металл обладает вязкостью, что позволяет избежать опасности вытекания сварочной ванны при ведении сварки в различных пространственных положениях, что существенно повышает универсальность способа сварки» [22], [23]. Однако низкая вязкость металла сварочной ванны может привести к повышению вероятности образования трещин сварного шва и пористости, так как растворенные в сварочной ванне газы не успевают полностью покинуть её при кристаллизации [24]. Кроме того, следует указать на такой недостаток сварки в защитных газах, как высокое разбрызгивание при переходе на форсированные режимы, что отрицательно сказывается на качестве и производительности выполняемых работ. В настоящее время расширение технологических возможностей сварки в защитных газах достигается за счёт многочисленных работ в области управления переносом электродного металла [8], [10], [17], [13], [29].

Применение сварки порошковыми самозащитными проволоками позволяет получить благоприятное сочетание универсальности ручной

дуговой сварки и производительности сварки в защитных газах. При изготовлении проволоки сплошного сечения необходимость сложного легирования металла проволоки существенно повышает стоимость сварочных материалов. При изготовлении порошковой проволоки существенно расширяются возможности по легированию металла сварного шва без усложнения самого производства проволоки, так как введение легирующих элементов в сварной шов происходит за счёт сыпучей шихты, состав которой может быть изменен в широких пределах [27], [35]. Также следует отметить, что при использовании порошковой проволоки коэффициент перехода легирующих элементов в сварной шов существенно выше, чем «при использовании штучных электродов, что позволяет экономить дорогостоящие легирующие элементы. Так как при сварке самозащитными проволоками не требуется применения газовой аппаратуры, этот способ сварки считается более мобильным по сравнению со сваркой в защитных газах» [27]. В настоящее время мировым производителем предложено на рынок широкое разнообразие порошковых проволок для сварки конструкций различного назначения и состава металла. Применение самозащитных проволок заставляет считаться с рядом недостатков, имеющих критичный характер. Первым таким недостатком является необходимость удаления шлаковой корки, что, по сравнению со сваркой в защитных газах существенно усложняет процесс и затрудняет автоматизацию и роботизацию. Вторым недостатком является высокая стоимость порошковой проволоки, так как её производство недостаточно освоено российской промышленностью, а представленные на рынке образцы иностранного производства. Третьим недостатком является высокая текучесть расплавленного шлака, что становится причиной образования пор и шлаковых включений в сварном шве. Четвертым недостатком следует указать неравномерное плавление порошковой проволоки по сечению, что приводит к ускоренному расплавлению металлической оболочки проволоки и просыпанию в сварочную ванну нерасплавленной шихты из сердцевины проволоки.

Следует отметить комбинированный подход, предусматривающий сварку в защитных газах порошковой проволокой. В этом случае толщина образующейся шлаковой корки является незначительной и практически не ухудшает качество сварки. Также следует указать на высокое качество сварного шва. Однако такой способ сварки сочетает в себе не только преимущества сварки в защитных газах и сварки порошковой проволокой, но и суммарные недостатки этих способов.

Следует рассмотреть в качестве альтернативного способа «автоматическую сварку под флюсом, которая имеет самую высокую производительность по сравнению со всеми рассматриваемыми способами. Например, по сравнению с ручной дуговой сваркой производительность автоматической сварки под флюсом увеличивается на 200...500 %. Также следует отметить значительное улучшение условий труда сварщика, так как при этом способе сварки горение дуги происходит под слоем флюса, что устраняет разбрызгивание металла и ультрафиолетовое излучение от сварочной дуги. Также следует указать на высокое качество сварных соединений при автоматической сварке под флюсом» [26]. В числе недостатков автоматической сварки под флюсом следует указать на повышенное термическое влияние на основной металл, что становится причиной неблагоприятных изменений структуры металла сварного шва. Также автоматическая сварка под флюсом характеризуется малой мобильностью, которая особенно сильно проявляется при выполнении коротких швов.

На основании вышеизложенного для построения проектной технологии сварки предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, технологические возможности которой будут расширены за счёт применения современных достижений отечественных исследователей-сварщиков в области управления переносом электродного металла.

2.2 Расширение технологических возможностей сварки в защитных газах

В настоящее время накоплен значительный опыт в области управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах, реализованный во многих образцах представленной на рынке сварочной техники. Как показывают результаты исследований, протекание энергетических, металлургических и тепловых процессов в сварочном ванне и зоне термического влияния в значительной мере определяется рядом технологических факторов [22], совокупность которых представлена на рисунке 9. Наиболее эффективно управлять особенностями переноса электродного металла при сварке можно за счёт формирования импульсного процесса, в ходе которого возникает ряд положительных моментов, делающих перспективным применение импульсно-дуговой сварки и обуславливающих все большее расширение области её применения при изготовлении и ремонте металлических конструкций.

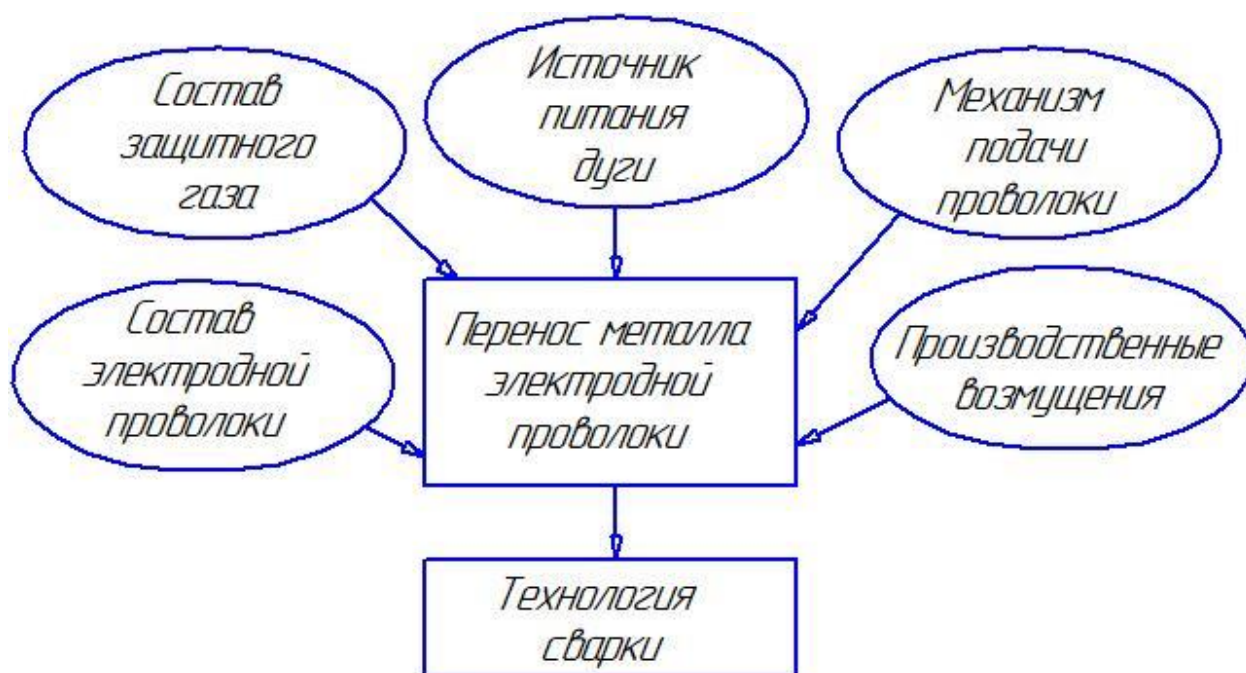


Рисунок 9 – Совокупность факторов, определяющих специфику переноса электродного металла при сварке [33]

Мировым производителем сварочного оборудования реализуется на практике значительное количество разновидностей импульсного управления, основные варианты, получившие наибольшее применение при изготовлении сварочной техники, представлены на рисунке 10. Производители сварочного оборудования, реализующего импульсное управление, представлены на рисунке 11.

