

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в

машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления днища вертикального  
резервуара

Студент

Н.Ш. Нурмаматов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – снижение трудоемкости при сварке днища вертикального резервуара.

Чтобы реализовать поставленную цель в выпускной квалификационной работе выполнены следующие задачи: разработаны рекомендации по совершенствованию технологического процесса сварки; разработан процесс механизированной сварки; выбрано оборудование для осуществления предлагаемого технологического процесса; разработаны мероприятия по защите рабочих, выполняющих сварку от вредных и опасных факторов технологии; выполнены необходимые расчеты по экономическому обоснованию.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки на операции выполнения сварных соединений коротких швов окраек. Механизация способа сварки позволяет повысить производительность выполнения сварочных работ.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 11824 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка содержит 50 листов, включая 13 рисунков и 11 таблиц. Графическая часть содержит 3 листа формата А1 и 2 листа формата А0.

## **Abstract**

The purpose of the final qualification work is to reduce the labor intensity when welding the bottom of a vertical tank.

In order to achieve this goal, the following tasks were performed in the final qualification work: recommendations for improving the welding process were developed; the process of mechanized welding was developed; equipment was selected for the implementation of the proposed technological process; measures were developed to protect workers performing welding from harmful and dangerous factors of the technology; the necessary calculations were made on the economic justification.

The design version of the technology involves the use of mechanized welding on the operation of performing welded joints of short seams of the edges. Mechanization of the welding method allows you to increase the productivity of welding operations.

The annual economic effect of implementing the project technology is 11824 rubles. The payback period for capital expenditures is 0.5 years.

The qualifying work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note contains 50 sheets, including 13 figures and 11 tables. The graphic part contains 3 sheets of A1 format and 2 sheets of A0 format.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	7
1.1 Вертикальные резервуары и их характеристики.....	7
1.2. Базовый технологический процесс сварки днища вертикального резервуара.....	9
1.3. Анализ возможных способов сварки днища резервуара.....	14
1.4 Задачи выпускной квалификационной работы .....	19
2 Технологический процесс механизированной сварки окраек.....	20
2.1 Выбор способа сварки.....	20
2.2 Разработка механизированного процесса сварки .....	21
2.3 Операции контроля сварных швов окраек.....	22
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	23
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	23
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	23
3.2 Идентификация профессиональных рисков .....	24
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	26
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	27
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	29
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии .....	31
4.1 Исходная информация для выполнения экономической .....	31
оценки предлагаемых технических решений .....	31
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	33
4.3 Расчёт штучного времени.....	34
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии .....	36
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .....	41
4.6 Показатели экономической эффективности.....	44

Заключение .....	47
Список используемой литературы и используемых источников.....	48

## Введение

Вертикальные цилиндрические резервуары нашли широкое распространение в промышленности. Объем такого резервуара может достигать свыше 100000 м<sup>3</sup>. Как правило, в таких резервуарах хранят нефть и продукты ее переработки. Однако при монтаже и сварке вертикальных цилиндрических резервуаров у специалистов в области сварочного производства возникает ряд трудностей.

Традиционная схема изготовления вертикальных цилиндрических резервуаров заключается в следующем. На предприятии в условиях цеха и применения автоматических методов сварки изготавливают корпус резервуара и элементы днища. Затем данные листовые конструкции рулонизируют и отправляют на место возведения будущего резервуара. На месте возведения рулоны разматывают и выполняют монтажные швы.

Если рассматривать центральное днище, то секции, сваренные на заводе соединяются в монтажных условиях технологией автоматической сварки. Обусловлен выбор способа автоматической сварки тем, что протяженность сварного соединения составляет нескольких десятков метров.

Однако сравнительно короткие сварные соединения окраек выполняются по технологии ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами [3]. При этом данный способ сварки характеризуется высокой трудоемкостью. По мере израсходования электрода приходится процесс сварки останавливать, заменять электрод и возобновлять процесс. На все это расходуется время. Кроме того, производительность данного способа невысока из-за того, что сварщику приходится контролировать скорость перемещения электрода по стыку, длину дуги, выполнять колебания электродом поперек шва.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, можно определить цель выпускной квалификационной работы - снижение трудоемкости при сварке днища вертикального резервуара.

