

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

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

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

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для изготовления цистерны для нефтепродуктов

Обучающийся

Н.А. Самойлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

(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 2023

## Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки цистерн для транспортировки топлива и нефтепродуктов.

Анализ базовой технологии позволил установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения сварочных работ при изготовлении цистерны. Первым недостатком является применение устаревшего сварочного оборудования. Вторым недостатком является малая степень механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций по базовому технологическому процессу сборки и сварки корпуса цистерны.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения эффективности сварки в среде защитных газов предлагается внедрить в производство разработку, предложенную отечественными исследователями-сварщиками, которая за счёт импульсного управления горением сварочной дуги позволяет повысить пространственную стабильность положения дуги и повысить качество формирования сварного шва.

Проектная технология сборки и сварки предусматривает выполнение ряда технологических операций, при которых в значительной мере применяются средства механизации и автоматизации.

Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 8,45 млн. рублей.

## **Abstract**

The title of the graduation work is «Technology and equipment for the manufacture of tanks for petroleum products».

The functioning and development of Russian industry and infrastructure largely depends on the timeliness of energy supplies. At the same time, a significant role is assigned to liquid petroleum products, for the movement of which various types of transport are used (railway, road, water, pipeline). Oil and oil products are toxic and explosive substances, so it is necessary to use specialized containers for their transportation.

The aim of the work is increasing the productivity and quality of welding operations in the manufacture of a tank for the transportation of petroleum products.

To increase the efficiency of welding in a shielding gas environment, it is proposed to introduce into production a development proposed by domestic welder researchers, which, due to pulsed control of the welding arc, makes it possible to increase the spatial stability of the arc position and improve the quality of weld formation.

Labor productivity increases by 156%. The reduction in technological cost amounted to 35%. At the same time, by increasing labor productivity and reducing costs, it was possible to obtain an annual economic effect in the amount of 8.45 million rubles.

## Содержание

Введение . . . . .	6
1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении цистерн для нефтепродуктов. . . . .	8
1.1 Описание конструкции цистерны и особенности её эксплуатации. . . . .	8
1.2 Сведения о материале изделия. . . . .	11
1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки цистерны. . . . .	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. . . . .	18
2 Построение проектной технологии сборки и сварки корпуса цистерны. . . . .	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки. . . . .	19
2.2 Повышение эффективности способа сварки. . . . .	23
2.3 Заготовительные операции. . . . .	26
2.4 Сборочные и сварочные операции. . . . .	28
2.5 Описание отделочных операций. . . . .	31
2.6 Контроль качества. . . . .	32
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений. . . . .	35
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. . . . .	35
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков. . . . .	36
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков. . . . .	38
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта. . . . .	40
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. . . . .	42
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной	

квалификационной работе решений. . . . .	43
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. . . . .	43
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. . . . .	46
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии . . . . .	47
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. . . . .	49
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. . . . .	53
4.6 Показатели экономической эффективности. . . . .	55
Заключение . . . . .	57
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	59

## Введение

Функционирование и развитие российской промышленности и инфраструктуры в значительной мере зависит от своевременности поставок энергоносителей. При этом существенная роль отведена жидким нефтепродуктам, для перемещения которых применяются различные виды транспорта (железнодорожный, автомобильный, водный, трубопроводный). Нефть и нефтепродукты являются токсичными и взрывоопасными веществами, поэтому для их перевозки необходимо применять специализированные ёмкости.

Для того, чтобы перевозить различные нефтепродукты, применяются ёмкости и вспомогательные устройства, состав и назначение которых зависят от перевозимого вещества. Например, для перевозки битума необходимо предусмотреть его подогрев при сливе. Также при перевозке многих видов нефтепродуктов требуется применение электроизоляционного защитного слоя. Опасность перевозимого груза заставляет практически полностью отказаться от воздушного вида транспорта за исключением особых случаев (выполнение оборонных мероприятий или мероприятий противоположного действия, спасательные операции, иные случаи) [25], [11]. Применение железнодорожного транспорта объясняется удобством и возможностью передачи значительного объёма нефтепродуктов по месту назначения [9], [17], [27]. Для перевозки бензина, сжиженного газа и дизельного топлива получил широкое распространение автомобильный транспорт, который обладает универсальностью, не требует привязки к коммуникациям (за исключением прокладки автомобильной дороги). Для доставки топлива конечному потребителю применение автомобильного транспорта наиболее оправданно. При этом следует учитывать, что наиболее рентабельна перевозка топлива с применением автомобильного транспорта на расстояния, не превышающие 300...400 километров. Т.е. автомобильная перевозка имеет локальный характер, что ничуть не умаляет важности правильной

организации автомобильных перевозок нефтепродуктов. Кроме того, следует особо отметить, что трубопроводный транспорт и железнодорожный транспорт наиболее подвержены опасностям повреждения от различных факторов, поэтому с учётом складывающейся политической и экономической ситуации актуальность автомобильных перевозок топлива будет только расти.

Увеличение объёмов перевозимого с использованием автомобильного транспорта топлива вызывает необходимость увеличения производительности сварки цистерн и повышения качества выполнения сварочных работ. Для повышения производительности сварочных операций следует применять различные виды механизмов, позволяющих механизировать и автоматизировать основные и вспомогательные операции. К таким механизмам относят сборочные станды, вращатели, кантователи, краны. Для повышения качества и производительности сварки следует предусмотреть применение высокопроизводительных способов сварки, которые позволяют получать соединения с меньшим, чем в базовом варианте технологии, количеством дефектов. Это, в свою очередь, существенно повышает производительность сварочных и контрольных операций.

На основании вышеизложенного следует сделать вывод об актуальности выбранной темы и поставленной цели: повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении цистерны для перевозки нефтепродуктов.

Поставленную цель предполагается достигать за счёт обоснованного выбора способа сварки, позволяющего повысить производительность и качество сварочных работ, а также применения средств механизации и автоматизации сварочных работ. При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [6], [7].

## **1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении цистерн для нефтепродуктов**

### **1.1 Описание конструкции цистерны и особенности её эксплуатации**

Цистерна АЦ-9, которая устанавливается на бензовозы, как показано на рисунке 1, предназначена для перевозки светлых нефтепродуктов. К светлым нефтепродуктам относят бензин, керосин и дизельное топливо. Так как светлые нефтепродукты имеют повышенную опасность воспламенения, то к конструкции цистерны предъявляются повышенные требования по качеству. Крышки сливных приборов должны иметь полную герметичность. Рассматриваемая цистерна является безрамной, т.е. нагрузку при транспортировке продуктов воспринимает сама цистерна – котёл.



Рисунок 1 – Внешний вид армейского бензовоза на базе КАМАЗ 5320 с цистерной АЦ-9

В состав цистерны входят обечайки, днища и волнорезы. Конструкция корпуса цистерны представлена на рисунке 2. В состав корпуса цистерны входят: волнорез, два днища, три обечайки. Элементы корпуса цистерны изготовлены из стали 09Г2С по ГОСТ 19281-89. Соединение элементов корпуса цистерны между собой выполняется с применением кольцевых сварных швов как показано на рисунке 2.

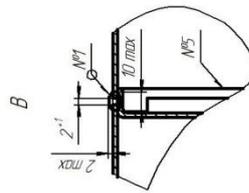
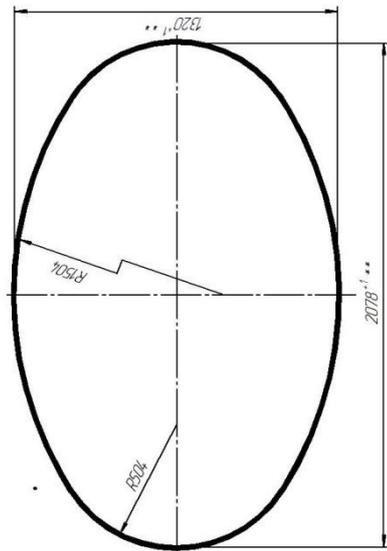
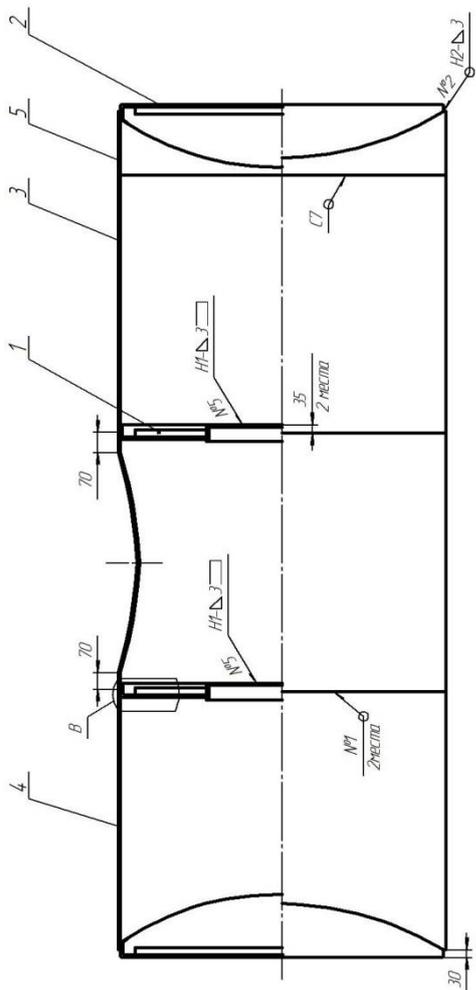
Обечайка представляет собой барабан без днищ, который в зависимости от особенностей конструкции цистерны может иметь цилиндрическую или коническую форму. В рассматриваемой цистерне АЦ-9 все три обечайки имеют цилиндрическую форму. Обечайка является основной заготовкой для изготовления цистерны и выполняется из листа толщиной 3 мм. Уменьшение толщины листа цистерны с 8 мм до 3 мм стало возможным за счёт применения защиты от опрокидывания, что допускается согласно ГОСТ Р 50913-96 и позволяет значительно повысить маневренность транспорта при перемещениях в неблагоприятных условиях.