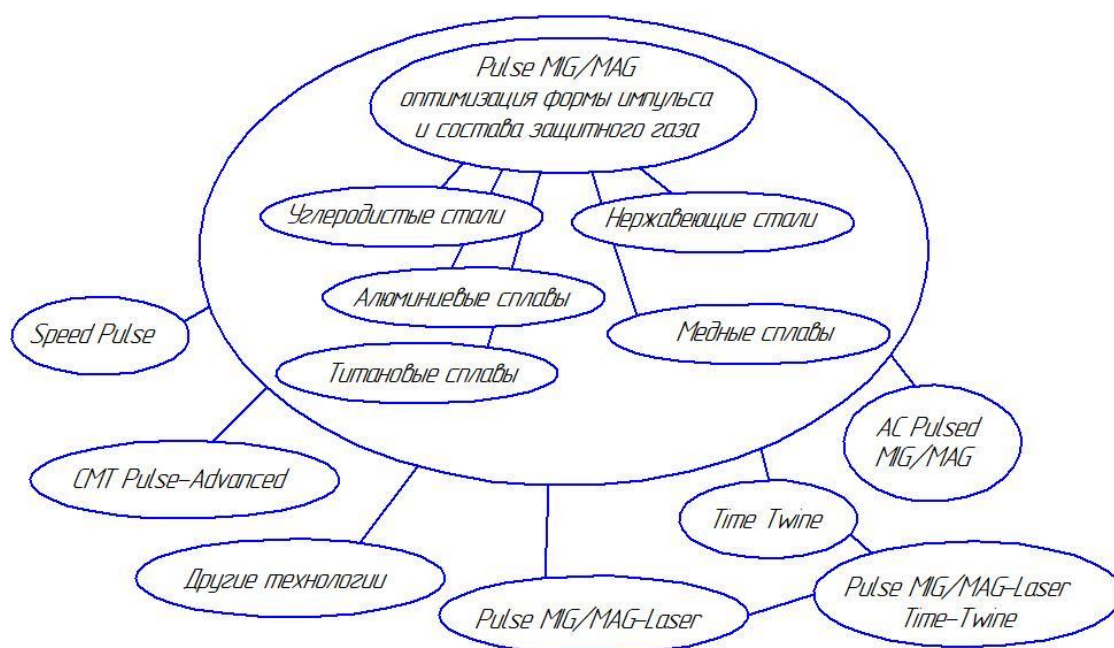


Рисунок 10 - Схема развития импульсно-дуговой сварки

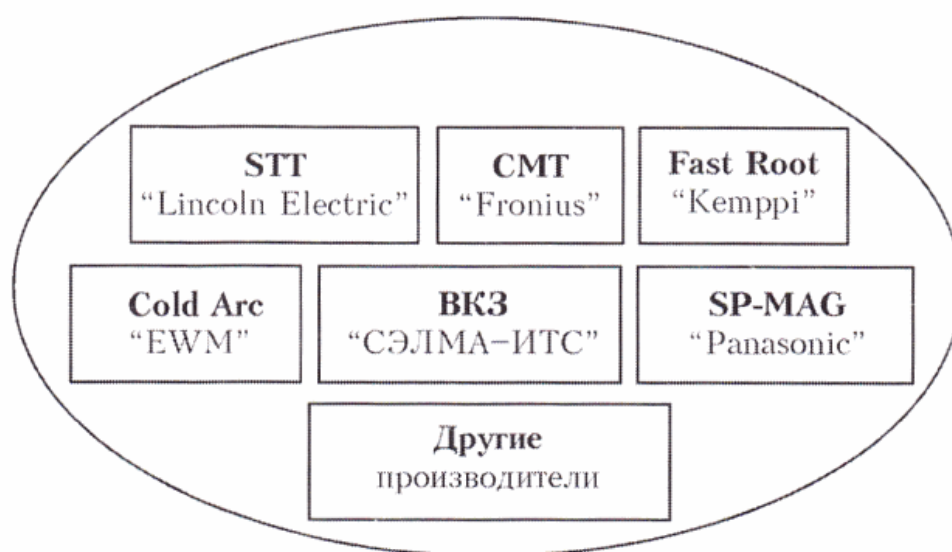
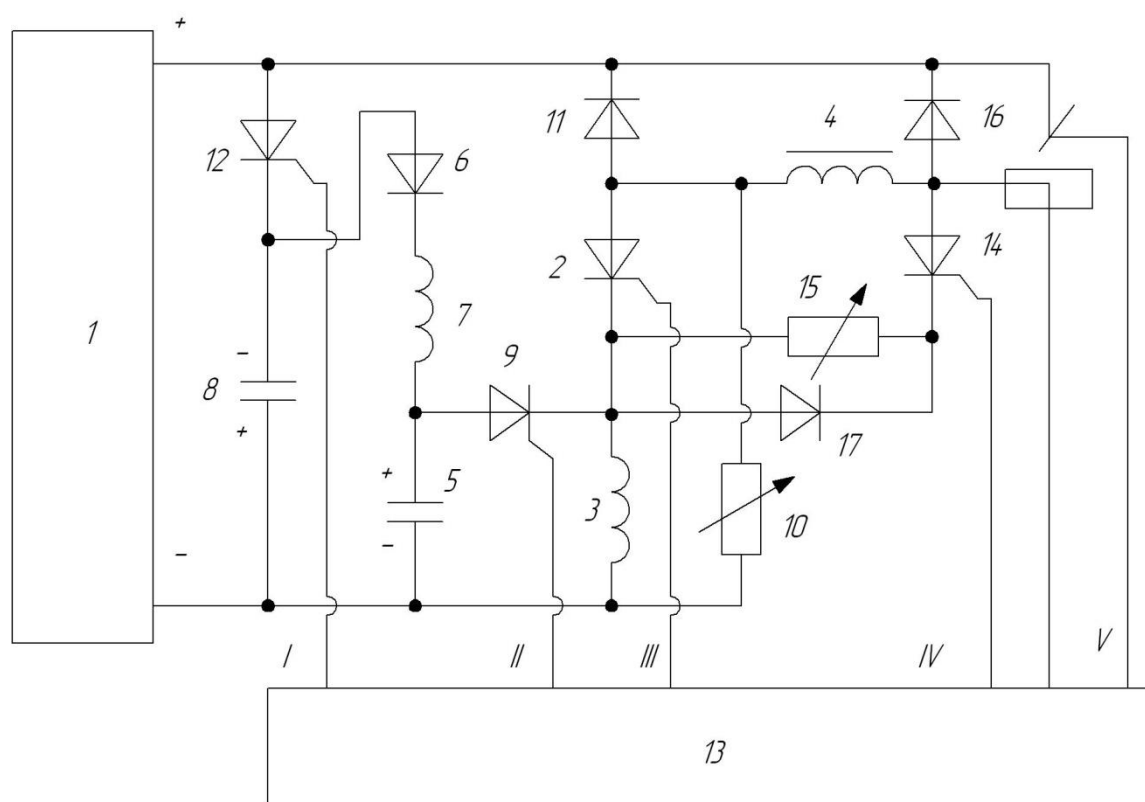


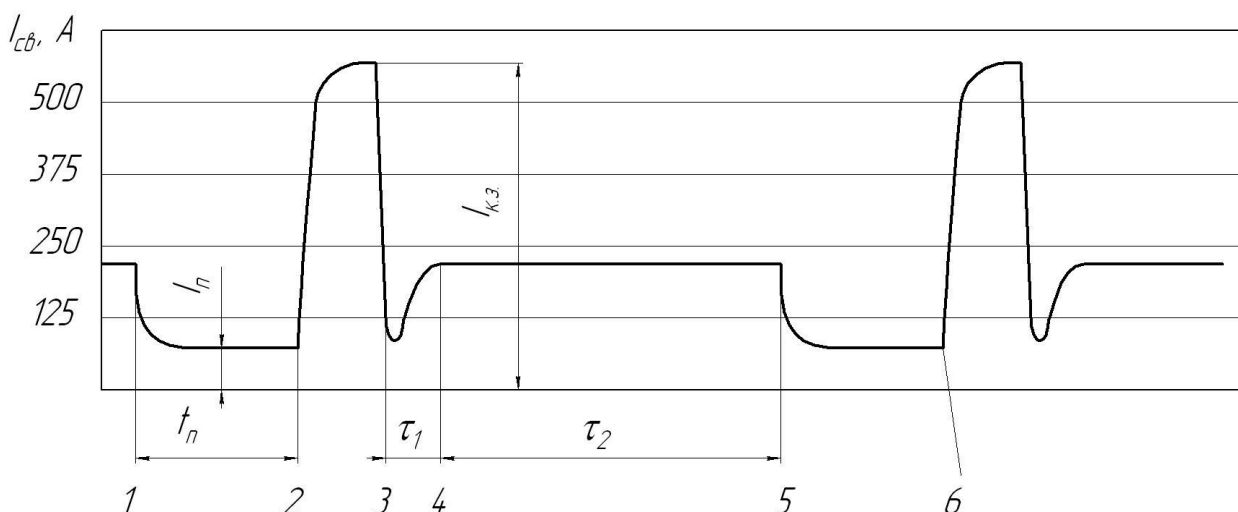
Рисунок 11 – Основные мировые производители сварочной техники, реализующей импульсное управление переносом электродного металла

Для расширения технологических возможностей сварки в защитных газах предлагается применить разработку отечественных исследователей-сварщиков [1], функциональная схема которой представлена на рисунке 12. Эта схема позволяет сформировать представленные на рисунке 13 импульсы сварочного тока, позволяющие устранить разбрызгивание при сварке, так как начало перехода капли расплавленного металла в сварочную ванну происходит при пониженном токе, который повышается при формировании устойчивого контакта между расплавленной каплей на конце электрода и жидким металлом сварочной ванны. В результате ускоряется переход капли расплавленного металла в сварочную ванну, который происходит без разбрызгивания.



«1 - источник постоянного тока, 2 - силовой тиристор, 3 – коммутирующий дроссель, 4 - сглаживающий дроссель, 5 - коммутирующий конденсатор, 6 - блокирующий диод, 7 - зарядный дроссель, 8 - фильтрующий конденсатор, 9 - вспомогательный тиристор, 10 - секционированный резистор, 11 - шунтирующий диод, 12 - дополнительный тиристор, 13 - схема управления, 14 - тиристор, 15 - второй секционированный резистор, 16 - блокирующий диод, 17 - второй шунтирующий диод» [1]

Рисунок 12 – Схема устройства формирования импульсов сварки



« τ_1 - длительность паузы в протекании сварочного тока к моменту разрыва переключки;
 τ_2 - длительность дозирования энергии плавления электрода; t_n - длительность паузы перед коротким замыканием; $I_{св}$ - ток сварки; I_n - ток паузы; $I_{к.з.}$ - ток короткого замыкания» [1]

Рисунок 13 – Диаграмма импульсов сварочного тока

Кроме того, импульсный характер управления позволяет повысить эффективный КПД сварки, так как оптимизируется тепловой баланс процесса – не происходит расходования энергии на разбрызгивание и испарение металла. Это позволяет уменьшить расход электрической энергии при одновременном повышении производительности сварки. Импульсный характер горения сварочной дуги приводит к импульсному силовому воздействию на поверхность расплавленного металла сварочной ванны, в результате чего повышается интенсивность выделения растворенных в сварочной ванне газов, а пористость при этом устраняется. Также за счёт импульсного силового воздействия на металл сварочной ванны происходит измельчение структуры металла сварного шва и снижение уровня остаточных напряжений. Таким образом, качество сварочного соединения приближается к качеству соединения, выполненного с применением автоматической сварки под флюсом, при этом тепловое воздействие на металл существенно меньше. Положительное влияние импульсного управления сварочной дугой на свойства сварного соединения подтверждается рядом исследований [4], [14].

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Оптимальная защита зоны сварки в рассматриваемом случае будет обеспечивать при условии применения в качестве защитного газа смеси аргона с углекислым газом в соотношении 70:30. На рисунке 14-а представлены баллоны с такой защитной газовой смесью, которые поступают на участок сварки. В качестве сварочной проволоки предлагается применить представленную на рисунке 14-б проволоку L-56 производства Lincoln Electric диаметром 1,14 мм, которая позволяет получать плотные швы с высокими эксплуатационными показателями.



Рисунок 14 – Применяемые в проектной технологии сварочные материалы: смесь защитных газов (а) и сварочная проволока (б)

Сварку швов большой протяжённости предлагается вести с применением представленного на рисунке 15 сварочного автомата для сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения АДФГ-305. Для питания сварочной дуги предлагается применить представленный на рисунке 16 источник сварочного тока Power Wave S500 производства Lincoln Electric. Для выполнения механизированной сварки предлагается применить представленный на рисунке 17 источник питания Invertec STT-II, который снабжен механизмом подачи LF-33.