## **1 Анализ исходных данных и известных технических решений**

### **1.1 Вертикальные резервуары и их характеристики**

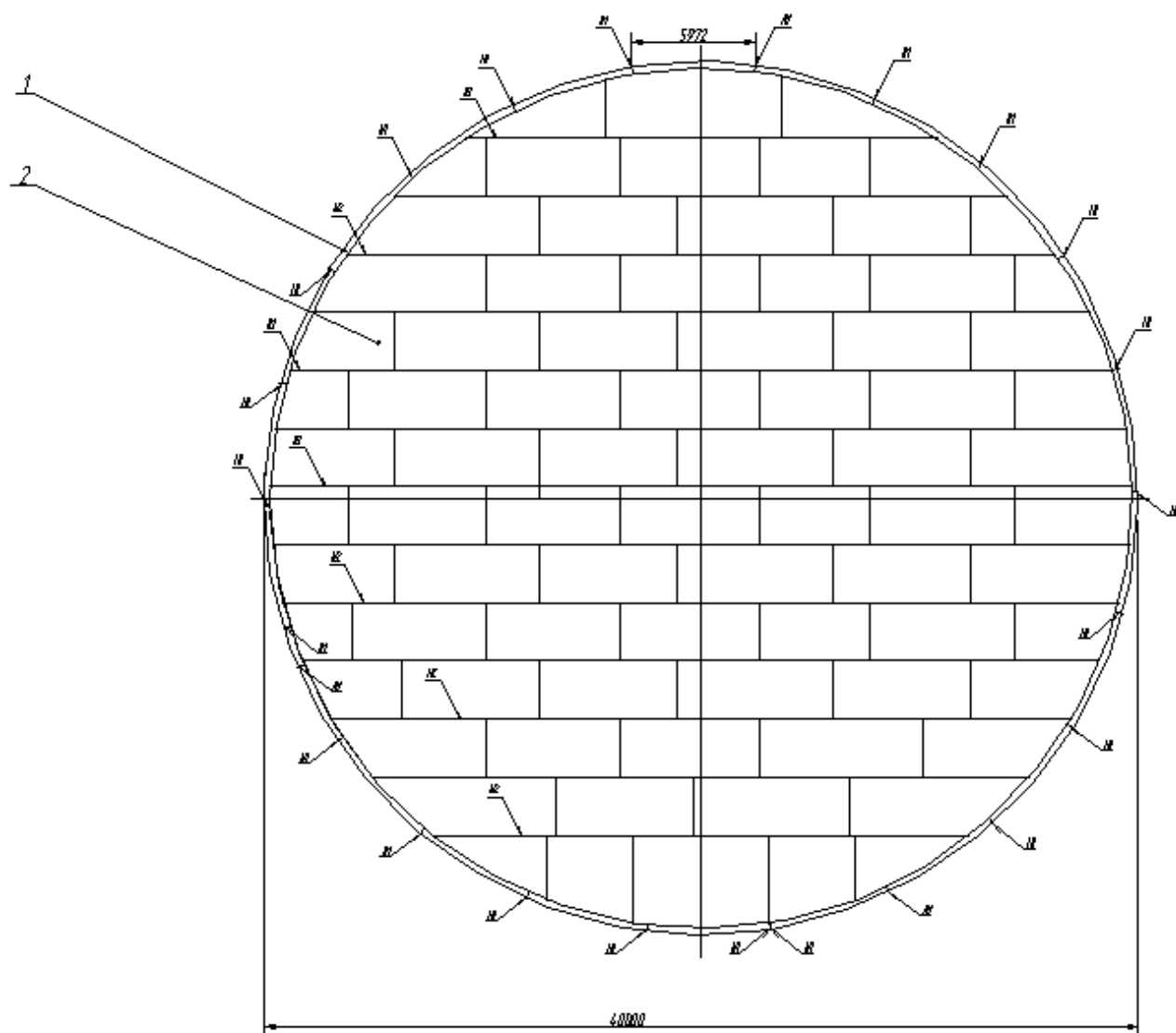
Вертикальные цилиндрические резервуары широко применяют для хранения нефти и нефтепродуктов, рисунок 1. Основные элементы таких резервуаров – днище, корпус, крыша.



Рисунок 1 - Общий вид вертикального резервуара

Однако резервуары еще комплектуются таким оборудованием как: дыхательные клапана; аварийные клапана; пробоотборники; различные люки; лестницы; устройства пожаротушения.

В данной работе рассмотрено изготовление днища резервуара, рисунок 1.2. При этом в монтажных условиях выполняются сварные швы, соединяющие между собой элементы днища центрального, позиция 2, автоматическая сварка под слоем флюса, и окраек, позиция 1, ручная дуговая штучными покрытыми электродами, таблица 1.



1 – Окрайки, 2 – Центральное днище

Рисунок 2 – Днище резервуара вертикального

Таблица 1 – Монтажные сварные швы

Номер шва	Обозначение	Протяженность шва, мм
1	ГОСТ 5264-80 С10	6125
2	ГОСТ 8713-79 Н1- $\triangle 6$	228100

Элементы днища вертикального цилиндрического резервуара выполняются из стали 09Г2С – конструкционной низколегированной стали, химический состав и механические свойства приведены в таблицах 2 и 3.