Волнорез служит для уменьшения инерционных сил, которые возникают при перемещении заполненной цистерны. Толщина волнореза составляет толщину стенки цистерны и равна 3 мм. Конструкций волнореза не усложняет заполнение и опорожнение цистерны, а также позволяет проводить очистку внутренностей цистерны.

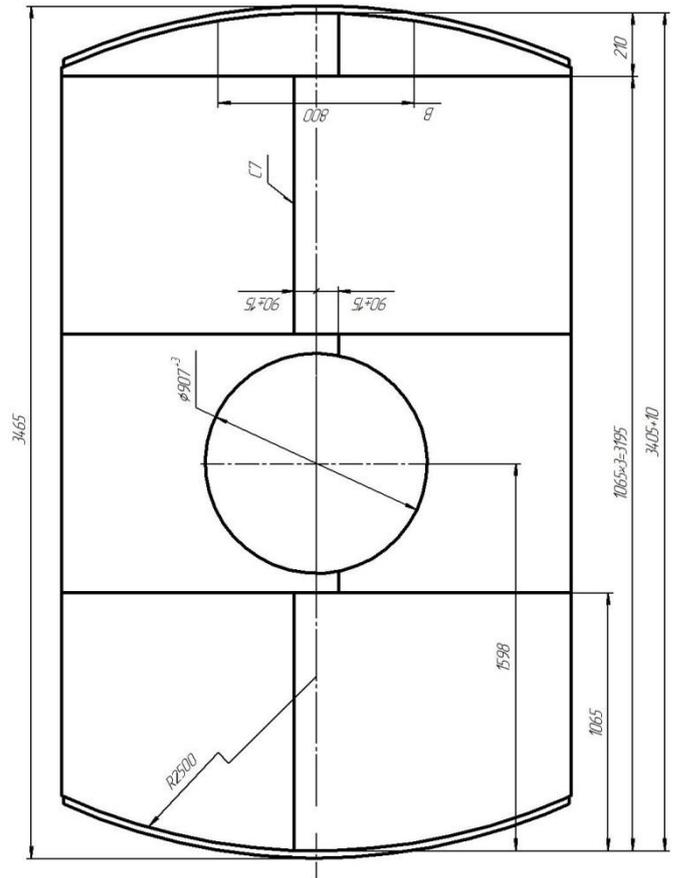
Днища цистерны являются эллиптическим и изготавливаются на специальном участке из листа толщиной 3 мм.

В соответствии с ОСТ 23.2.429-80 конструкция цистерны для перевозки нефтепродуктов относится к первому классу ответственности. В процессе эксплуатации изделие воспринимает переменные и ударные нагрузки. Необходимо, чтобы была обеспечена прочность сварных соединений, их герметичность и высокая точность при сборке элементов под сварку.

Для крепления котла цистерны на колёсную базу применяются специальные стягивающие хомуты.



- 1\* Размер для справок
- 2\*\* Размеры контролировать на инструменте
3. Неукладные при откл. ±11 и 14/2
4. При сборке отсек обвести прямолинейность образующей корпуса цистерны. Допуск прямолинейности на всей длине не более 6 мм
5. Допускается утяжка и горды на поверхности обечайки шириной В (вид сверху) в местах приварки дощечек и днищ до 5 мм
6. Старые швы, кроме шва N1, по ГОСТ 14.771-76. Старый шов N1, выполнять по чертежу по ГОСТ 14.771-76.



1 – волнорез; 2 – днище; 3, 4 и 5 - обечайки

Рисунок 2 – Конструкция корпуса цистерны

## 1.2 Сведения о материале изделия

Элементы цистерны выполняются из стали 09Г2С согласно ГОСТ 19281-89. Для заготовок используются листы с габаритными размерами 3×3550×10000 мм. Сталь 09Г2С является конструкционной низколегированной, получила широкое распространение при изготовлении сварных конструкций в станкостроении, машиностроении, транспорте, нефтяной промышленности, строительстве. Эксплуатация изделий из стали 09Г2С возможна при температурах от –70 °С до +425 °С. При этом возможна продолжительная работа конструкции, срок службы которой может измеряться годами [5], [23], [24]. В качестве замены стали 09Г2С могут быть рассмотрены такие стали, как 10Г2С, 09Г2ДТ и 09Г2Т.

В таблице 1 представлены механические свойства стали 09Г2С, в таблице 2 представлено содержание химических элементов в стали 09Г2С.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73 [24]

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_2$ , %
460	300	31

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С [24]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	До 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008	~96-97

Сварка тонколистовых конструкций из стали 09Г2С выполняется без применения предварительного и сопутствующего подогрева, так как сталь сваривается без ограничений всеми способами сварки. Однако при построении технологии изготовления сварных конструкций из стали 09Г2С следует принимать во внимание некоторые особенности, которые приведены в работах [6], [23], [31].

Высокие скорости охлаждения при сварке конструкций из стали 09Г2С могут стать причиной образования закалочных структур. Кроме характерных для данной стали структурных составляющих металла шва – перлита и феррита, в ней могут быть получены такие структуры, как мартенсит, остаточный аустенит и бейнит [6], [25]. При этом на содержание закалочных структур существенное влияние оказывает термический цикл от сварки. Образующиеся при этом закалочные структуры в случае равномерного распределения по объёму и разориентирования могут никак себя не проявлять. Однако увеличение скорости охлаждения приводит к увеличенному образованию закалочных структур, которые могут группироваться и вызывают снижение пластичности металла, а также повышают его склонность к хрупкому разрушению при пониженных температурах. Количество закалочных структур при сварке стали 09Г2С может повышаться из-за совокупно содержащихся в ней углерода, марганца и кремния. Вследствие описанной трудности при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать параметры режима, характеризующиеся меньшей погонной энергией по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей.

Для того, чтобы улучшить свойства сварного шва и добиться равнопрочности основного и наплавленного металла, при сварке конструкций из стали 09Г2С выполняют легирование сварного шва через сварочную проволоку (электроды). Необходимо, чтобы в варочных материалах содержалось сниженное по сравнению с низкоуглеродистыми сталями содержание серы.

Также следует принимать во внимание, что значительное влияние на снижение прочностных свойств сварных соединений из стали 09Г2С оказывает правильность выбора геометрии сварного шва и последовательности выполнения сварных швов на изделии [23].

### **1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки цистерны**

Для механизации погрузочных работ применяется мостовой кран с грузоподъёмностью 5 тонн и наборы строп, которые позволяют закреплять и перемещать по площади цеха составные элементы цистерны: обечайки, днища, волнорезы.

Базовый технологический процесс сборки и сварки цистерны предусматривает выполнение операций в такой последовательности. Первая операция – входной контроль. Вторая операция – вырезка заготовок для выполнения обечаек, днищ и волнорезов. Третья операция – вальцовка обечаек. Четвёртая операция – штамповка днища. Пятая операция – сборка и прихватка (заготовок днищ, обечаек по продольному стыку, обечаек между собой, волнорезов к корпусу цистерны, днищ с корпусом цистерны). Шестая операция – сварка (волнорезов с днищем, днищ, продольных швов обечаек, волнорезов, кольцевых швов). Седьмая операция – вырезка отверстия горловины. Восьмая операция – контроль качества.

К материалам для выполнения заготовок предъявляются следующие требования [7], [22].

Изготовление поясов обечаек и заготовок днищ выполняется из листового проката. При входном контроле материалов следует провести визуальный осмотр листов всех листов с обеих сторон. На поверхности листов не допускается присутствие трещин, раковин, разрывов и вздутий. Если на поверхности листа обнаружены дефекты, то их необходимо устранить механическим способом при условии, что толщина листа не уменьшится более чем на 0,25 мм.

Обрезанные кромки листа не должны иметь трещин, расслоений и разрывов. Наличие недопустимых дефектов определяется визуально без применения дополнительных приборов.

Контроль толщины листа выполняют на каждом десятом листе.

Также перед выполнением сварки проводят контроль состояния сварочной проволоки. Для сварки применяется проволока Св-08Г2С диаметром 1,6 мм согласно ГОСТ 2246-70. Поверхность проволоки должна быть очищена от жира, ржавчины и иных загрязнений. Предельное отклонение диаметра проволоки должно составлять не более 0,16 мм при овальности не более 0,08 мм. Приёмку сварочной проволоки проводит технический контроль предприятия. Содержание химических элементов в сварочной проволоке Св-08Г2С приведено в таблице 3. Для того, чтобы повысить технологические свойства проволоки и упростить её подачу поверхность проволоки покрывается слоем меди не менее 0,15 мкм, который имеет прочное сцепление с основой. К сварочной проволоке обязательно должен прикладываться сертификат завода-изготовителя, где эта проволока была выпущена. Хранение сварочной проволоки следует выполнять в состоянии намотки на кассеты в закрытых помещениях, температура в которых не должна быть ниже +15 °С. При намотке проволоки на кассеты необходимо обеспечить отсутствие перегибов.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в проволоке Св-08Г2С

Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
1,8...2,1	0,7...0,95	< 0,20	< 0,25	< 0,20	< 0,03	< 0,025

В качестве защитного газа применяется смесь углекислого газа по ГОСТ 8050-85 и аргона по ГОСТ 10157-73. Состав газовой смеси: 90 % углекислого газа и 10 % аргона. Для подготовки газовой смеси используют редуктор У-30-П-2 и редуктор АР-40-2, смеситель газов УГС-1-А.