Рисунок 15 – Автомат для сварки в защитных газах АДФГ-305



Рисунок 16 – Сварочный источник питания Power Wave S500 производства Lincoln Electric



Рисунок 17 – Сварочный источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33

Последовательность выполнения сварных швов при реализации проектной технологии сборки и сварки днища резервуара такая же, как и в случае сварки по базовой технологии.

Предварительно выполняют приварку подкладных пластин на «примыкающей стороне каждой окрайки, толщина приварной пластины составляет 4 мм, ширина приварной пластины составляет 50 мм. При приварке подкладных пластин сварку ведут прихваточным швом с шагом 150...200 мм и длиной прихватки 50 мм. Усиление сварного шва при выполнении прихватки должно составлять не менее 3 мм. Сварку ведут на токе 190...210 А и напряжении на дуге 20...21 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 12...20 мм. После приварки подкладных пластин выполняют сборку окراек. При этом следует обеспечить клиновидный зазор, который составляет на периферии 4 мм и расширяется к центру до 8 мм» [25]. при укладке листов следует обеспечить смещение кромок не более 10 % толщины листов. Между подкладкой и вторым листом окрайки зазор не должен превышать 1 мм. После того, как листы окрайки были уложены, следует выполнить зачистку стыка на ширину 50 мм в обе стороны от линии сварного шва, удаляя загрязнения и ржавчину. Фиксирование листов окраек относительно друг друга выполняется с применением поперечных гребенок и сборочных скоб.

«Далее сваривают монтажные швы, как это показано на рисунке 18. Сварку ведут одновременно четыре сварщика, которые располагаются напротив друг друга с разных концов кольца окраек. Сварку ведут, начиная от наружной части кольца внутрь на длину 200...250 мм. Каждый сварщик выполняет по два монтажных сварных шва. Сварку ведут в два слоя на токе 190...210 А и напряжении на дуге 20...21 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 12...20 мм» [25]. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

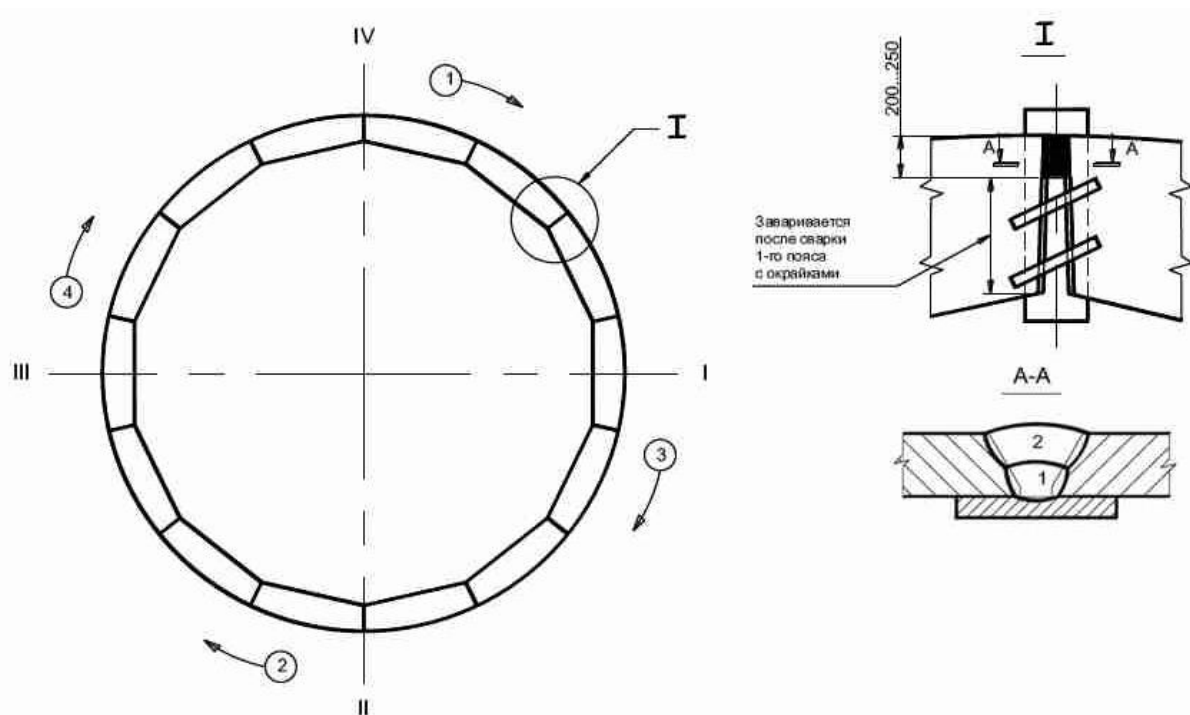


Рисунок 18 – Схема выполнения сварных швов кольца окраск

После выполнения монтажных швов листов окраск проводят укладку рулонированных полотнищ днища, для чего применяются два трактора и один кран ДЭК-631. Схема укладки полотнищ центральной части днища представлена на рисунке 4. Сначала укладывают в проектное положение первое полотнище. Потом размечают его и приваривают к нему ограничительные пластины «на расстоянии 60 мм от края, что обеспечит впоследствии требуемую нахлестку полотнищ. Далее с использованием тракторов сдвигают второе полотнище, надвигая его на первое до упора в ограничивающие пластины. Нахлест полотнищ центральной части днища на кольцо окраск должен быть 60...100 мм» [25], как это показано на рисунке 5. В том месте, где происходит тройное пересечение листов полотнищ центральной части днища и листа окраск следует выполнить подгибание кромки верхнего листа полотнища. Для этого с применением газового пламени разогревают верхний лист до температуры 600...650 °С и при помощи кувалды деформируют его надлежащим образом.

Прихватку полотнищ ведут «на постоянном токе обратной полярности с шагом 300...400 мм длиной прихватки 50...70 мм с усилением 3 мм. Ток

сварки при выполнении прихваток составляет 190...230 А и напряжения на дуге 24...26 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 15...20 мм» [25]. Прихватки не следует ставить на расстоянии до краев 800 мм в обе стороны.

Далее с использованием сварочного автомата АДФГ-305 выполняют сварку продольного шва, соединяющего две половины центральной части днища. «Сварку выполняют в два слоя, при этом недоваривают в обе стороны участок, примыкающий к кольцу окраек на расстояние 800 мм. Для сварки применяется источник питания Power Wave S500, обеспечивающий ток сварки 210...250 А, напряжение на дуге – 24...26 В. Скорость сварки составляет 15...20 см/мин, вылет электрода – 10...15 мм, скорость подачи проволоки задают 3,2...4,0 м/мин.

При выполнении первого слоя сварку ведут от середины к краям обратно-ступенчатым способом участками длиной по 700...1000 мм» [25]. При выполнении второго слоя сварку ведут от середины к концу в обе стороны. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Далее доваривают сварные швы, соединяющие между собой листы кольца окраек. Сварку ведут обратно-ступенчатым способом участками длиной 200...400 мм. Для того, чтобы перекрывающий лист центральной части днища не препятствовал сварке, его подгибают и укладывают на специальные опоры, что обеспечивает подход сварщику для выполнения шва. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля. Далее выполняют зачистку заподлицо с основным металлом части сварного шва, который перекрывается центральной частью днища. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности 190...210 А и напряжения на дуге 20...21 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 12...20 мм. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Далее выполняют прихватку центральной части днища к кольцу окраек. Прихватки не ставят в зоне недоваров на 400 мм в обе стороны от продольного шва на центральной части днища, эти участки являются компенсаторами усадки. Прихватку ведут на постоянном токе обратной полярности с шагом 300...400 мм «длиной прихватки 50...70 мм с усилением 3 мм. Ток сварки при выполнении прихваток составляет 190...230 А и напряжении на дуге 24...26 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 15...20 мм. После прихватки выполняют сварку нахлесточного шва в два слоя. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности 190...210 А и напряжении на дуге 20...21 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 12...20 мм» [25]. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля. Сварку выполняют обратно-ступенчатым способом, длина ступени составляет 400...700 мм. Сварку ведут одновременно 4 сварщика, которые расположены в четвертях по периметру сварного шва. В зоне недоваров сварку не выполняют. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Заключительный этапом является доварка ранее недоваренных участков продольного шва длиной 800 мм и участков кольцевого шва по 400 мм в каждую сторону от продольного шва. Сначала обратно-ступенчатым способом от середины к краю доваривают продольный шов. Потом доваривают участки кольцевого шва от середины к краям. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности 190...210 А и напряжении на дуге 20...21 В со скоростью 14...16 см/мин, вылет электрода составляет 12...20 мм. Сваренные швы проверяют с применением визуальных и радиографических методов контроля.

Ранее приваренные крепежные элементы удалять с поверхности деталей отламыванием и сбиванием запрещается, их следует удалять только механическим способом с последующей зачисткой заподлицо поверхности листов. Не допускается образование углублений в основном металле при удалении временных крепежных приспособлений.

Выводы по второму разделу

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности сборки и сварки при возведении вертикальных стальных резервуаров. В частности, рассматривается сварка днища резервуара. При выполнении аналитического раздела были сформулированы задачи работы, которые решены во втором разделе выпускной квалификационной работы. Таким образом, настоящий раздела может считаться исполнительским и предваряет выполнение оценочных разделов, позволяющих сформулировать заключение и констатировать достижение поставленной цели. В ходе решения первой задачи выполнен критический анализ альтернативных способов сварки, которые могут найти применение при реализации проектной технологии, на основании экспертной оценки для дальнейшего использования обоснован выбор сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. В ходе решения второй задачи на основании изучения источников научно-технической информации по вопросу расширения технологических возможностей сварки в защитных газах предложена к внедрению разработка российских ученых в области импульсного управления горением дуги и переносом электродного металла, позволяющая существенно повысить показатели качества и энергетическую эффективность сварки. В ходе решения третьей задачи составлена проектная технология, сформулированы требования по выполнению операций проектного технологического процесса, выбрано оборудование и назначены параметры режимов. Дальнейшие работы по достижению поставленной цели предусматривают выполнение двух оценочных разделов. В первом оценочном разделе предстоит идентифицировать негативные производственные факторы, сопровождающие реализацию проектной технологии и предложить средства их нейтрализации. Также необходимо рассмотреть вопросы пожарной и экологической безопасности производства. Во втором оценочном разделе предстоит обосновать экономическую эффективность предлагаемых в настоящей работе решений.