Характеристики стали 09Г2С обусловили широкое ее применение при изготовлении металлических конструкций. Сварные конструкции из стали



09Г2С могут продолжительное время работать под давлением при температуре окружающего воздуха от -70 до + 425 °С.

Таблица 2 – Химический состав в % стали 09Г2С (Fe – остальное)

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 3 – Механические свойства стали 09Г2С при температуре 20°С

Сортамент	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями, сварные конструкции из стали 09Г2С имеют меньшую стойкость против кристаллизационных трещин. Это объясняется действием углерода, марганца и кремния. Повышение стойкости против кристаллизационных трещин достигается уменьшением в металле шва серы и углерода. Для этого необходимо применять сварочную проволоку со сниженным содержанием серы и углерода [5].

При количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале.

Если рассматривать содержание химических элементов, см. табл. 1.2, то сталь 09Г2С обладает хорошей свариваемостью.

## **1.2. Базовый технологический процесс сварки днища вертикального резервуара**

Изготовленные в заводских условиях рулонированные элементы днища поступают на монтажную площадку. Важным моментом в подготовке площадки к монтажу днища является выполнение геодезических работ.

Укладка днища резервуара производится на песчаное основание [2]. При этом производятся работы по разбивке осей резервуара, отметке его центра. Для обозначения центра резервуара забивается труба диаметром 40

мм на глубину 500-600 мм. Выравнивается поверхность по уровню, причем поверхность должна быть ровная, отклонение по высоте 3 мм на 9 м.

По выполненным геодезическим работам составляется Акт приема основания и фундамента.

Но работа геодезистов при этом не заканчивается. При монтаже и сварке днища они контролируют соответствие геометрических параметров днища проекту.

После выполнения операций геодезического контроля подготовленного фундамента выполняются операции входного контроля. Специалист, выполняющий входной контроль должен соответствовать определенным требованиям. У него должны быть соответствующие квалификационные документы и полномочия. Должны быть обеспечены условия для проведения визуально-измерительных операций входного контроля. Обеспечена возможность подхода к месту контроля, обеспечен уровень освещения не менее 500 Лк. Иногда могут понадобиться вышки, люльки и прочее оборудование.

По результатам входного контроля ведется журнал.

Выполняется входной контроль элементов металлоконструкции. При проведении входного контроля элементов днища производится проверка марки стали, наличие поверхностных дефектов на элементах днища, геометрические параметры элементов днища, параметры кромок, разделанных под сварку.

Если с металлоконструкцией все в порядке, оформляется акт ее приемки, если она не соответствует требованиям – оформляется дефектная ведомость.

Помимо входного контроля металлоконструкций производится входной контроль сварочных материалов. Контролируется флюс, защитный газ, электроды, сварочная проволока.

После выполнения операций контроля необходимо выполнить операцию сборки листов окраек. Схема строповки окраек показана на рисунке 3 и 4.