К заготовительным операциям предъявляются следующие требования.

При выполнении поясов обечаек из листов и заготовок обечаек из листов применяется механическая резка. Применение термической резки для рассматриваемых толщин не представляется оптимальным. При проведении механической резки следует обеспечить точность 0,5 мм. После выполнения разделительной резки качество реза должно позволять проведение

дальнейшей сборки и сварки без проведения дополнительной обработки кромки листа. Для резки листовых заготовок применяются дисковые ножницы Н4422. Потребляемая мощность составляет 12 кВт, скорость реза составляет 4 м/мин. Внешний вид дисковых ножниц представлен на рисунке 4-а.

Для вальцовки обечаек применяется листогибочная четырехвалковая машина ИБ-2416. Потребляемая мощность составляет 6,3 кВт, скоростьгиба составляет 0,17 м/сек. На рисунке 3 представлена схема вальцовки с применением четырёхвалковой машины, которая позволяет получать несвальцованный участок шириной не более двух толщин.



Рисунок 3 – Схема вальцовки на четырёхвалковой машине

Использование четырёхвалковой машины позволяет получить высокую точностьгиба, при этом следует отметить простоту эксплуатации четырёхвалковых машин, так как они позволяют проводить операцию вальцовки одним оператором за счёт того, что поджатие листа происходит сразу после центрирования и остаётся зажатым в течение всей операции вальцовки. Также исключается вероятность проскальзывания. При этом вальцевание листа может быть выполнено за один проход, при этом обеспечивается возможность цифрового управления работой машины. Внешний вид машины ИБ-2416 представлен на рисунке 4-б.

Для изготовления днищ применяют холодную штамповку, которая применяется для листов толщиной до 10 мм и имеет высокую производительность, позволяя получать заготовки высокой точности. Для штамповки днищ применим гидравлический пресс К04.К3533А, который представлен на рисунке 4-в. Усилие штамповки составляет 2 МН.

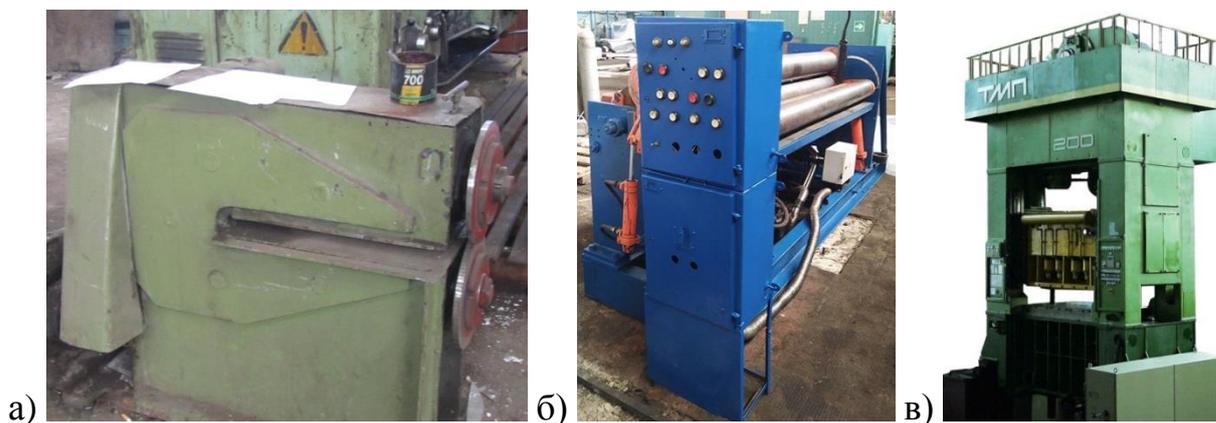


Рисунок 4 – Оборудование для выполнения заготовительных операций: дисковые ножницы (а), вальцовочная машина (б) и гидравлический пресс (в)

При выполнении сборочных операций необходимо применение подъёмно-транспортных механизмов. Сборка должна обеспечивать расположение элементов согласно требованиям чертежа. При этом величина зазоров должна быть не более 1 мм, а смещение кромок – не более 0,5 мм. Сборку элементов необходимо выполнять в последовательности, которая обеспечивает свободный доступ к выполнению сварочных работ. Сборку следует выполнять с применением специализированных приспособлений и прихваток. Параметры режима выполнения прихваток соответствуют параметрам режима выполнения сварных швов и представлены в таблице 4.

Для прихватки и сварки применяется полуавтомат ПДГО-510, который представлен на рисунке 5. Для питания сварочной дуги применяется выпрямитель ВДУ-508, который представлен на рисунке 5.

Таблица 4 – Параметры режима сварки и прихватки при изготовлении цистерны

Наименование параметра режима сварки	Единица измерения	Значение параметра режима сварки
Сила сварочного тока	А	250
Род тока	-	Постоянный
Полярность	-	Обратная
Напряжение на дуге	В	30
Диаметр сварочной проволоки	мм	1,6
Вылет проволоки	мм	15
Скорость сварки	м/ч	35



## **1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В настоящей работе преследуется цель – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении цистерны для перевозки нефтепродуктов.

Анализ базовой технологии позволяет установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения сварочных работ при изготовлении цистерны.

Первым недостатком является применение устаревшего сварочного оборудования. Замена применяемого по базовому варианту оборудования на более перспективное позволит значительно повысить стабильность качества и производительность сварки. При этом следует обосновать выбор способа сварки (рассмотреть альтернативные способы сварки, преимущества и недостатки каждого способа, выполнить экспертную оценку). Также следует рассмотреть варианты повышения эффективности выбранного способа сварки с применением современных достижений в области управления сварочными процессами.

Вторым недостатком является малая степень механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций по базовому технологическому процессу сборки и сварки корпуса цистерны. В проектной технологии следует предложить оборудование для механизации и автоматизации, которое позволит существенно повысить производительность работ.

При выполнении оценочного раздела следует выполнить анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда. Также следует выполнить оценку экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели.

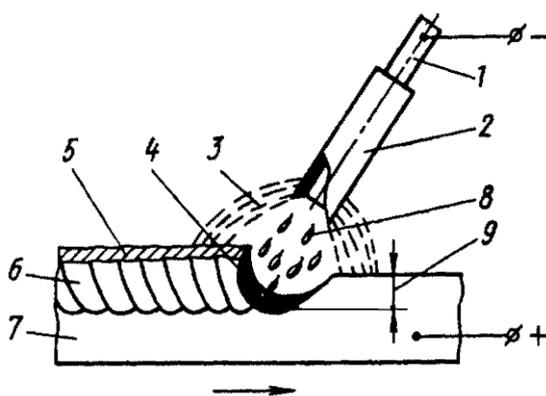
## 2 Построение проектной технологии сборки и сварки корпуса цистерны

### 2.1 Обоснование выбора способа сварки

Сварка тонколистовых конструкций из стали 09Г2С может выполняться с применением различных способов сварки. Применительно к рассматриваемому изделию следует обратить внимание на следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- автоматическая и механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- автоматическая и механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- автоматическая сварка под флюсом.

Несмотря на то, что ручная дуговая сварка проигрывает другим способам сварки по производительности и качеству выполнения сварных швов, этот способ сварки, представленный на рисунке 6, продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения.



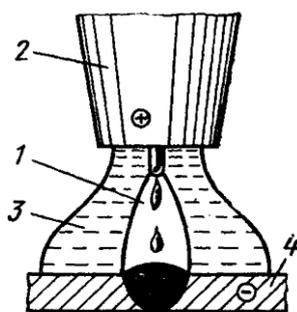
- 1 – «металлический стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл шва; 7 – основной металл (изделие); 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления» [2]

Рисунок 6 – Ручная дуговая сварка покрытым электродом

Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса. Поскольку на каждом предприятии имеется необходимое сварочное оборудование, существует возможность немедленного выпуска новой продукции при условии разработки соответствующей технической документации. Иными словами, отсутствует необходимость дополнительного приобретения и освоения сложного сварочного оборудования.

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

При применении механизированной и автоматизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах, схема которой представлена на рисунке 7, достигается существенное повышение производительности по сравнению с ручной дуговой сваркой. Кроме того, на стабильность качества и производительность положительное влияние оказывает практически полное отсутствие шлаковой корки. При сварке в углекислом газе расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении вертикальных и потолочных швов [18], [19].



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 7 – Схема сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки. Также повышенная вязкость расплавленного металла может стать причиной образования горячих трещин.

Автоматическая сварка под флюсом, схема выполнения которой показана на рисунке 8, позволяет существенно повысить производительность и качество выполнения сварочных работ. При этом существенно улучшаются условия труда сварщика [8].