3 Безопасность труда и экологичность

3.1 Постановка задачи на экологическое обоснование предлагаемых технических решений

Выполняемая работа направлена на повышение показателей эффективности предприятий, ведущих свою деятельность в области возведения резервуарного парка. На основании проведенного анализа состояния исходных данных, известных решений, литературного обзора и экспертной оценки предложена проектная технология, предусматривающая применение автоматической и механизированной сварки, при этом в качестве способа сварки предлагается использовать сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, для выполнения которой применяется модернизированный источник питания. Рассматриваемый технологический процесс будет реализован на производственном участке, деятельность которого может представлять угрозу как для персонала предприятия, так и для окружающей среды. Данный раздел является оценочным и предусматривает выделение негативных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектного технологического процесса, которые могут оказать отрицательное влияние на персонал предприятия и окружающую среду. Кроме того, предлагается рассмотреть вопросы обеспечения пожарной безопасности производства, это объясняется тем, что процессы сварки и наплавки с точки зрения возникновения пожара характеризуются повышенной опасностью. В таблице 2 представлены особенности укрупненного проектного технологического процесса, которые позволяют выявить производственные объекты и участников, которые могут подвергнуться действию негативных производственных факторов. Данные для заполнения таблицы выбираются исходя из составленного в предыдущем разделе проектного технологического процесса.

Таблица 2 – Особенности реализации проектного технологического процесса

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
«сборка и частичная сварка кольца окраек	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания Invertec STT-II, механизм подачи проволоки LF 33, аппарат рентгеновского контроля Эра 42, угловая шлифовальная машинка, набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ, - рулетка, - чертилка, - сборочные скобы, - поперечные гребёнки
сборка рулонированных полотнищ центральной части днища	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания Invertec STT-II, механизм подачи проволоки LF 33, угловая шлифовальная Машинка, набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - рулетка, - чертилка, - упоры приварные
сварка продольного шва полотнищ	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания Invertec STT-II, механизм подачи проволоки LF 33, угловая шлифовальная Машинка, набор визуально-измерительного контроля	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ
доварка стыковых соединений окрайки	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания Invertec STT-II, механизм подачи проволоки LF 33, аппарат рентгеновского контроля Эра 42, угловая шлифовальная машинка, - набор визуально-измерительного контроля, - опора-тумба	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ
сварка нахлёсточного соединения окрайки и центральной части днища	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания Invertec STT-II, механизм подачи проволоки LF 33, угловая шлифовальная машинка, набор визуально-измерительного контроля, аппарат рентгеновского контроля Эра 42	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ
сварка нахлёсточного соединения окрайки и центральной части днища в местах недоваров	- электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, - дефектоскопист, - слесарь-сборщик	источник питания ВДУ-506, угловая шлифовальная машинка, набор визуально-измерительного контроля, аппарат рентгеновского контроля Эра 42	- сварочная проволока SuperArc L-56 Ø 1,14 мм, - защитный газ» [25]

Данные таблицы 2 позволяют идентифицировать возникающие в процессе реализации проектной технологии негативные производственные факторы.

3.2 Профессиональные риски

В ходе эксплуатации технологического оборудования побочным процессом является образование негативных производственных факторов, применительно к персоналу играющие как опасную, так и вредную роль. В таблице 3 представлена информация о возникающих в ходе реализации проектной технологии опасных и вредных производственных факторах.

Таблица 3– Негативные производственные факторы проектной технологии

Операция	Негативный фактор	Источник фактора
«сборка и частичная сварка кольца окраек	- «острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	«источник питания, механизм подачи проволоки, аппарат рентгеновского контроля, машинка угловая шлифовальная
сборка рулонированных полотнищ центральной части днища	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	источник питания, механизм подачи проволоки, машинка угловая шлифовальная
сварка продольного шва полотнищ	- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги;	источник питания, механизм подачи проволоки, машинка угловая шлифовальная
доварка стыковых соединений окрайки	- инфракрасное излучение;	источник питания, механизм подачи проволоки, аппарат рентгеновского контроля, машинка угловая шлифовальная» [25]
сварка нахлесточного соединения окрайки и центральной части днища	- ультрафиолетовое излучение,	
сварка нахлесточного соединения окрайки и центральной части днища в местах недоваров» [25]	- радиоактивное излучение» [6]	

Опасный фактор характеризуется повышением вероятности для персонала получить травму или даже погибнуть, действие опасных производственных факторов приводит к травматизму технологических

процессов. Вредный производственный фактор при длительном воздействии на персонал вызывает у него ухудшение самочувствия и возникновение профессиональных заболеваний. Следует принимать во внимание, что общее действие нескольких негативных факторов не равно их сумме, так как действующие одновременно факторы усиливают друг друга, что представляет дополнительную угрозу для персонала предприятия.

Источниками негативных производственных факторов выступает оборудование для наплавки, вспомогательное оборудование и непосредственно сварочная дуга.

При дальнейшей работе над настоящим разделом предлагается провести поиск и оценку эффективности технических решений и организационных мероприятий, направленных на нейтрализацию негативных производственных факторов. Поиск средств защиты следует вести в области известных решений и арсенала современного предприятия. В случае, если стандартными методами безопасность труда обеспечиваться не будет, возникнет необходимость в разработке специальных решений для защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов на основании анализа научной литературы в данной области.

3.3 Устранение профессиональных рисков

Негативные производственные факторы, выявленные ранее в ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы, требуют применения технических средств и организационных мероприятий, направленных на нейтрализацию опасного и вредного действия на персонал. В таблице 4 представлены предлагаемые средства по обеспечению производственной безопасности, реализация которых предусматривает применение стандартных средств и методик из арсенала современного промышленного предприятия. При организации охраны труда особое внимание следует уделить трудовой дисциплине и соблюдению порядка на

рабочем месте. Многолетняя производственная практика позволила заключить, что именно небрежное отношение к соблюдению чистоты и порядка на рабочем месте становится главной причиной травматизма, возникновения внештатных ситуаций и снижения качества выпускаемой продукции. Также следует выделить организационные мероприятия, которые позволяют поднять общий тонус работников и позитивно настроить их на выполнение обязанностей с соблюдением требований техники безопасности.

Таблица 4 – Средства и мероприятия по обеспечению безопасности труда

«Негативный фактор	Техническое решение	Средства защиты
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	проведение инструктажа по технике безопасности; ролевые игры с работниками предприятия; предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	предупреждающие плакаты и таблички; защитное отключение приводов оборудования; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	общеобменная вентиляция; устройства удаления загрязненного воздуха	Применение индивидуальных средств защиты органов дыхания
повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	проверка изоляции и заземления; проведение инструктажа по технике безопасности; ролевые игры с работниками предприятия	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	проведение инструктажа по технике безопасности; предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, перчатками
инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	защитные экраны; проведение инструктажа по технике безопасности; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками
ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	защитные экраны; проведение инструктажа по технике безопасности; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками» [6]

Представленные в таблице 4 меры позволяют эффективно бороться с травматизмом и профессиональными заболеваниями. Среди составленного перечня мероприятий особое внимание следует уделить трудовой дисциплине и соблюдению порядка на рабочем месте. Многолетняя производственная практика позволила заключить, что именно небрежное отношение к соблюдению чистоты и порядка на рабочем месте становится главной причиной травматизма, возникновения внештатных ситуаций и снижения качества выпускаемой продукции. Представленный перечень опасных и вредных производственных факторов является стандартным набором, сопровождающим реализацию технологических процессов на современном предприятии, нейтрализация которого не должна встретить значительных затруднений. Разработка специальных технических средств и методик для обеспечения безопасности труда не требуется.

3.4 Пожарная безопасность предприятия

Процессы сварки характеризуются повышенной опасностью возникновения пожаров на производственном участке. Источником опасности в данном случае становится открыто горящая дуга и устройства для прогрева, предусматривающие применение газового пламени. Также следует принимать во внимание, что для питания технологического оборудования требуется подвод электрической энергии значительной мощности, нарушение в работе силовой аппаратуры предприятия также становится причиной возникновения пожаров.

В таблице 5 представлена информация по идентификации пожара, возникновение которого возможно на рассматриваемом производственном участке при неблагоприятном стечении обстоятельств. В случае пожара люди могут подвергнуться потоку раскаленного воздуха, испытать снижение концентрации кислорода, подвергнуться инфракрасному излучению, действию открытого пламени, отравляющему действию продуктов горения.

Также при пожаре ухудшается видимость и возможно обрушение конструкций, что препятствует эвакуации персонала и тушению пожара. В ходе пожара может происходить нарушение электрической изоляции, что может стать причиной травм.

Представленные данные позволяют отнести пожар к классу «Е», поскольку при его возникновении на всем этапе протекания и тушения сохраняется высокая опасность поражения электрическим током. В таблице 6 представлен предлагаемый набор средств, направленных на обеспечение пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка.

Таблица 5 – Идентификация опасных факторов при пожаре

Участок	Участок сборки и сварки
«Наименование оборудования»	Оборудование для подготовки, сборки и сварки, аппаратура контроля
Классификация по виду горящего вещества	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Повышенная температура воздуха вокруг возгорания; выделение токсичных продуктов горения; снижение видимости; выгорание кислорода
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Опасность поражения пострадавших и спасателей электрическим током от технологического оборудования на рассматриваемом производственном участке» [6]

Таблица 6 – Средства тушения пожаров на производственном участке

«Первичные средства пожаротушения»	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [6]

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается стандартными средствами и технологическими мероприятиями. Особое внимание следует уделить соблюдению трудовой дисциплины, которая позволяет значительно снизить опасность возгорания. Кроме того, с персоналом следует проводить тренинги и инструктаж, направленный на повышение ответственного отношения к трудовому процессу и отработке поведения в случае возникновения внештатных ситуаций. Персонал должен быть обучен применению средств первичного пожаротушения, которые в необходимом количестве и качестве должны присутствовать на производственном участке в свободном доступе. Также следует отработать своевременное обнаружение возгорания, оповещение персонала предприятия и вызов пожарных служб. От правильности и оперативности действий персонала в значительной степени зависит успешность тушения пожара и возможный ущерб от него.

3.5 Экологическая безопасность производственного участка

В настоящее время одним из противоречий, которое замедляет дальнейшее развитие промышленной базы, является возрастающая нагрузка на окружающую среду со стороны промышленных предприятий, что связано с эффектом масштабирования (население стран растет, поэтому наблюдается пропорциональное увеличение объемов производства), мультиплицирования (все более широкие слои населения вовлекаются в процесс интенсивного потребления природных ресурсов) и интенсификации (применяются новые технологические процессы, имеющие повышенную агрессивность по отношению к окружающей среде). Исходя из этого следует признать растущую актуальность проблемы природосбережения, особенно актуален этот вопрос применительно к рассматриваемому производственному участку, так как реализация технологического процесса может проходить в зоне, в которой ранее интенсивных промышленных работ не проводилось.