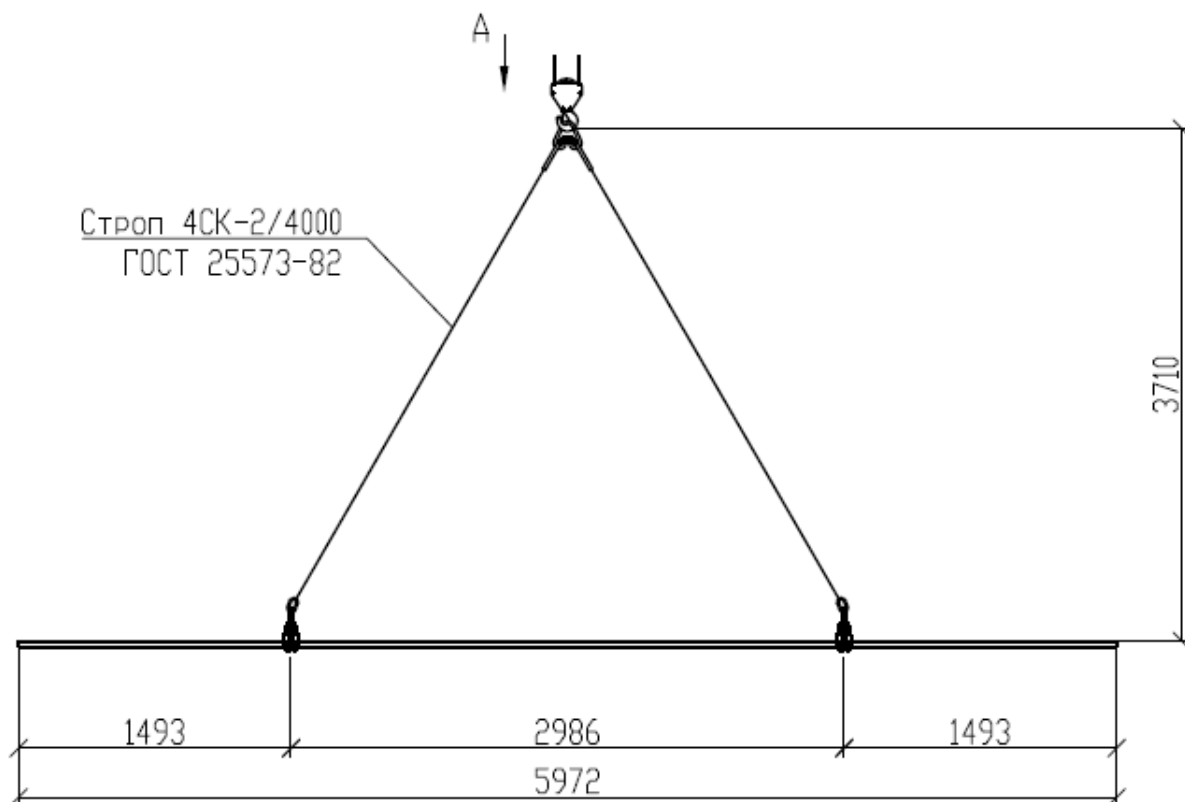


Рисунок 3 – Строповка краечных листов

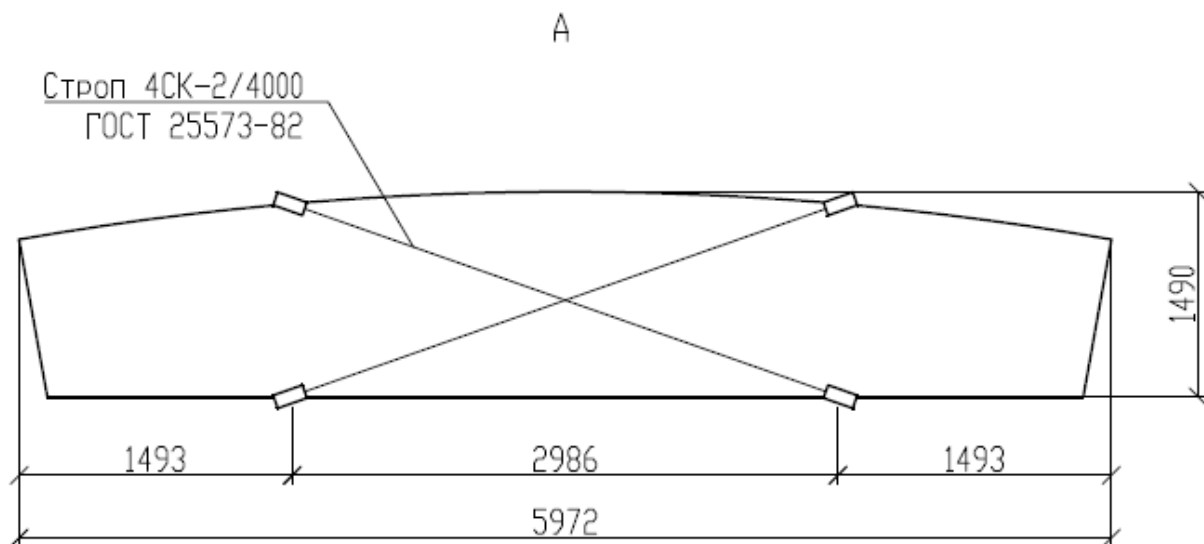


Рисунок 4 – Строповка краечных листов, вид А

В отличие от сварки центральной части днища при сварке краек применяется сварка ручная дуговая штучными электродами. При этом необходимо одновременно выполнять сварные швы нескольким сварщикам. Выполняются сварные швы диаметрально противоположно относительно друг друга, и по часовой стрелке, рисунок 5.