В качестве недостатков автоматической сварки под флюсом, которые ограничивают применение этого перспективного способа, следует указать, во-первых, сложность удержания флюса на поверхности изделия при выполнении вертикальных и потолочных швов. Во-вторых, повышенная текучесть расплавленного металла при сварке под флюсом может стать причиной получения непроваров, пор и шлаковых включений. В-третьих, при автоматической сварке под флюсом существенно повышаются требования к точности сборки, что увеличивает стоимость и снижает производительность подготовительных операций.

Значительными технологическими возможностями обладает сварка самозащитными проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 9 [21], [26]. Этот способ сварки сочетает в себе преимущества сварки

в защитных газах и сварки под флюсом. Позволяет значительно повысить мобильность способа по сравнению с автоматической сваркой под флюсом.

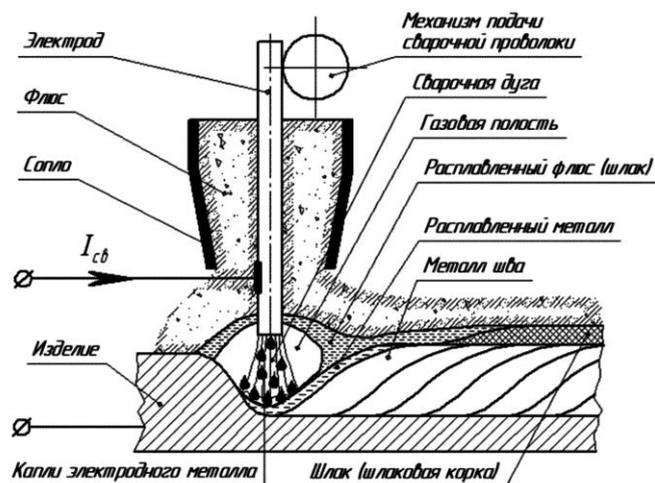


Рисунок 8 – Схема автоматической сварки под флюсом

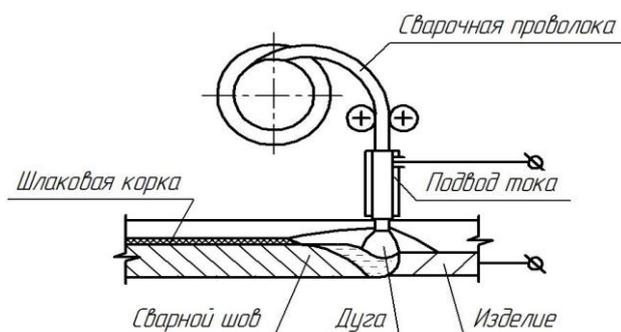


Рисунок 9 – Схема сварки самозащитными порошковыми проволоками

Главным недостатком сварки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На основании вышеизложенного построение проектной технологии будем выполнять с применением сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

## 2.2 Повышение эффективности способа сварки

На характер плавления и перенос электродного металла в сварочную ванну во время проведения процесса механизированной и автоматической сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах определяет пространственную устойчивость дуги. Кроме того, особенности переноса металла при сварке определяют тепловой баланс при сварке, протекание в сварочной ванне металлургических процессов и вероятность появления дефектов при сварке [18], [28], [29], [30].

На рисунке 10 представлена диаграмма, на которой выделены основные воздействия, позволяющие управлять переносом электродного металла при сварке или отрицательно сказаться на стабильности горения сварочной дуги. В качестве таких воздействий следует указать: во-первых, производственные возмущения, которые являются дестабилизирующими факторами. Во-вторых, состав защитного газа и электродной проволоки, правильный выбор которых позволяет существенно повысить технологические свойства сварочной дуги. В-третьих, особенности конструкции механизма подачи сварочной проволоки и источника питания, совершенствование которых позволяет повысить эффективность сварочных процессов.

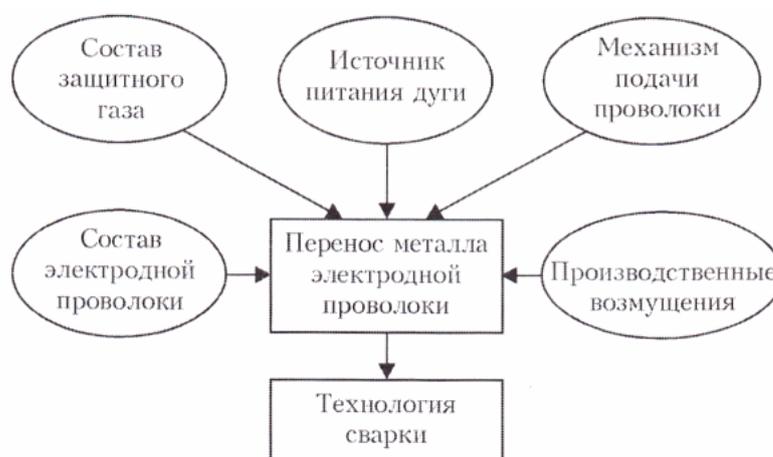


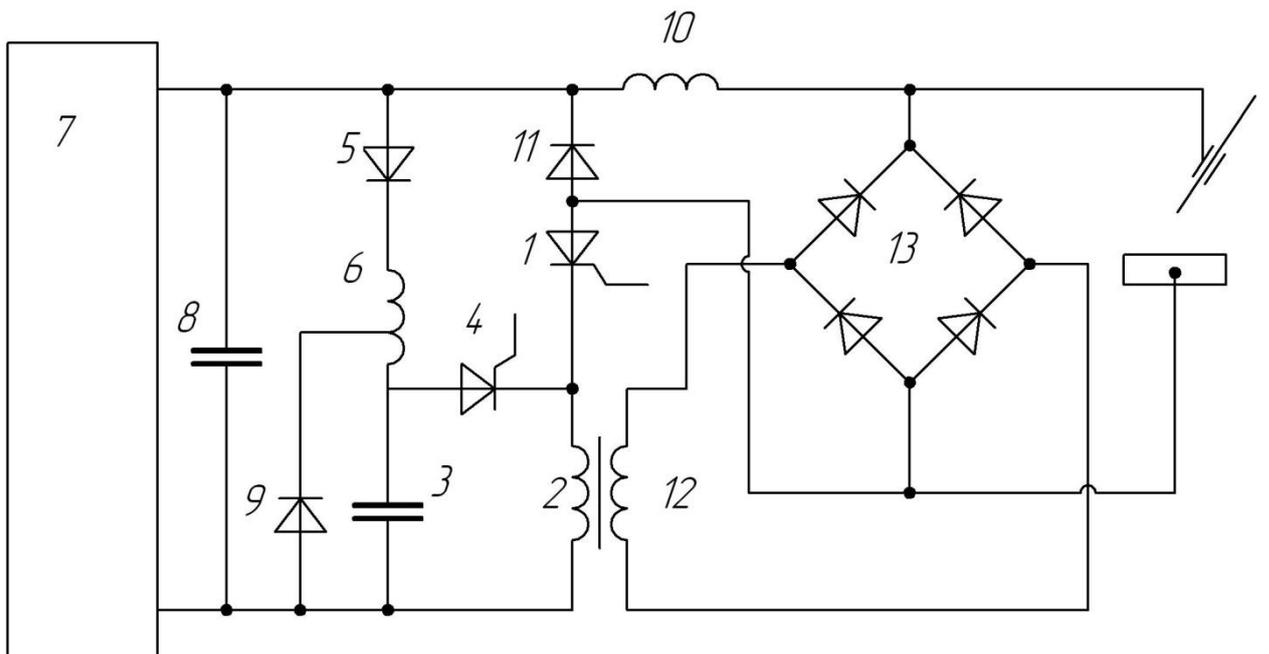
Рисунок 10 – Основные воздействия, влияющие на характер переноса электродного металла и стабильность горения сварочной дуги

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки в защитных газах для построения проектной технологии принята разработка отечественных исследователей-сварщиков [1]. На рисунке 11 представлена функциональная схема импульсного источника питания, в которую входят «силовой тиристор 1, коммутирующий дроссель 2, коммутирующий конденсатор 3, вспомогательный тиристор 4, диоды 5 и 9, зарядный дроссель 6, источник постоянного тока 7, конденсатор 8, последовательный дроссель 10, шунтирующий диод 11; дополнительная обмотка коммутирующего дросселя 12, диодный мост 13» [25].

Осциллограммы тока и напряжения при сварке с использованием предлагаемого источника питания представлены на рисунке 12. Горение дежурной дуги происходит в течение промежутка времени  $t_1-t_2$ . При этом ток дежурной дуги лежит в диапазоне 15...40 А. Подача электродной проволоки при таком токе приводит к уменьшению длины дугового промежутка.