Реализация технологии сварки сопровождается антропогенным действием на окружающую среду, которое в значительной степени может быть уменьшено при условии проведения природосберегающих мероприятий, которые предусматриваются при построении процессов на современном производстве.

Оборудование для сварки характеризуется негативным действием на природные составляющие: гидросферу, литосферу и атмосферу. Происходит выброс значительного числа аэрозолей, твердых и жидких отходов, загрязняющих составляющие природы. Защита природы от антропогенного действия со стороны рассматриваемого производственного участка обеспечивается рядом мероприятий, представленных в таблице 7.

Таблица 7 – Защита от антропогенных факторов

Наименование объекта	Производственный участок сборки и сварки
действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [6]
действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [6]
действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [6]

При организации работы на производственном участке особое внимание следует уделить селективному сбору мусора, которое не требует значительных капитальных вложений и применения сложных технических устройств, но позволяет существенно уменьшить негативное действие предприятия на окружающую среду. Кроме того, селективный сбор мусора позволяет повысить культуру производства, что в конечном итоге положительно скажется на качестве выпускаемой продукции и условиях труда персонала.

Выводы по экологическому разделу

В ходе выполнения данного раздела выполнен анализ технического объекта – участка для проведения сборки и сварки днища вертикального стального резервуара, который применяется для хранения нефтепродуктов. На основании рассмотренных особенностей реализации проектного технологического процесса выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, оказывающих действие на персонал при выполнении операций проектного технологического процесса. Установлено, что нейтрализация негативных производственных факторов обеспечивается применением стандартных технических средств и методик из арсенала современного промышленного предприятия. Для защиты работников не требуется разработки специальных средств помимо предложенных в настоящем разделе стандартных решений. В работе рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности производственного участка, на основании оценки возникающих при пожаре рисков были предложены меры по обеспечению безопасности и средства по тушению пожара в случае его возникновения. Также были рассмотрены организационные мероприятия по предотвращению возникновения пожаров. На основании анализа антропогенного действия, оказываемого производственным участком на окружающую среду, предложен ряд мероприятий по повышению экологической безопасности производственного участка. На основании представленной в настоящем разделе информации следует сделать вывод о возможности реализации предлагаемой технологии на современном предприятии. Необходимый уровень защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов может быть обеспечен применением стандартных средств и методик охраны труда. Негативное действие проектного технологического процесса на окружающую среду в должной мере может быть нейтрализовано с применением стандартных средств и методик.

4 Экономическая эффективность предлагаемых решений

4.1 Вводные данные для экономического анализа

В настоящей выпускной квалификационной работе описаны мероприятия, направленные на повышение эффективности базовой технологии на примере сварки при возведении резервуарного парка для хранения нефтепродуктов. В ходе выполнения аналитического раздела выпускной квалификационной работы проведены анализ исходных данных и предварительный анализ известных решений, выполнена постановка задач. В исполнительском разделе на основании критического анализа известных решений обоснован выбор наиболее эффективного способа сварки и его автоматизации. Также описываются решения, позволяющие расширить технологические возможности выбранного способа, приведено описание операций. Анализ возможности реализации предлагаемых решений с соблюдением современных требований по технике безопасности, проведения противопожарных мероприятий и обеспечения экологичности производственного участка выполнены в третьем разделе. Настоящий (четвертый) раздел предназначен для обоснования целесообразности внедрения предлагаемых решений на предприятии, для чего необходимо провести сравнительный анализ экономических показателей вариантов. Количественные показатели (исходные данные), которые будут использованы в ходе выполнения экономических расчётов, представлены в таблице 8. Значения коэффициентов, необходимых для расчётного определения показателей технологии, представлены в таблице 9. На основании представленных данных, показателей базовой и проектной технологии, предстоит оценить величину технологической, цеховой и заводской себестоимости в рассматриваемых вариантах, объем капитальных вложений и изменение экономических параметров с выходом на оценку годового экономического эффекта [15].

Таблица 8 – Количественные показатели для экономического анализа

Показатель	Обозначение	Единицы измерения	Значение (базовый вариант)	Значение (проектный вариант)
«Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	1100 тыс.	1700 тыс.
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	12	20
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,70	0,85
Площадь под оборудование	S	m^2	700	700
Разряд работников	P	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	200	200
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей» [15]	$C_{пл}$	P/m^2	30000	30000

Таблица 9 – Значения коэффициентов для проведения расчётов

Показатель	Обозн.	Единицы измерения	Значение
«Коэффициент доплат к осн. заработной плате	$K_{осн}$	%	12
Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{доп}$	-	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,03
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{тз}$	%	5
Цена электрической энергии для предприятия	$C_{ээ}$	Р/ кВт	3,2
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$	%	3
	$K_{дем}$		5
Норма амортизации площади	$N_{а.пл.}$	%	5
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5
Коэффициент эффективности капит. вложений	E_n	-	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5
Коэффициент заводских расходов» [11]	$K_{зав}$	-	1,15

В ходе внедрения в производство предлагаемых результатов по сравнению с базовым вариантом, происходит замена способа сварки с применением передовых достижений сварочной науки. Описываемые в исполнительском разделе решения обеспечивают повышение качества и производительности, что даже в условиях применения оборудования большей стоимости должно обеспечить получение экономического эффекта, значение которого будет рассчитано в ходе выполнения настоящего раздела.

4.2 Фонд времени работы оборудования

При расчете параметров, при помощи которых может быть оценена экономическая эффективность производства, в большинстве формул применяется значение эффективного фонда времени работы оборудования F_3 . Этот параметр измеряется в часах и пропорционален количеству смен $K_{см}$ в одном рабочем дне, которое в зависимости от особенностей производства может составлять $K_{см}=1$ или $K_{см}=2$.

Также на величину F_3 оказывает влияние принимаемое количество рабочих дней в году D_p , которое в настоящий момент принимается равным $D_p=277$. Количество предпраздничных рабочих дней составляет $D_{п}=7$ дней, в эти дни продолжительность рабочей смены уменьшается на $T_{п}=1$ час. Во всех остальных случаях продолжительность рабочей смены $T_{см}=8$ часов. Таким образом, F_n будет с учётом приведенной информации и исходных значений рассчитываться как

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.} \quad (1)$$

Эффективный фонд времени F_3 отличается от номинального F_n в меньшую сторону, что объясняется возникновением в процессе работы производственного участка внештатных ситуаций и случаев нарушения трудовой дисциплины. Это характеризуется коэффициентом потерь рабочего времени, который для рассматриваемой технологии составляет $B = 7 \%$. С учётом этого

$$F_3 = F_n(1 - B/100) = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ часов.} \quad (2)$$

Таким образом, расчёты проводим с величиной $F_3 = 2054$ часов. Эта же величина будет использована для расчётного определения экономических показателей при сопоставительном анализе рассматриваемых вариантов технологии.

4.3 Штучное время и годовая программа

Для расчётного определения экономических показателей, характеризующих анализируемый технологический процесс, следует задаться штучным временем $t_{шт}$, которое затрачивается на изготовление или ремонт одного изделия. Для этого необходимо провести анализ особенностей выполнения операций в обоих рассматриваемых вариантах построения технологии, которые могут быть взяты из первого раздела (для базового варианта) и второго раздела (для проектного варианта). Главной составляющей штучного времени служит машинное время $t_{маш}$, значение которого определяется исходя из особенностей рассматриваемой технологии. Базовый вариант характеризуется $t_{маш}=50$ часов, проектный вариант характеризуется $t_{маш}=30$ часов. Также в состав штучного времени включено вспомогательное время $t_{всп}$ в размере 10 % от $t_{маш}$. В случае реализации базовой технологии $t_{всп}=5$ часов, в случае реализации проектной технологии $t_{всп}=3$ часа. Приблизительно 5 % от $t_{маш}$ затрачивается на обслуживание рабочего места, что характеризуется переменной $t_{обсл}$. Если на производственном участке реализуется базовый вариант технологии, принимается $t_{обсл}=2,5$ часов. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант технологии, следует принимать $t_{обсл}=1,5$ часа. Приблизительно 5 % от $t_{маш}$ затрачивается на личный отдых работника, что характеризуется переменной $t_{отд}$. Если на производственном участке реализуется базовый вариант технологии, следует принимать $t_{отд}=2,5$ часа. При реализации на производственном участке проектного варианта принимают $t_{отд}=1,5$ часа. Приблизительно 1% от $t_{маш}$ затрачивается работником на изучение и сдачу производственного задания, что характеризуется значением подготовительно-заключительного времени $t_{пз}$. В зависимости от реализуемого на производственном участке варианта технологии $t_{пз}=0,5$ часа для базового варианта и $t_{пз}=0,3$ часа для проектного варианта.

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

На основании исходных данных последующие расчёты проводим при $t_{шт}=90$ часов при базовом варианте. При проектном варианте последующие расчёты выполняем исходя из значения штучного времени $t_{шт}=50$ часов.

Годовая программа $\Pi_{г}$ определяет количество изделий, которое предстоит выпустить в течение одного календарного года и определяет значения коэффициентов загрузки оборудования, который в дальнейшем будут использованы для расчётного определения экономических показателей базового и проектного вариантов. Величина годовой программы $\Pi_{г}$ определяется с учётом ранее полученных значений $F_{э}$ и $t_{шт}$

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

Таким образом, для базового варианта $\Pi_{г}= 2054/90 = 22$ изделий, для проектного варианта $\Pi_{г}=2054/50=41$ изделие. Для обеспечения действительной потребности производства необходимо значение годовой программы $\Pi_{г}=15$ изделий, которое и принимаем для обоих вариантов технологического процесса.

Для задания количества применяемых на производственном участке единиц технологического оборудования необходимо определить его расчётное значение $n_{расч}$, для чего в качестве исходных данных служат ранее полученные значения годовой программы $\Pi_{г}$, эффективного фонда времени $F_{э}$ и штучного времени $t_{шт}$. Также в расчётах применяется коэффициент выполнения нормы $K_{вн}$, его значение выбирается из таблицы исходных данных:

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

Для базового варианта $n_{расч.} = 90 \cdot 15 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$. Для проектного варианта $n_{расч.} = 50 \cdot 15 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$. Таким образом, для обоих рассматриваемых вариантов принимается количество оборудования $n=1$, поэтому определим коэффициент загрузки

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

При реализации базового варианта технологического процесса коэффициент загрузки оборудования составляет $K_3=0,6/1=0,6$. При реализации проектного варианта коэффициент загрузки оборудования составляет $K_3=0,4/1=0,4$.