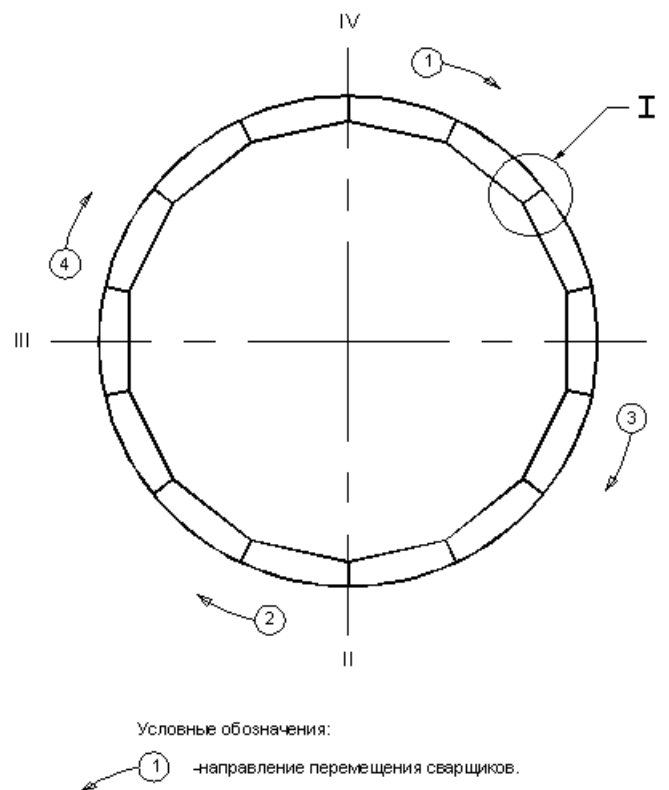


Рисунок 5 – Схема выполнения сварных швов

Сварные соединения выполняют в два этапа, рисунок 1.6.

Первый этап: выполняют сварку участка длиной от 200...250 мм в зоне стыка днища с листами стенки.

Второй этап выполняют после сварки вертикальных швов первого пояса стенки. Недоваренные участки сварных соединений доводят до конца.

Поскольку толщина листов окраек составляет 12 мм сварные швы выполняют в два слоя, рисунок 7.

Сварку стыков выполняют технологическими участками длиной по 200... 300 мм со смещением начала каждого участка прохода на величину от 25 до 30 мм, рисунок 8. Режимы сварки шва номер 1, см. рис. 2., отражены в таблице 4.

После положительного результата контроля разворачивают рулоны днища, обеспечивают нахлесточное соединение, рисунок 9, и запускают сварочный трактор для выполнения сварного шва автоматической сваркой под слоем флюса. Выставляют в заданное положение горелку. Проверяют количество проволоки в бухте и флюса в бункере. Включают подачу флюса, Ан-348А, зажигают дугу и выполняют сварной шов. Сила тока при сварке в пределах 670-700 А, скорость сварки 50-55 см/мин, напряжение на дуге 40-

45 В, скорость подачи сварочной проволоки 220-250 см/мин, диаметр проволоки Св08А 3 мм.

Таблица 4 – Режимы сварки стыков окраек.

Слой шва	Род тока (полярность)	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр электрода, Мм
Корневой	Постоянный (обратная)	120-140	20-21	3
Заполняющий	Постоянный (обратная)	190-210	20-21	4
Облицовочный	Постоянный (обратная)	190-230	22-24	4

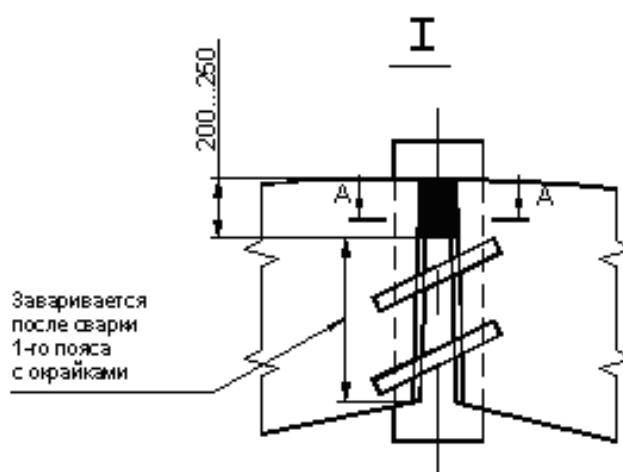


Рисунок 6 – Последовательность сварки

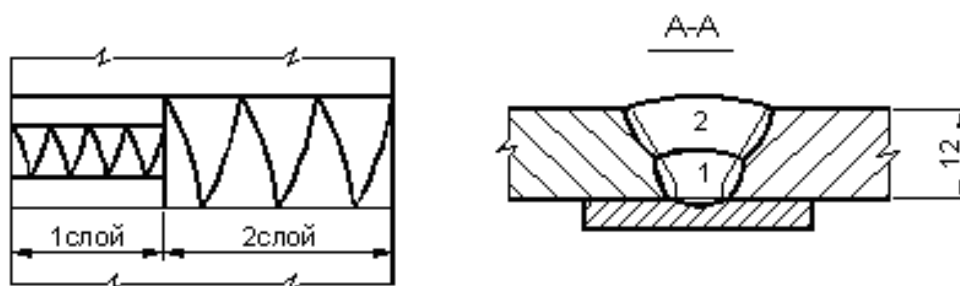


Рисунок 7 – Схема сварки в 2 слоя.