1 – «силовой тиристор; 2 - коммутирующий дроссель; 3 - коммутирующий конденсатор; 4 - вспомогательный тиристор; 5, 9 - диод; 6 - зарядный дроссель; 7 - источник постоянного тока; 8 – конденсатор; 10 - последовательный дроссель; 11 - шунтирующий диод; 12 - дополнительная обмотка коммутирующего дросселя; 13 - диодный мост» [1]

Рисунок 11 – Функциональная схема импульсного источника питания

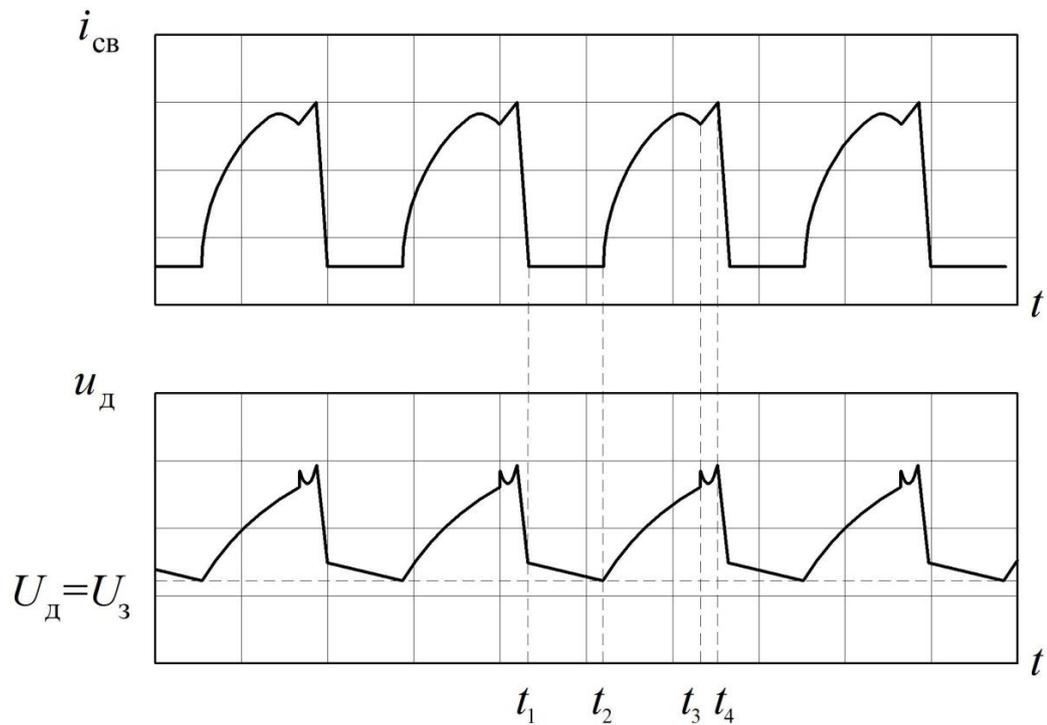


Рисунок 12 – Осциллограммы тока и напряжения

В момент времени  $t_2$  подаётся импульс сварочного тока. Отрыв капли расплавленного металла происходит в момент времени  $t_3$ . В промежуток времени  $t_3-t_4$  происходит дозирование энергии, которая расходуется на образование новой капли расплавленного металла на торце электродной проволоки.

### **2.3 Заготовительные операции**

Выполнение заготовительных операция предусматривает такую последовательность действий: очистка поверхности листового проката, выполнение разметки, проведение резки заготовок из листового проката, вальцевание обечайек, штампование днищ, вырезка отверстия в центральной обечайке для горловины.

Проведение очистки поверхности листового проката необходимо для того, чтобы удалить с неё ржавчину, окалины и иные загрязнения. Для выполнения очистки применяется дробемётная камера, которая снабжена аппаратом подачи дроби, устройством сбора отработавшей дроби, устройством очистки отработавшей дроби и её возврата в работу, устройство удаления загрязнённого воздуха. Применяется дробь диаметром 0,7...0,9 мм. В качестве дробемёта используется аппарат 42117 производства ООО «Вил Бласт Течнолоджи», который представлен на рисунке 13. Скорость выхода дроби составляет 80 м/с при диаметре рабочего колеса 500 мм и частоте вращения 2250 об/мин.

После того, как была выполнена очистка поверхности листового проката, выполняют его разметку. Для выполнения разметки применяются шаблоны, металлическая линейка, чертилка, угольник и рулетка. Применяемый измерительный инструмент должен иметь точность не ниже 2-го класса. Точность разметки составляет 0,5 мм. При выполнении разметки следует принимать в расчёт припуск на рез.



Рисунок 13 – Добе́мёт 42117

Для вырезания заготовок из листового проката применяются дисковые ножницы Н4422, которые представлены на рисунке 4-а. Потребляемая мощность составляет 12 кВт, скорость реза составляет 4 м/мин. Точность реза принимается равной 0,5 мм.

Для вальцевания обечаек применяется листогибочная четырехвалковая машина ИБ-2416, которая представлена на рисунке 4-б. Потребляемая мощность составляет 6,3 кВт, скоростьгиба составляет 0,17 м/сек.

Для изготовления днищ применяют холодную штамповку на гидравлическом прессе К04.К3533А, который представлен на рисунке 4-в. Усилие штамповки составляет 2 МН.

Для вырезки отверстия горловины применяется ручная разделительная кислородная резка. Вырезаемое отверстие имеет диаметр 906 мм. Разметку отверстия выполняют при помощи кисти и циркуля по металлу с использованием мелового раствора. В качестве газов применяется кислород согласно ГОСТ 5583-78 и пропан согласно ГОСТ 20448-90. В качестве резака применяется резак «Пламя» с использованием наружного мундштука № 1. Расход кислорода составляет 2,5...5 м<sup>3</sup>/час, Расход пропана составляет 0,3...0,4 м<sup>3</sup>/час. Давление кислорода в системе составляет 3 кгс/см<sup>2</sup>. Скорость реза составляет 15 м/час.

## 2.4 Сборочные и сварочные операции

Для выполнения продольного шва при сварке обечаек применяется сборочное приспособление, представленное на рисунке 14. На основании 1 закрепляются две стойки 2. Поворотная консоль 4 и прижимная балка снабжены пневматическими прижимами 7. Медная подкладка 8 размещена на консоли 4. Приспособление имеет сменные стойки 9, которые расположены между основанием 1 и стойками 2. Применение сменных стоек 9 позволяет собрать обечайки различного диаметра. Ось 10 позволяет поворачивать консоль 4 и одевать на неё обечайку. После закрепления обечайки на консоли, её подводят под прижимную балку 5 и опирают на кронштейн 3. При помощи пневматического распределителя 6 управляют подачей сжатого воздуха в прижимы 7. Перемещение сварочной головки происходит параллельно оси формирующей подкладки 8.

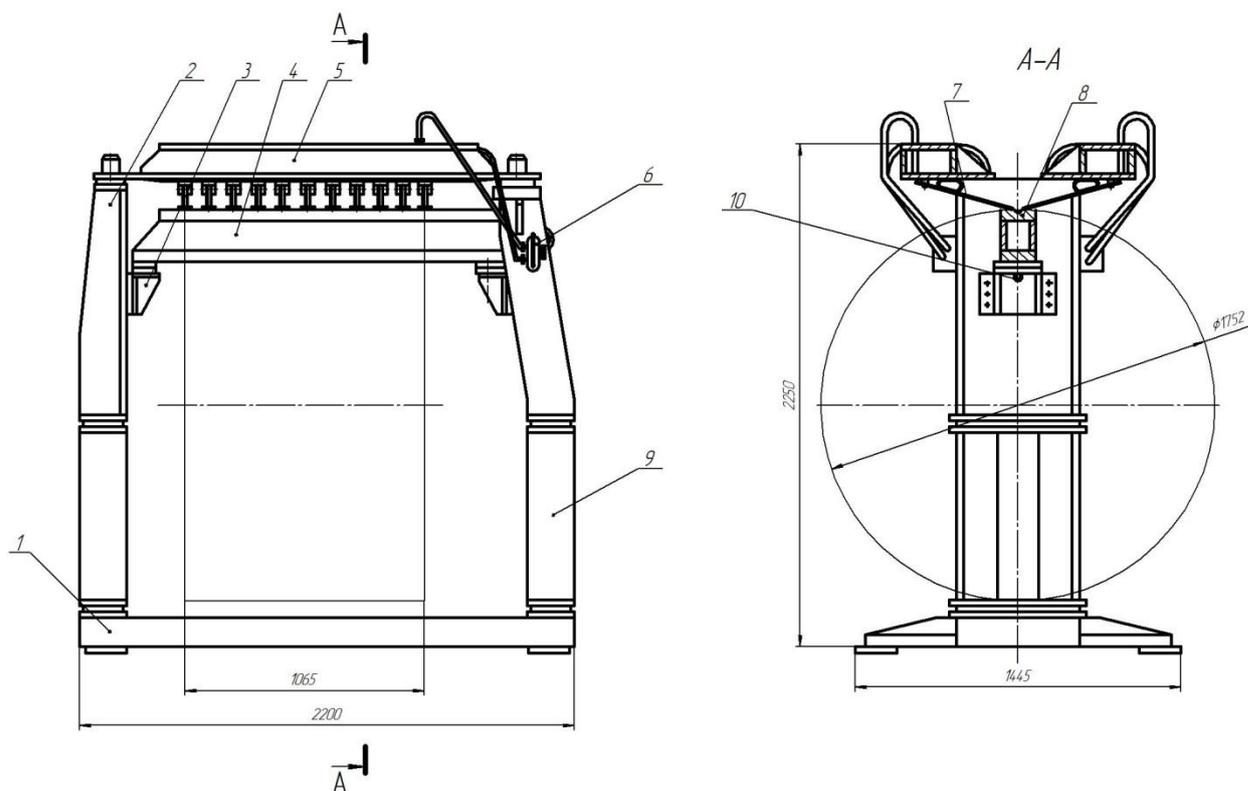
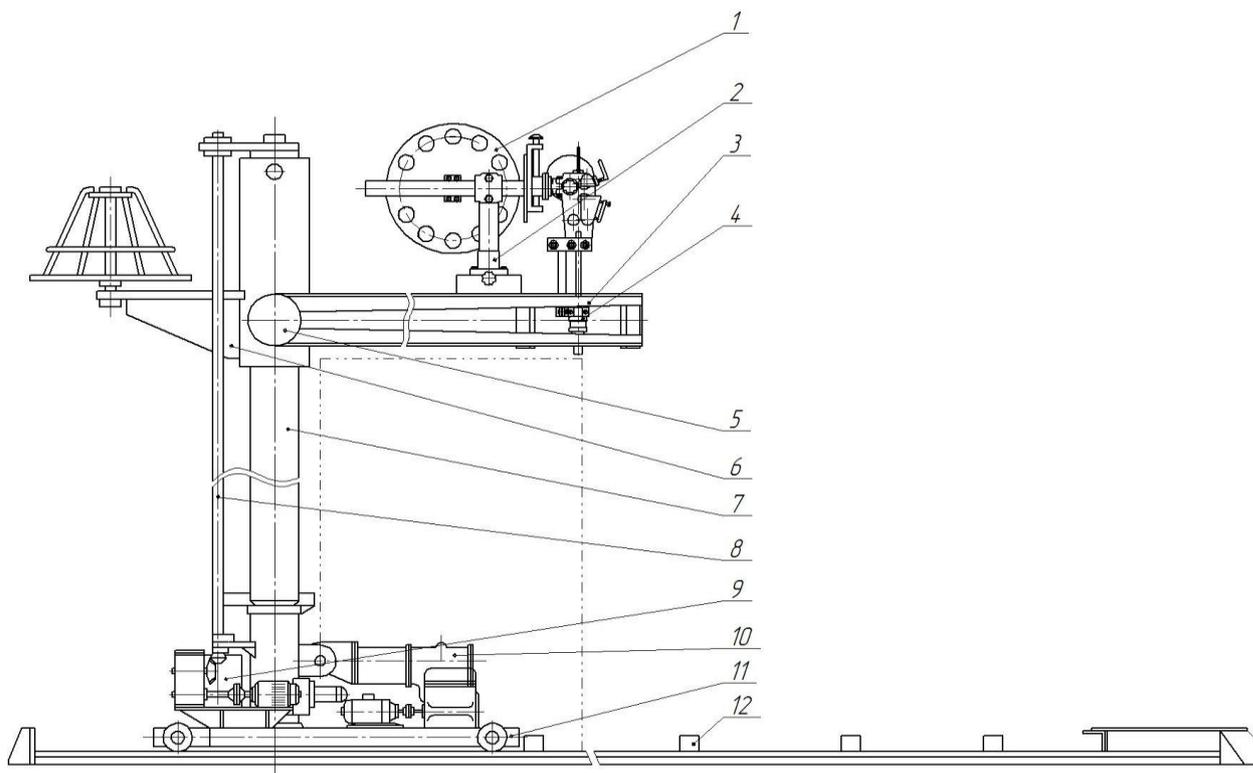