4.4 Расчёт заводской себестоимости

Эффективность внедряемых в производство решений оценивается по изменению экономических показателей, в большинство из которых в качестве расчётного компонента входит заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$, определяемая расчётным путем через технологическую себестоимость $C_{\text{тех}}$. Величина технологической себестоимости может быть рассчитана с учётом особенностей выполнения операций, входящих в рассматриваемые варианты технологического процесса.

Одной из составляющих технологической себестоимости является стоимость материалов M , для расчёта которой применяется упрощенная формула, в которую помимо цены Π_m входят нормы расхода N_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого следует принимать из таблицы исходных данных принимается значение $K_{\text{тз}}=1,05$:

$$M = \Pi_m \cdot N_p \cdot K_{\text{тз}}. \quad (7)$$

Для принятых в настоящей работе исходных данных реализация базового технологического процесса предусматривает затраты на материалы в размере $M=(335 \cdot 110 + 148) \cdot 1,05 = 38848$ рублей. В проектном технологическом процессе рассчитываемые затраты на материалы составляют $M=(178 \cdot 120 + 30 \cdot 400) \cdot 1,05 = 35028$ рублей.

Расходы предприятия на оплату труда характеризуются фондом заработной платы ФЗП, составе которого учитываются два слагаемых, размер которых расчётным путём определяется исходя из штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки. Первое слагаемое - основная заработная плата $Z_{осн}$, второе слагаемое - дополнительная заработная плата $Z_{доп}$. Из таблицы исходных данных принимается значения коэффициентов доплат K_d и дополнительных доплат $K_{доп}$: $K_d=1,88$ и $K_{доп}=0,12$. Размер основной заработной платы $Z_{осн}$ используется в дальнейшем для определения цеховых и заводских затрат, с учётом исходных данных получаем

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

Реализация базового процесса предусматривает размер основной заработной платы $Z_{осн}=90 \cdot 200 \cdot 1,88 = 33840$ рублей. Реализация проектного процесса предусматривает размер основной заработной платы составит $Z_{осн}=50 \cdot 200 \cdot 1,88 = 18800$ рублей. Уменьшение размеров заработной основной платы, которое наблюдается при внедрении проектной технологии не сказывается отрицательным образом на доходах работников, так как проектная технология позволяет значительно повысить производительность труда и уменьшить трудоемкость, в результате чего, за единицу времени с меньшими затратами удастся произвести больше продукции, что позволяет в пересчете на календарные дни доходы работников увеличить за счёт выполнения дополнительных работ и повышения экономических показателей производства.

Далее необходимо задаться размером дополнительной заработной платы $Z_{доп}$, который рассчитывается как

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

Для базовой технологии основная заработная плата $Z_{осн}=33840$ рублей, поэтому размер дополнительной заработной платы с учётом коэффициента $K_{доп}$ составляет $Z_{доп}=33840 \cdot 12/100 = 4060$ рублей. Для проектной технологии

$Z_{\text{осн}}=18800$ рублей, поэтому с учётом коэффициента $K_{\text{доп}}$ размер дополнительной заработной платы составляет $Z_{\text{доп}}=18800 \cdot 12/100 = 2260$ рублей.

Суммирование основной заработной платы и дополнительной заработной платы, если на рассматриваемом производственном участке реализуется базовый вариант $\Phi ЗП=33840 + 4060 = 37900$ рублей. В случае, если на рассматриваемом производственном участке реализуется проектный вариант $\Phi ЗП=18800 + 2260 = 21060$ рублей.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяются исходя из значения фонда заработной платы $\Phi ЗП$ и принимаемого из таблицы исходных данных коэффициента отчислений $K_{\text{сн}}$

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

При реализации на рассматриваемом производственном участке базовой технологии получаем $O_{\text{сн}}=37900 \cdot 34/100 = 12890$ рублей. При реализации на рассматриваемом производственном участке проектной технологии получаем $O_{\text{сн}}=21060 \cdot 34/100 = 7160$ рублей.

Для того, чтобы вычислить величину амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ понадобится значение стоимости оборудования $\Pi_{\text{об}}$ из таблицы исходных данных. При реализации на производственном участке базового варианта $\Pi_{\text{об}}=1100000$ рублей. При реализации на производственном участке проектного варианта $\Pi_{\text{об}}=1700000$ рублей. Также в качестве исходных данных служит машинное время $t_{\text{маш}}$, которое для базового и проектного варианта принимается соответственно как $t_{\text{маш}}=50$ часа и $t_{\text{маш}}=30$ часов. Для обоих вариантов технологии принимается ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени работы оборудования $F_3=2054$ часа. Значение нормы амортизации N_a принимается из таблицы исходных данных $N_a=21,5 \%$ Таким образом, амортизационные отчисления рассчитываются как

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_y \cdot 100}. \quad (11)$$

и при реализации базового технологического процесса составляют с учётом исходных данных $A_{об}=1100000 \cdot 21,5 \cdot 50 / 2054 / 100 = 5757$ рублей, при реализации проектного технологического процесса с учётом исходных данных амортизационные отчисления $A_{об}=1700000 \cdot 21,5 \cdot 30 / 2054 / 100 = 5338$ рублей.

Ещё одной статьёй расходов, учитываемой при определении технологической и заводской себестоимости, является расходы на электрическую энергию $P_{э}$. Для расчётного определения понадобится цена на электрической энергии $Ц_{эл}$, которая из таблицы исходных данных принимается $Ц_{эл}=3,2$ руб/кВт·ч. Установленное на производственном участке оборудование имеет КПД=0,7 для базового варианта и КПД=0,85 для проектного варианта. Установленная мощность оборудования при реализации базового варианта технологического процесса составляет $M_{уст}=12$ кВт, установленная мощность оборудования при реализации проектного процесса составляет $M_{уст}=20$ кВт. Таким образом, при использовании формулы

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{эл} / \text{КПД}. \quad (12)$$

для базового варианта технологического процесса получаем стоимость электрической энергии $P_{э}=50 \cdot 12 \cdot 3,2 / 0,7 = 2740$ рубля. При реализации проектного процесса расходы на электрическую энергию следует ожидать в размере $P_{э}=30 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 2260$ рубля. Как видно из представленных расчётов, при реализации проектной технологии ожидается снижение расходов на электрическую энергию, это может быть объяснено тем, что применяемый модернизированный сварочный процесс имеет больший коэффициент полезного действия по сравнению с применяемым в базовом варианте.

С учетом рассчитанных значений определяем затраты на оборудование $Z_{об}$ при реализации рассматриваемых вариантов построения технологии

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э}. \quad (13)$$

который при реализации базового технологического процесса принимаем значение $Z_{об.} = 5757 + 2740 = 8497$ рубля и при реализации проектного технологического процесса принимает значение $Z_{об.} = 5338 + 2260 = 7598$ рубля.

На основании рассчитанных величин составляющих технологической себестоимости может быть определена сама технологическая себестоимость суммированием

$$C_{тех} = M + \PhiЗП + Осс + Z_{об.} \quad (14)$$

Реализация базовой технологии характеризуется технологической стоимостью $C_{тех} = 38847 + 37900 + 12890 + 8497 = 98134$ рубля. Реализация проектной технологии характеризуется технологической себестоимостью $C_{тех} = 25028 + 21060 + 7160 + 7598 = 70846$ рубля.

Для наглядного представления состава технологической себестоимости построены сравнительные диаграммы, представленные на рисунке 19.

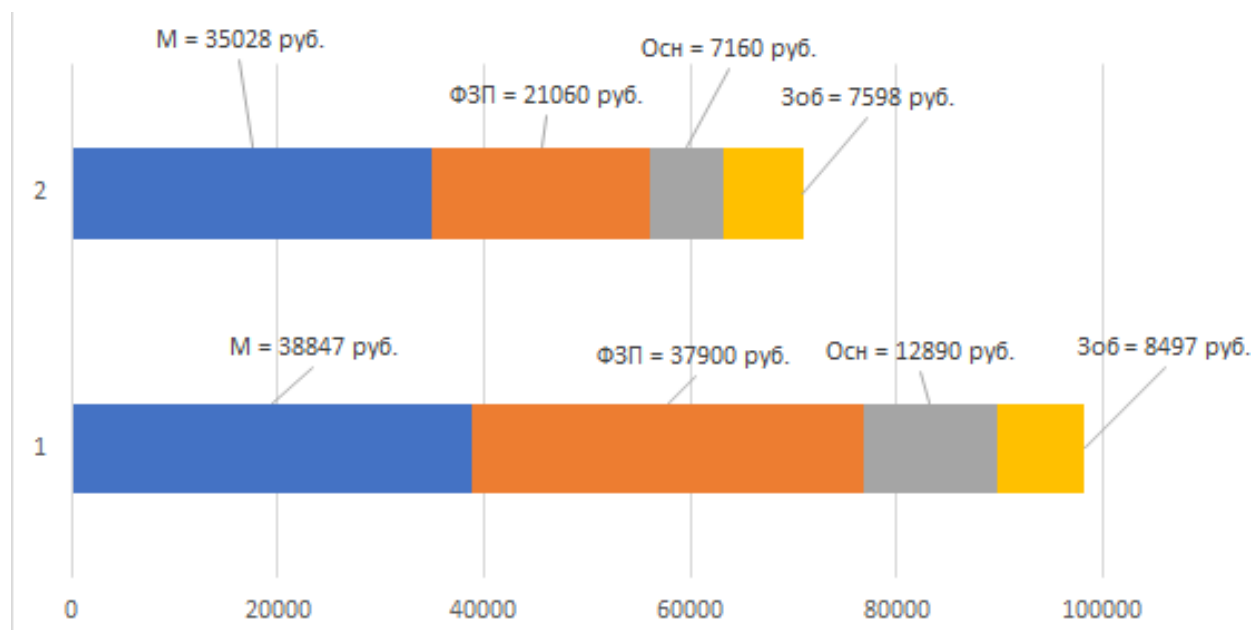


Рисунок 19 – Структура технологической себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологии

Структурные составляющие технологической себестоимости, расчёт которых выполнен ранее, представлены таким образом, что позволяют выполнить визуальное сравнение их величин по рассматриваемым вариантам

построения технологического процесса. Следует ожидать значительного уменьшения фонда заработной платы и отчислений на социальные нужды, что должно положительно сказаться на экономических показателях производства при внедрении предлагаемых технологических решений.