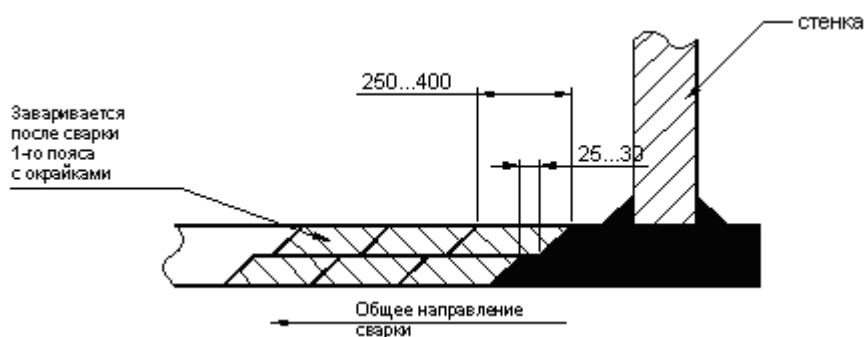


Рисунок 8 – Нахлестка швов

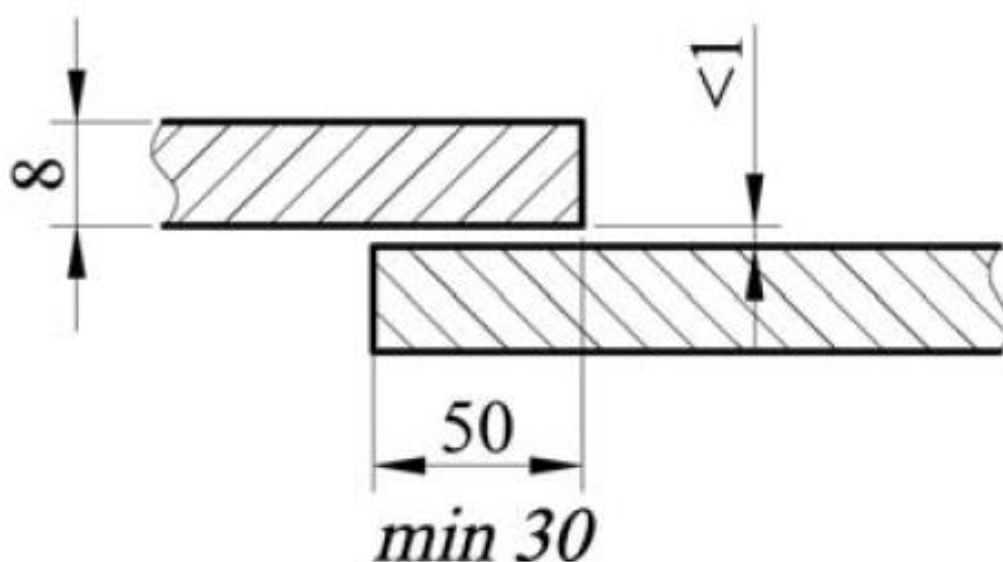


Рисунок 9 - Общий вид нахлесточного соединения.

Рассмотрим применяемые способы, проанализируем их достоинства и недостатки. Также рассмотрим возможные способы сварки дна.

### 1.3. Анализ возможных способов сварки дна резервуара

Если рассмотреть классификацию способов сварки согласно ГОСТ 19521-74 «Сварка металлов. Классификация», сварка классифицируется по группам признаков на физические, технические и технологические. По физическим группам признаков сварка подразделяется на классы: термический, термомеханический и механический. Если рассмотреть термический класс сварки, то он может быть реализован посредством таких видов сварки как: дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменно-

лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная [24].

Однако не все перечисленные виды могут быть применены к сварке днища резервуара. Например, для варианта электрошлаковой сварки не подходят толщины и пространственное положение сварного шва. Для реализации варианта электронно-лучевой сварки необходима вакуумная камера с габаритами внутреннего пространства превышающими размеры днища – десятки метров. Наиболее подходящим вариантом сварки является дуговая. Однако она может быть реализована несколькими способами.

В настоящее время применяются при сварке днища два способа электродуговой сварки: сварка покрытыми штучными электродами швов малой протяженности при соединении между собой окраек и центрального днища, рисунок 1.10. Для сварки протяженных швов центрального днища применяется автоматическая под слоем флюса.