Рисунок 14 – Сборочное приспособление для выполнения продольного шва на обечайках

Для выполнения продольного шва применяется сварочная колонна, представленная на рисунке 15. В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 16-а. В качестве механизма подачи проволоки применяется полуавтомат ПМ 4.33, который представлен на рисунке 16-б.



- 1 – механизм подачи; 2- вертикальная направляющая; 3 – консоль; 4 – сварочная горелка;  
 5 – суппорт; 6 – катушка, 7 – направляющая; 8- винт ходовой; 9 – привод суппорта;  
 10 – привод горизонтальный; 11 – механизм горизонтального перемещения;  
 12 - вращатель

Рисунок 15 – Сварочная колонна в сборе



а)



б)

Рисунок 16 – Оборудование для выполнения механизированной варки люка котла цистерны и выполнения прихваток: источник питания ВДУ-506 (а) и полуавтомат ПМ 4.33 (б)

При помощи мостового крана грузоподъёмностью 5 тонн заготовки подаются на место сборки и сварки. Сборку и прихватку выполняют в установленной последовательности. Сначала на стенд устанавливают три обечайки (одна центральная и две боковые), после чего их прихватывают между собой. Далее устанавливают, прихватывают и обваривают волнорезы. После этого устанавливают и прихватывают левое и правое днища к корпусу цистерны.

В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 16-а. В качестве механизма подачи проволоки применяется полуавтомат ПМ 4.33, который представлен на рисунке 16-б.

После прихваток обечаек между собой, установки и сварки волнорезов, прихватки днищ выполняется сварка кольцевых швов. Для сварки кольцевых швов применяется установка, представленная на рисунке 17.

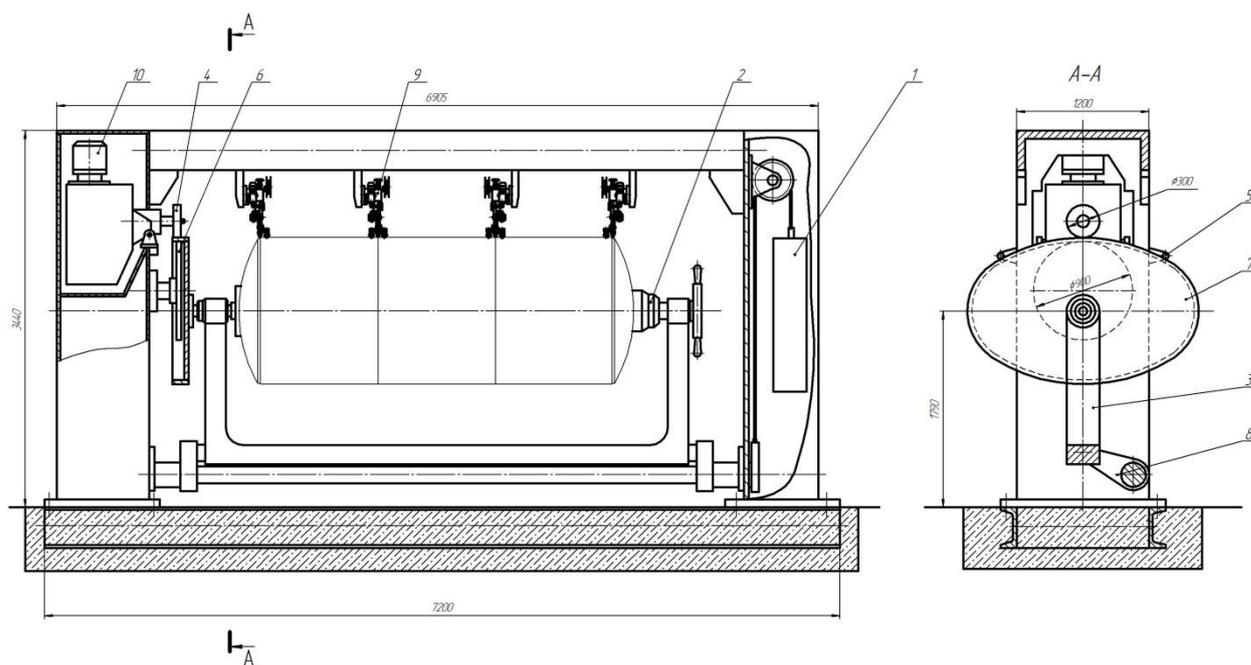


Рисунок 17 – Стенд для сварки кольцевых швов

Вращение цистерны выполняется от электрического двигателя 10. Собранный на прихватках цистерна закрепляется в плавающей скобе 3 с использованием центриатора 2. При помощи противовеса 1 и системы подвижных рычагов 8 обеспечивается уравнивание массы цистерны и

снижаются инерционные воздействия на приспособления. Ведущий ролик приводного механизма 4 движется по наружной беговой дорожке на копирном диске 7. Опорный холостой ролик 6 катается по внутренней беговой дорожке на копирном диске 7. Крайние положения копирного диска 7 ограничиваются холостым роликом 5. Наружная беговая дорожка копирного ролика 7 имеет траекторию овала согласно форме цистерны.

Благодаря тому, что установка оснащена четырьмя сварочными головками 9, возможно значительное повышение производительности работ за счёт одновременного выполнения четырёх кольцевых швов.

## 2.5 Описание отделочных операций

После выполнения сварных швов на изделии проводится операция зачистки и шлифовки сварных швов, у которых снимают усиление. Эти операции механизированы, и при их выполнении применяется пневматический инструмент и электрический инструмент. Для зачистки сварных швов и снятия усиления применяется прямая шлифовальная машинка, представленная на рисунке 18. Для зачистки применяется армированный круг диаметром 300 мм.

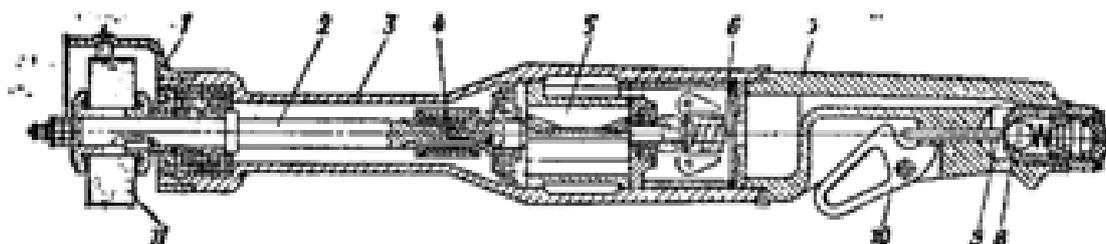


Рисунок 18 – Конструкция прямой шлифовальной машинки

В корпус 3 вмонтирован пневматический двигатель вращения 5, рукоять 7 снабжена пусковым механизмом, осуществляющим включение вращения шлифовального круга 11. Шлифовальный круг закрывается кожухом 1. При нажатии на курок 10 происходит включение машины, при

этом доступ сжатого воздуха в полость между статором и ротором обеспечивается при отходе шарика 8 под действием иглы 9. Регулирование скорости вращения обеспечивается центробежным регулятором 6, который перекрывает канал подачи воздуха при достижении заданных оборотов вала.