Для того, чтобы рассчитать цеховую себестоимость $C_{\text{цех}}$, в качестве исходных данных в формулу подставляются значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, которое увеличивается с учётом цеховых расходов, определяемых через основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. Величина основной заработной платы определена ранее, а значение коэффициента цеховых расходов принимается из таблицы исходных данных

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

С учетом введенных данных для базового варианта получаем $C_{\text{цех}} = 98134 + 1,5 \cdot 33840 = 98134 + 50760 = 148894$ рубля. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант, размер цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}} = 70846 + 1,5 \cdot 18800 = 70846 + 28200 = 99046$ рубля.

Для того, чтобы рассчитать заводскую себестоимость $C_{\text{зав}}$, в качестве исходных данных в формулу подставляются значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, которое увеличивается с учётом заводских расходов, определяемых через основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}$. Величина основной заработной платы определена ранее, а значение коэффициента заводских расходов принимается из таблицы исходных данных

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

При реализации базового варианта технологического процесса размер заводской себестоимости составит $C_{\text{зав}} = 148894 + 1,15 \cdot 33840 = 148894 + 38920 = 187814$ рубля. В случае реализации на производственном участке проектного процесса размер цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}} = 99046 + 1,15 \cdot 18800 = 99046 + 21620 = 120666$ рубля. Сравнительная оценка рассматриваемых

вариантов технологии может быть выполнена с использованием сведенных в таблицу 10 данных по составляющим заводской себестоимости. Графическое представление состава заводской себестоимости по рассматриваемым вариантам, представленное на рисунке 20, позволяет выполнить сравнительный анализ каждой статьи расходов.

Таблица 10 – Расчёт заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	38847	35028
2. Фонд заработной платы	ФЗП	37900	21060
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	12890	7160
4. Затраты на оборудование	Зоб	8497	7598
5. Технологическая себестоимость	С _{тех}	98134	70846
6. Цеховые расходы	Р _{цех}	50760	28200
7. Цеховая себестоимость	С _{цех}	10795	6171
8. Заводские расходы	Р _{зав}	38920	21620
9. Заводская себестоимость» [11]	С _{зав}	187814	120666

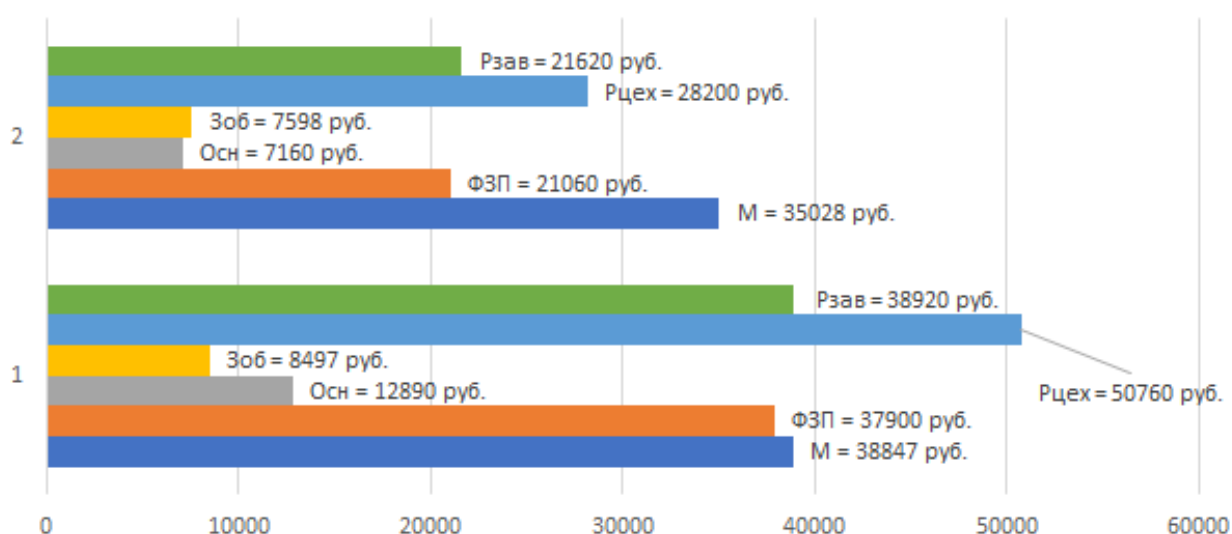


Рисунок 20 – Сравнительная диаграмма составляющих заводской себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологического процесса

Таким образом, проведенный графический анализ позволяет заключить, что применение предлагаемых в настоящей работе нововведений изменяет состав технологической себестоимости. Значительное количество статей

расходов в проектной технологии меньше, чем аналогичные статьи расходов в базовой технологии. Также следует отметить уменьшение размеров основной заработной платы, что положительно сказалось на размерах цеховых и заводских расходов, что, в конечном итоге, определило уменьшение заводской стоимости. Для окончательного расчёта показателей повышения экономической эффективности необходимо определиться со значением капитальных затрат, которые будут рассчитаны ниже.

4.5 Капитальные затраты

При внедрении результатов выпускной квалификационной работы потребуется замена технологического оборудования, которое ранее эксплуатировалось на предприятии в течение срока службы $T_{сл}=3$ лет. Цена оборудования по базовому варианту составляет $C_{перв}=1100000$ рублей. С учётом нормы амортизации H_a стоимость оборудования по базовому варианту может быть вычислена как

$$C_{об.б.} = C_{перв.} - (C_{перв.} \cdot T_{сл} \cdot H_a / 100). \quad (17)$$

Таким образом, остаточная стоимость оборудования, которое ранее применялось на предприятии для реализации базового технологического процесса, составляет $C_{об.б.}=1100000-(1100000 \cdot 3 \cdot 21,5/100)=627000$ рублей.

Ранее для рассматриваемых вариантов технологии был выполнен расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z , который позволяет оценить капитальные затраты по базовому варианту

$$K_{общ. б.} = C_{об.б.} \cdot K_{z,б} = 1 \cdot 627000 \cdot 0,6 = 376200 \text{ рублей.} \quad (18)$$

В случае, если на производственном участке реализуется проектная технология, капитальные затраты на оборудование $K_{об.пр}$ вычисляются с использованием ранее определенного коэффициента загрузки оборудования $K_z=0,1$, принятого из таблицы исходных данных коэффициента транспортно-

заготовительных расходов $K_{ТЗ}=1,05$ и цены оборудования $Ц_{об.пр.}=1700000$ рублей:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп}. \quad (19)$$

Получаем $K_{об.пр} = 1700000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 714000$ рублей.

При вычислении расходов $P_{дем}$ на демонтаж оборудования, задействованного на производственном участке для реализации базовой технологии, необходимо учесть цену оборудования $Ц_{об.б}$ и коэффициента расходов на демонтаж $K_{дем}$, его принимаем из таблицы исходных данных

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д} = 1100000 \cdot 0,05 = 55000 \text{ рублей.} \quad (20)$$

При вычислении расходов $P_{мон}$ на монтаж оборудования, задействованного на производственном участке для реализации проектной технологии, необходимо учесть цену оборудования $Ц_{об.пр}$ и коэффициента расходов на монтаж $K_{м}$, его принимаем из таблицы исходных данных

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м} = 1700000 \cdot 0,05 = 85000 \text{ рублей.} \quad (21)$$

С учётом полученных результатов расчета сопутствующие капитальные затраты $K_{соп}$ составляют

$$K_{соп} = P_{дем} + P_{монт} = 55000 + 85000 = 140000. \quad (22)$$

Капитальные затраты $K_{общ.пр.}$ при организации производственного участка для выполнения проектной технологии могут быть рассчитаны как сумма капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр}$ и сопутствующих затрат $K_{соп}$

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{соп.} = 714000 + 140000 = 854000 \text{ рублей} \quad (23)$$

Размер дополнительных капитальных затрат $K_{доп}$ определяется как разность ранее рассчитанных капитальных затрат по рассматриваемым вариантам

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 854000 - 376200 = 477800 \text{ рублей.} \quad (24)$$

Исходными данными для расчёта удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ служат дополнительные капитальные затраты $K_{\text{доп}}$ и годовая программа $\Pi_{\text{г}}$, а самое значение $K_{\text{уд}}$ определяется как отношение этих величин

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{г}}. \quad (25)$$

Если на производственном участке реализуется базовая технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{\text{уд}} = 376200 / 15 = 25080$ рублей. Если на производственном участке реализуется проектная технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{\text{уд}} = 854000 / 15 = 56933$ рублей.

4.6 Экономические показатели эффективности

Для того, чтобы оценить эффективность предлагаемых решений, реализацию которых предлагается выполнить на рассматриваемом производственном участке, следует рассчитать такие показатели, как «снижение трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$, повышение производительности труда $\Pi_{\text{г}}$, снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, условно годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ и годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{г}}$ » [15].