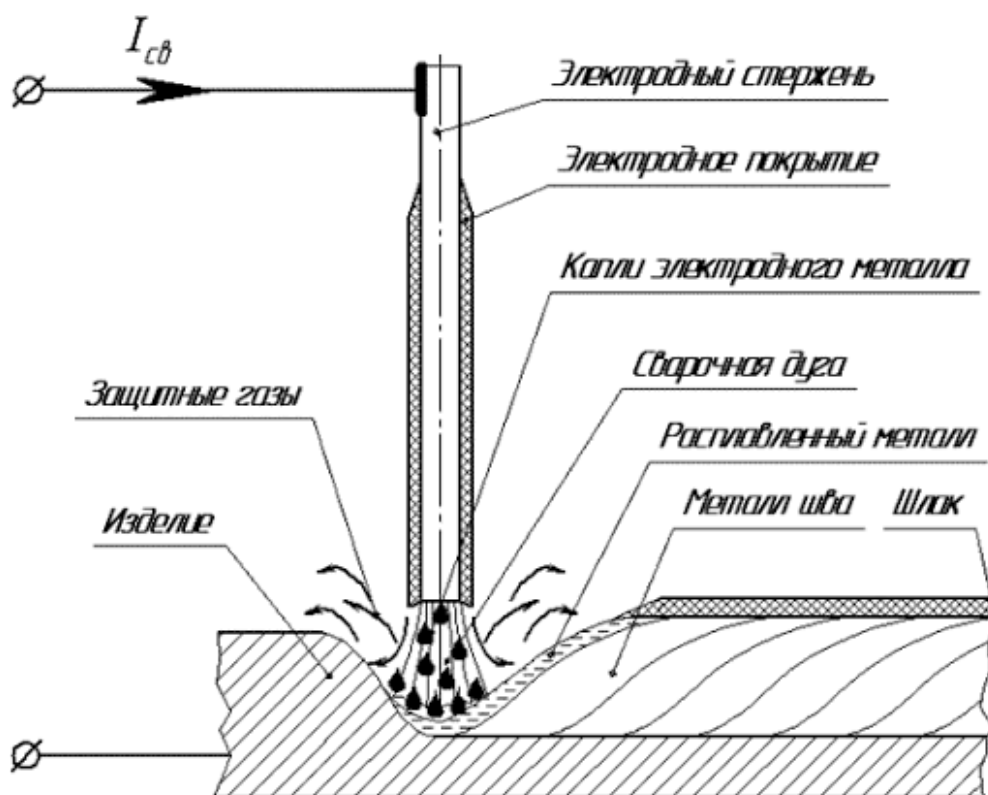


Рисунок 10 – Схема сварки покрытыми электродами

Рассмотрим подробнее сварку штучными электродами. Ручная электродуговая сварка штучными электродами применяется при выполнении

коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями [26]. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [2, 25].

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостатком следует признать зависимость качества сварки от профессионализма и кондиции сварщика [27].

Один из недостатков сварки штучными электродами, такой как низкая производительность, устраняется применением механизации процесса подачи присадочного материала в зону горения дуги.

Механизированную сварку производят на постоянном токе, полярность обратная, рисунок 1.11.

Электродную проволоку выбирают исходя из условий работы детали. Чаще всего это проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния [26]. Это нужно для обеспечения одинакового химического состава наплавленного валика сварного шва и основного металла.



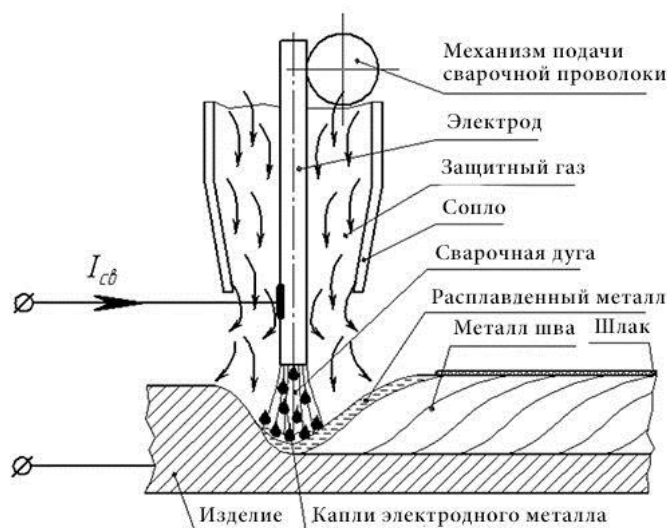


Рисунок 11 – Схема осуществления механизированной сварки в среде защитного газа

Марганец и кремний в результате их высокого сродства к кислороду выгорают. Скорость сварки выбирается исходя из геометрических параметров детали (толщины изделия).