## 2.6 Контроль качества

При контроле качества выполняют 100% визуальный осмотр сварных швов, проверяя отсутствие брака зачистки, правильность сборки и наличие внешних дефектов сварного шва. При визуальном осмотре не допускается наличие таких дефектов, как непровары в корне шва, подрезы глубиной более 2 мм, поверхностные поры диаметром более 2 мм, наплывы, вогнутость шва. Сварной шов должен иметь плавный переход к основному металлу. Для проведения визуального контроля применяется набор, который представлен на рисунке 19 и включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.



Рисунок 19 – Набор для проведения визуального контроля

Для проверки цистерны на герметичность применяют газовый метод контроля течеисканием. Сущность метода заключается в следующем. Газ под

давлением подают внутрь цистерны, а снаружи порывают контролируемую поверхность мыльным раствором. Под давлением газ проходит через сквозные дефекты и обнаруживает место их залегания по пузырькам. При этом возможно обнаружение мелких дефектов.

Сваренную цистерну при помощи мостового крана помещают на кантователь КД-1 и подают в неё сжатый воздух под давлением 4 атм. На сварные швы наносят раствор, который состоит из 1 литра воды и 50 граммов мыла. В месте залегания сквозного дефекта происходит образование пузырей. Дефектное место следует отметить мелом. После этого сбрасывают избыточное давление в цистерне и отключают её от установки подачи сжатого воздуха.

При обнаружении дефекта проводят его зачистку и подварку. После исправления дефектов следует провести повторно испытание на герметичность. При этом допускается исправление дефектов в одном месте не более двух раз. В противном случае дефектная цистерна подлежит утилизации. Категорически запрещается выполнение сварочных работ до стравливания сжатого воздуха из цистерны.

### **Выводы по второму разделу**

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки на основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов. В ходе проведения экспертной оценки способов сварки построение проектной технологии предложено проводить с использованием механизированной и автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Второй задачей является устранение выявленных недостатков сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по

вопросу повышения эффективности дуговой сварки предложена разработка отечественных исследователей, позволяющая обеспечить импульсное управление сварочной дугой. Применение импульсного управления позволяет устранить разбрызгивание электродного металла и повысить качество сварки за счёт пространственной стабилизации дуги и благоприятных металлургических процессов в сварном шве.

Третьей задачей является автоматизация и механизация выполнения операций технологического процесса сборки и сварки корпуса цистерны. Предложены установки для автоматической сварки продольного шва обечаек и для автоматической сварки кольцевых швов на цистерне. Применение установок позволит существенно повысить производительность работ и качество выполняемых сварных швов.

Четвёртой задачей является построение проектного технологического процесса сборки и сварки цистерны. Составлен перечень операций технологического процесса, назначены параметры режима, выбрано оборудование и сформулированы требования к выполнению операций.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [10], [16] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [3], [4].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [13], [14].

### 3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

#### 3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки цистерн для транспортировки топлива и нефтепродуктов. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Особенности проектного технологического процесса представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
1	2	3
1) «входной контроль	Дефектоскопист	козловой кран КС 50-42В, набор строп, линейка металлическая 1000 мм, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор
2) правка	Слесарь-сборщик	гибочные семивалковые вальцы Н-1517
3) разметка	Слесарь-сборщик	шаблоны, чертилка, линейка металлическая, рулетка, угольник
4) резка	Слесарь-сборщик	ножницы гильотинные Н3121

1	2	3
5) подготовка кромок	Слесарь-сборщик	кромкострогальный станок
6) гибка обечайки	Слесарь-сборщик	листогибочная машина Н-2224, кран-балк
7) сборка обечайки	Электросварщик, слесарь-сборщик	стенд сварочный, источник питания ВДУ-506, вращатель
8) сварка обечайки	Электросварщик	стенд сварочный, источник питания ВДУ-506, вращатель
9) сборка обечайки с днищем	Электросварщик, слесарь-сборщик	источник питания ВДУ-506, полуавтомат ПМ-4.33, сборочное приспособление
10) сварка обечайки с днищем	Электросварщик	стенд сварочный, источник питания ВДУ-506, вращатель
11) вырезка горловины и приварка люка	Электросварщик	источник питания ВДУ-506, полуавтомат ПМ-4.33,
12) контроль качества» [2]	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп

Представленные в таблице 5 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

### **3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков**

Выполнение операций технологического процесса и использование оборудования приводит к возникновению профессиональных и производственных рисков. Наличие опасных и вредных факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше.

В таблице 6 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков выделено семь негативных производственных факторов/

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1) входной контроль	- 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
2) правка; 3) разметка; 4) резка; 5) подготовка кромок 6) гибка обечайки	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
7) сборка обечайки; 8) сварка обечайки; 9) сборка обечайки с днищем; 10) сварка обечайки с днищем; 11) вырезка горловины и приварка люка	- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
12) контроль качества	- 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

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

### **3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков**

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 6, выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

На основании анализа проектного технологического процесса были выявлены опасные и вредные факторы, сопровождающие внедряемую технологию. В таблице 7 представлены выработанные решения по обеспечению безопасности производственного процесса. Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Таблица 7 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 7 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Разработки специализированных средств защиты и методик защиты в настоящей выпускной квалификационной работе не требуется.

### 3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении сварочных и наплавочных работ происходит нагрев до высокой температуры, образование брызг расплавленного металла и светового излучения высокой интенсивности. В результате этого функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 8. Анализ данных в таблице 8 позволяет установить, что возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е». Этот класс пожара предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборки и сварка
Наименование оборудования	Аппарат плазменной резки, сварочное оборудование, станки для механической обработки
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	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе. Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 9 приведены технические средства по устранению опасных факторов пожара.

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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 (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма.

В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата.

В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

### 3.6 Вопросы обеспечения экологической безопасности

При выполнении операций проектного технологического процесса возникает негативное антропогенное действие на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

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

## **4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений**

### **4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки цистерн для транспортировки топлива и нефтепродуктов.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Проектная технология сборки и сварки предусматривает выполнение ряда технологических операций, при которых в значительной мере применяются средства механизации и автоматизации. Первая операция - очистка заготовок перед сборкой и сваркой, для её выполнения применяется дробемётная камера. Вторая операция проектного технологического процесса – разметка, для её выполнения применяется набор измерительного инструмента. Третья операция проектного технологического процесса – резка, для её выполнения применяются дисковые ножницы. Четвертая операция проектного технологического процесса – вальцевание обечайки, которая выполняется с применением кран-балки и листогибочной машины. Пятая операция проектного технологического процесса – штамповка днищ, для выполнения которой применяется гидравлический пресс. Шестая операция проектного технологического процесса – сборка и сварка обечайки, для выполнения этой операции применяется источник питания, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, сварочная колонна и устройство формирования сварочных импульсов. Седьмая, восьмая и девятая операции проектного технологического процесса предусматривают сборку и прихватку

обечаек, обварку волнорезов, установку и прихватку днищ. Для выполнения этих операции применяется источник питания, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, сборочные приспособления и устройство формирования сварочных импульсов. Десятая операция проектного технологического процесса – сварка кольцевых швов. Для выполнения этой операции применяется сварочный стенд, вращатель, источник питания, газовая аппаратура, механизм подачи сварочной проволоки и устройство формирования сварочных импульсов. Одиннадцатая операция проектного технологического процесса – вырезка горловины. Для её выполнения применяется газопламенный резак. Двенадцатая операция проектного технологического процесса – контроль качества для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля, установка контроля на герметичность, катователь.

Для повышения эффективности сварки в среде защитных газов предлагается внедрить в производство разработку, предложенную отечественными исследователями-сварщиками, которая за счёт импульсного управления горением сварочной дуги позволяет повысить пространственную стабильность положения дуги и повысить качество формирования сварного шва.

Так как проектная технология предусматривает применение прогрессивных технологий, приходится считаться с дополнительными финансовыми и трудовыми затратами. При этом необходимо выполнить экономическое обоснование предлагаемых решений, от реализации которых в производстве экономический эффект должен быть положительным.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов. Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности.

Таблица 9 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	250 тыс.	1200 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$м^2$	150	150
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

## 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным  $D_p=277$ , при этом продолжительность рабочей смены составляет  $T_{см}=8$  часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину  $T_{п}=1$  час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет  $D_{п}=7$  дней. Для количества рабочих смен  $K_{см}=2$  рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$  часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени  $B=7\%$ :

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  часов.

### 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время  $t_{шт}$  включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время  $t_{маш}$ ), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время  $t_{всп}$ ), личный отдых (время отдыха  $t_{отд}$ ), подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$  и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания  $t_{обсл}$ ):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $t_{шт.баз} = 1,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3,15$  часа и  $t_{шт.проектн.} = 0,7 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,225$  часа.