При определении снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ в качестве исходных данных следует принять ранее определенные значения штучного времени $t_{\text{шт}}$ в базовом и проектном вариантах. На основании проведенных ранее расчётов в качестве исходных данных принимается $t_{\text{шт б}} = 90$ часа и $t_{\text{шт пр}} = 50$ часов для реализации на рассматриваемом производственном участке вариантов технологии

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} = (90 - 50) \cdot 100 \% / 90 = 44 \%. \quad (26)$$

При определении повышения производительности труда Π_T , которое достигается на рассматриваемом производственном участке в случае внедрения предлагаемых решений используется рассчитанное ранее значение снижения трудоемкости $\Delta t_{шт}$

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = (100 \cdot 44) / (100 - 44) = 78 \%. \quad (27)$$

Для оценки снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ необходимо в качестве исходных данных использовать рассчитанные ранее технологические себестоимости для случая реализации на рассматриваемом производственном участке вариантов технологии. В случае выполнения операция согласно базового варианта технологии принимается $C_{тех.б} = 98134$ рубля. В случае выполнения операций согласно проектного варианта технологии принимается $C_{тех.пр} = 70846$ рубля

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б} - C_{тех.пр}) \cdot 100\% / C_{тех.б} = (98134 - 70846) \cdot 100\% / 98134 = 27 \%. \quad (28)$$

Для оценки размеров условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{уг}$ следует в качестве исходных данных принять ранее определенную годовую программу $\Pi_T = 200$. Условно-годовая экономия получается из разности заводских себестоимостей по рассматриваемым вариантам. В случае реализации на производственном участке базовой технологии принимается $C_{зав.б} = 187814$ рубля. В случае реализации на производственном участке проектной технологии принимается $C_{зав.пр} = 120666$ рубля

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б} - C_{зав.пр}) \cdot \Pi_T = (187814 - 120666) \cdot 15 = 1007220 \text{ рублей}. \quad (29)$$

Для расчётного определения срока окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений в качестве исходных данных следует принять ранее рассчитанные условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{уг}$ и дополнительные капитальные вложения $K_{доп}$

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 477800 / 1007220 = 0,5 \text{ года}. \quad (30)$$

В случае реализации на рассматриваемом производственном участке технологического процесса с внесенными изменениями совокупная экономическая эффективность оценивается по годовому экономическому эффекту $\mathcal{E}_r$. Для расчётного определения этой величины необходимо в качестве исходных данных принять ранее рассчитанную условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{yr}$ и ранее рассчитанную величину дополнительных капитальных вложений $K_{доп}$. Из таблицы исходных данных принимается значение нормативного коэффициента окупаемости затрат E_n

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{yr} - E_n \cdot K_{доп} = 1007220 - 0,33 \cdot 477800 = 849546 \text{ рубля. (31)}$$

На основании проведенных расчётов следует констатировать, что внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений позволяет получить повышение всех рассматриваемых в разделе экономических показателей, что положительно характеризует ценность предложенных решений.

Так как при реализации проектной технологии наблюдается значительное повышение производительности, то рассматриваемый производственный участок и находящееся на нем оборудование может быть использовано для выполнения аналогичных работ, что, в конечном итоге, позволит ещё больше повысить экономические показатели производства и сохранить размер фонда заработной платы без увеличения нагрузки на работников предприятия.

Кроме того, за счёт повышения производительности и снижения коэффициента загрузки оборудования предприятие может получить новые заказы, увеличивая годовую программу. В этом случае следует ожидать кратного уменьшения удельных капитальных вложений, роста ожидаемой экономии и годового экономического эффекта. Также следует принимать во внимание, что снижение трудоемкости позволяет не только повысить качество работ, но и уделить большее внимание экологической компоненте.

Выводы по экономическому разделу

Таким образом, для представленных в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений выполнено обоснование эффективности внедрения в современное производство. За счёт применения более прогрессивных методов ожидается снижение трудоёмкости на величину $\Delta t_{шт} = 44 \%$ и повышение производительности труда на величину $P_T = 78 \%$. Повышение производительности труда позволяет в значительной степени уменьшить фонд заработной платы и коэффициент загрузки оборудования, что положительно сказывается на большинстве рассчитываемых показателей эффективности технологии. За счёт снижения расходов по ряду составляющих ожидается значительное уменьшение технологической себестоимости выполнения работ, которое составляет $\Delta C_{тех} = 27 \%$. Происходит уменьшение величины цеховых и заводских расходов, приводящее к снижению заводской себестоимости, условно-годовая экономия ожидается в размере $\mathcal{E}_y = 1$ млн. рублей. Внедрение предлагаемых решений требует дополнительных капитальных вложений в размере $K_{доп} = 478$ тысяч рублей, срок окупаемости которых составляет 0,5 года. При реализации предлагаемых изменений годовой экономический эффект ожидается в размере $\mathcal{E}_г = 0,85$ млн. рублей. Вышеизложенное позволяет судить о целесообразности внедрения на современных предприятиях Российской Федерации предлагаемых решений, так как возникает не только технологический, но и экономический эффект. Кроме того, следует принимать во внимание, что экономический эффект будет мультиплицирован при внедрении предлагаемых решений на других предприятиях, проводящих аналогичные виды работ. Многократное повышение производительности труда позволяет рассматриваемому предприятию расширить область своих работ, принимая новые заказы, в том числе и с государственным финансированием, что позволяет получить дополнительные положительные результаты, такие как социальное обеспечение персонала предприятия и семей, обеспечение работников бронированием.

Заключение

Представленная выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности предприятий Российской Федерации, выполняющих работы по возведению резервуарного парка, что особенно актуально для Европейской части России, где в критических местах в настоящий момент требуется возведение новых резервуаров для хранения топлива. Анализ базовой технологии, которая предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами, позволил сформулировать недостатки, устранение которых обеспечивает достижение поставленной во введении цели. В ходе анализа исходных данных и известных решений удалось выполнить постановку задач.

В ходе решения первой задачи на основании экспертной оценки альтернативных способов сварки обоснован выбор сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, позволяющей обеспечить повышение эффективности предприятия. Полученный результат может быть перенесен на большинство предприятий, продолжающих при изготовлении сварных конструкций использовать ручную дуговую сварку.

В ходе решения второй задачи предложено использовать достижения российской науки в области управления сварочными процессами и переносом электродного металла. Модернизированный источник питания может быть построен на базе стандартного сварочного выпрямителя и позволяет существенно расширить технологические возможности механизированной сварки листовых конструкций. Полученный результат может быть использован на целом ряде предприятий Российской Федерации,

В ходе решения третьей задачи составлена проектная технология, которая может быть применена рядом организаций, ведущих работы по возведению и обслуживанию резервуарного парка Российской Федерации.

При выполнении экологического раздела получены сведения, позволяющие заключить, что предлагаемая проектная технология может быть

реализована на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов. Должная степень защиты окружающей среды и нейтрализация антропогенного действия производственного участка обеспечиваются предлагаемыми в разделе мероприятиями.

При выполнении экономического раздела проведено обоснование эффективности внедрения предлагаемых решений в современное производство. Применение на производственном участке предлагаемых решений обеспечивает снижение трудоёмкости на величину $\Delta t_{шт} = 44 \%$ и повышение производительности труда на величину $P_t = 78 \%$. За счёт снижения расходов по ряду составляющих ожидается значительное уменьшение технологической себестоимости выполнения работ, которое составляет $\Delta C_{тех} = 27 \%$. Происходит уменьшение величины цеховых и заводских расходов, приводящее к снижению заводской себестоимости, условно-годовая экономия ожидается в размере $\mathcal{E}_{yr} = 1$ млн. рублей. Внедрение предлагаемых решений требует дополнительных капитальных вложений в размере $K_{доп} = 478$ тысяч рублей, срок окупаемости которых составляет 0,5 года. При реализации предлагаемых изменений годовой экономический эффект ожидается в размере $\mathcal{E}_r = 0,85$ млн. рублей.

На основании вышеизложенного предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе решения могут быть рекомендованы для внедрения на современных предприятиях Российской Федерации. Так как при реализации проектной технологии наблюдается значительное повышение производительности, то рассматриваемый производственный участок и находящееся на нем оборудование может быть использовано для выполнения аналогичных работ, что, в конечном итоге, позволит ещё больше повысить экономические показатели производства и сохранить размер фонда заработной платы без увеличения нагрузки на работников предприятия.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. № 1310140 СССР, МПК В 23 К 9/09. Способ дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его осуществления / Заруба И. И., Сараев Ю. Н., Князьков А. Ф., Тимченко А. К. № 4017219/31-27, заявл. 16.12.85; опубл. 15.05.87, Бюл. № 18. 5 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
3. Бурков П. В., Буркова С. П., Тимофеев В. Ю. Исследование состояния днища вертикального стального резервуара, анализ методик диагностики его состояния и выявления причин его деформации // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 79–81.
4. Верёвкин А. А. Повышение эффективности сварки в CO_2 неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул: Томский политехнический университет. 2010.
5. Вертакова Ю. В., Плотников В. А. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 7-20.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Усовершенствование процесса сварки при модернизации оборудования // Ремонт, восстановление и модернизация оборудования. 2009. №9. С. 7-9.
8. Князьков А. Ф., Крампит Н. Ю. Крампит А. Г. Процесс переноса электродного металла при сварке в углекислом газе длинной дугой // сварка в Сибири. 2006. № 1. С. 23-24.

9. Кондрашова О. Г., Назарова М. Н. Причино-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров // Нефтегазовое дело. 2004. № 2. С. 21–29.

10. Крампит Н. Ю., Бурлакова Е. М., Крампит М. А. Краткий обзор управления процессом дуговой сварки в среде защитных газов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 11-18.

11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. 2016. № 7. С. 18-23.

12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.

13. Крюков А. В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счёт применения импульсной подачи электродной проволоки. Диссертация на соискание уч. степени кандидата технических наук. Барнаул: Алтайский ГУ им. И. И. Ползунова. 2008.

14. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO_2 в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003

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

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

17. Лебедев В. А., Кузьмин С. А., Новгородский В. Г. Управление процессом механизированной сварки в углекислом газе с использованием параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. 2002. № 5. С. 6-14.

18. Мазур А. А., Маковецкая О. К., Пустовойт С. В. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45-51.
19. Маковецкая О. К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных сварочных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54-61.
20. Неёлов Ю. В. Перспективы импортозамещения в Российской Федерации, // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 4-7.
21. Патон, Б.Е. Применение защитных газов в сварочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. С. 17–24.
22. 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.
23. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.
24. Предельский В. А., Харченко В. Я., Черногоров А. Л., Тихонов С. В. О выявлении трещиноподобных дефектов сварки существующими методами контроля качества // Advanced Engineering Research. 2021. № 1. С. 89–95.
25. РД 25.160.10-КТН-001-12 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. 2011. 216 с.
26. РД 39-138-95. Нормы технологического проектирования резервуарных парков СУГ М. : Роснефть, 1995. 149 с.
27. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
28. Романюк В. С., Ковалев В. Д. Резник С. А. Высокопроизводительная сварка неповоротных стыков труб порошковой проволокой с принудительным формированием шва // Сварщик. 2001. № 2. С. 32–33.

29. Сидоренко П. Ю., Рыжков Р. Н., Использование импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла при дуговой сварке // Автоматическая сварка. 2010. № 6. С. 52-53.

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

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

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

33. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.

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

35. 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.

36. Якушин Б. Ф., Потапов С. В., Килёв В. С. О прямом модифицировании сварочной ванны при автоматической сварке под флюсом // Евразийский союз учёных. 2015. № 12. С. 126–133.

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