Размер годовой программы  $\Pi_r$  рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\Pi_{r.баз.} = 2054/3,15 = 650$  конструкций для базового технологического процесса и  $\Pi_{r.пр.} = 2054/1,225 = 1670$  конструкций для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии  $\Pi_r = 400$  конструкций в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы  $K_{вн} = 1,03$ . Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $n_{расч} = 3,15 \cdot 400 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$  для базового варианта технологического процесса;  $n_{расч} = 1,225 \cdot 400 / (2054 \cdot 1,03) = 0,2$  для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем  $n=1$ . Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем  $n=1$ . На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_з$  для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $K_з = 0,6/1 = 0,6$  для базового варианта технологического процесса и  $K_з = 0,2/1 = 0,2$  для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования  $K_з$  для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

#### 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{ТЗ}$ , цены материалов  $C_M$  и нормы расходов материалов  $N_p$  по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} \cdot \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $M = 976 + 8611 = 9587$  рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы:  $M = 958 + 1240 + 1642 = 3840$  рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента доплат  $K_d$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_d = 1,88$ :

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $Z_{осн} = 31,5 \cdot 150 \cdot 1,88 = 8883$  рублей для базового варианта технологического процесса и  $Z_{осн} = 12,25 \cdot 150 \cdot 1,88 = 3455$  рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$  рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента доплат  $K_{доп}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{доп} = 12 \%$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину:  $Z_{\text{доп}} = 8883 \cdot 12 / 100 = 1066$  рублей для операций базового технологического процесса и  $Z_{\text{доп}} = 3455 \cdot 12 / 100 = 415$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ . Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\text{ФЗП} = 8883 + 1066 = 9949$  рублей для операций базового технологического процесса и  $\text{ФЗП} = 3455 + 415 = 3870$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды  $O_{\text{сн}}$  рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды  $K_{\text{сн}}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{\text{сн}} = 34 \%$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $O_{\text{сн}} = 9949 \cdot 34 / 100 = 3383$  рублей для операций базового технологического процесса и  $O_{\text{сн}} = 3870 \cdot 34 / 100 = 1316$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$  определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  и затрат на электрическую энергию  $P_3$ :

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

При вычислении амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  следует учитывать норму амортизации  $H_a$ , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет  $H_a = 21,5 \%$ . Также в расчёт включено машинное время  $t_{\text{маш}}$ , которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования  $F_3$  и цена оборудования  $C_{\text{об}}$ .

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 31,5 / 2054 / 100 = 824$  рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии:  $A_{об.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 12,25 / 2054 / 100 = 5129$  рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования  $M_{уст.}$ , КПД оборудования, машинного времени  $t_{маш}$  и стоимости электрической энергии для предприятий  $\Pi_{ээ}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $P_{ээ} = 31,5 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 3600$  рублей для базового варианта технологического процесса,  $P_{ээ} = 12,25 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 1844$  рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование:  $Z_{об} = 824 + 3600 = 3424$  рублей по базовому технологическому процессу и  $Z_{об} = 5129 + 1844 = 6973$  рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости  $C_{тех}$  определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы  $M$ , отчислений на социальные нужды  $O_{сн}$ , фонда заработной платы ФЗП и затрат на оборудование  $Z_{об}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{тех} = 9587 + 9949 + 1754 + 3424 = 24714$  рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса  $C_{тех} = 3840 + 3870 + 1316 + 6973 = 15999$  рублей.

Размер цеховой себестоимости  $C_{цех}$  определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости  $C_{тех}$ , коэффициента цеховых расходов  $K_{цех}$  и основной заработной платы  $Z_{осн}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{\text{цех}} = 24714 + 1,5 \cdot 8883 = 24714 + 13324 = 38038$  рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса  $C_{\text{цех}} = 15999 + 1,5 \cdot 3455 = 15999 + 5183 = 21182$  рублей.

Размер заводской себестоимости  $C_{\text{зав}}$  определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , коэффициента заводских расходов и основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $C_{\text{зав}} = 38038 + 1,15 \cdot 8883 = 38038 + 10215 = 48253$  рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса  $C_{\text{зав}} = 21182 + 1,15 \cdot 3455 = 21182 + 3973 = 25155$  рублей.

В таблице 10 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 10 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	9587	3840
2. Фонд заработной платы	ФЗП	9949	3870
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1754	1316
4. Затраты на оборудование	Зоб	3424	6973
6. Технологическая себестоимость	Стех	24714	15999
7. Цеховые расходы	Рцех	13324	5183
8. Цеховая себестоимость	Сцех	38038	21182
9. Заводские расходы	Рзав	10215	3973
10. Заводская себестоимость» [10]	Сзав	48253	25155

Данные, представленные в таблице 10, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

#### 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования  $K_p$  и остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об. б.}}$ .

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования  $\Pi_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_{\text{сл}}$  и нормы амортизационных отчислений  $N_a$ :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Pi_{\text{об. б.}} = 250000 - (250000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 142500$  рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3.б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 142500 \cdot 0,6 = 85500$  рублей.

Расчёт капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  и капитальных затрат на оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ :

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило  $K_{\text{ТЗ}}=1,05$ , цены оборудования  $\Pi_{\text{об}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_3$ :

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{3.п.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{об.пр.} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 252000$  рублей.

Величина сопутствующих затрат  $K_{соп}$  рассчитывается с учётом расходов на демонтаж  $P_{дем}$  оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж  $P_{мон}$  оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования  $K_{дем} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{дем} = 250000 \cdot 0,05 = 12500$  рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования  $K_{мон} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{монт} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000$  рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{соп} = 12500 + 60000 = 72500$  рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты  $K_{общ. пр.} = 252000 + 72500 = 324500$  рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений  $K_{доп}$  проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии  $K_{общ.пр}$  и капитальных затрат по базовой технологии  $K_{общ.б}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{доп}} = 324500 - 85500 = 239000$  рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы  $\Pi_r$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{уд}} = 85500/400 = 214$  рублей за единицу продукции по базовой технологии и  $K_{\text{уд}} = 324500/400 = 811$  рублей за единицу продукции по проектной технологии.

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости  $\Delta t_{\text{шт}}$  рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta t_{\text{шт}} = (31,5 - 12,25) \cdot 100 \% / 31,5 = 61 \%$ .

Повышение производительности  $\Pi_r$  рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Pi_r = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 156 \%$ .

Уменьшение технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$  рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta C_{\text{тех}} = (24714 - 15999) \cdot 100\% / 24714 = 35 \%$ .

Размер условно-годовой экономии  $\Pi_{\text{ож}}$  рассчитывается как

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_r . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{ож} = (48253 - 25155) \cdot 400 = 9239200$  рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий  $T_{ок}$  составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $T_{ок} = 239000 / 923920 = 0,3$  года.

Величина годового экономического эффекта  $\Delta_r$  рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta_r = 9239200 - 0,33 \cdot 239000 = 8450500$  рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества сварочных работ.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 8,45 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

## Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки цистерн для транспортировки топлива и нефтепродуктов.

Анализ базовой технологии позволил установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения сварочных работ при изготовлении цистерны. Первым недостатком является применение устаревшего сварочного оборудования. Вторым недостатком является малая степень механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций по базовому технологическому процессу сборки и сварки корпуса цистерны.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения эффективности сварки в среде защитных газов предлагается внедрить в производство разработку, предложенную отечественными исследователями-сварщиками, которая за счёт импульсного управления горением сварочной дуги позволяет повысить пространственную стабильность положения дуги и повысить качество формирования сварного шва.

Проектная технология сборки и сварки предусматривает выполнение ряда технологических операций, при которых в значительной мере применяются средства механизации и автоматизации.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 8,45 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества сварочных работ.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, на которых происходит сборка и сварка металлических цистерн.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1007871 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для сварки / Пирожков Е. Д., Чумак Л. Ф., Анкудинов В. А. № 3357427/25-27, заяв. 19.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. 3 с.
2. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Горбачёв С. В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 09Г2С в режиме сверхпластической деформации : диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005.
6. Ващенко И. П. Структура и свойства малоуглеродистых и низколегированных сталей // Вестник МГТУ. 2007. № 4. С. 558–560.
7. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М : Машиностроение. 1986. 172 с.
8. Еремин Е. Н., Кац В. С., Бородихин С. А. Оборудование для дуговой сварки под слоем флюса. Омск : ОмГТУ, 2018. 121 с.
9. Иванов А. И., Хусаинов Р. М., Мастобаев Б. Н. Развитие техники и технологий железнодорожного транспорта нефтепродуктов и углеводородного сырья в США // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 1. С. 43–48.
10. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

11. Коршак А. А., Шаммазов А. М. Основы нефтегазового дела. Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2022. 544 с.
12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
16. Моторин К. В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. Тольятти : ТГУ, 2019. 7 с.
17. Мямлин С.В., Бубнов В. М., Лавренко Д. Т. Тенденции в совершенствовании конструктивных схем железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2006. № 4. С. 138–140.
18. 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.
19. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнология, 2007. 192 с.
20. Протопопов Е. А., Вальтер А. И., Протопопов А. А. О возможности повышения ударной вязкости наплавленного низколегированными

сварочными проволоками металла // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. № 10. С. 37–48.

21. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

22. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.

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

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

25. Степанова Е. А., Малахов Р. В. Способы транспортировки нефте- и газовых продуктов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути решения. 2019. № 7. С. 89–93.

26. 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.

27. Gordon J. E., Jeong D. , Marquis B. P. Investigation of residual stresses in tank car shells in the vicinity of weld ends // Railroad Conference, 1997. P. 157–164.

28. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

29. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

30. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.

31. 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.