Достоинства сварки в защитном газе: меньшее проплавление основного металла и как следствие более однородная структура металла шва, эксплуатационные характеристики наплавленного металла на порядок выше, чем при наплавке с помощью покрытых электродов, возможность проводить процесс сварки в различных пространственных положениях, высокая степень производительности и механизации [24].

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: 1) наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика); 2) повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла); 3) низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин); 4) Высокие требования к настройке оборудования.

Главным достоинством сварки неплавящимся электродом, рисунок 12, является высокая степень концентрация тепловой энергии в дуге [30]. Другим достоинством является возможность автоматизации процесса сварки.

К третьему достоинству следует отнести низкое разбрызгивание присадочного металла.

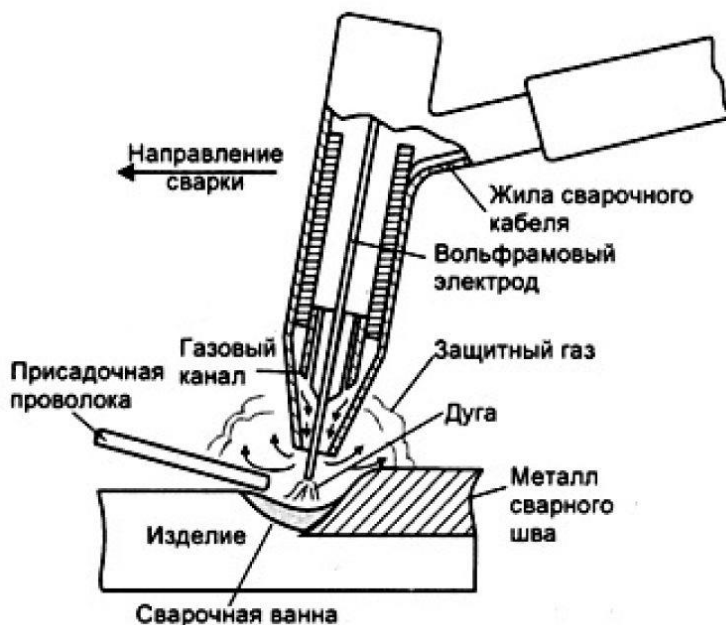


Рисунок 12 - Схема осуществления сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа

Недостатки способа: 1) высокая стоимость расходных материалов. 2) необходимость применения специального оборудования. 3) требование высокой квалификации сварщика.

При выполнении сварных швов днища центральным способом сварки под флюсом, рисунок 1.13, в результате нагрева от горячей между изделием и проволокой сварочной дуги образуется ванна расплавленного металла, которая защищается слоем шлака (расплавленного флюса). Этот слой не только обеспечивает газовую защиту расплавленного и перегретого металла от воздействия воздуха, но и устраняет разбрызгивание, повышает эффективность нагрева металла от сварочной дуги [29].

Сопоставительный анализ возможных способов сварки позволяет сделать вывод о том, что для выполнения протяженных швов лучше оставить применяемый способ автоматической сварки под флюсом. Для выполнения коротких швов применим механизированную сварку.

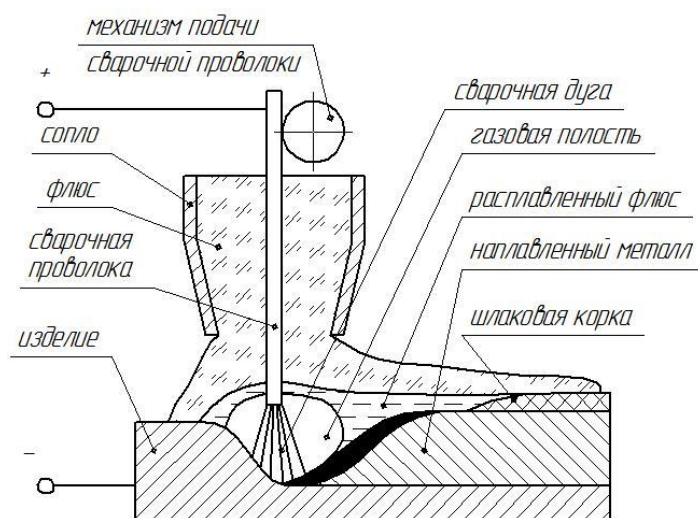


Рисунок 13 – Схема осуществления автоматической сварки под флюсом

#### 1.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Анализ базового технологического процесса сварки днища резервуара показал, что у него есть минусы. Главный из которых - высокая трудоемкость из-за низкой степени механизации и автоматизации процесса сварки РСДПЭ, применяемого для соединения окраек и центрального днища между собой. Таким образом, для достижения поставленной в проекте цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать рекомендации по совершенствованию технологического процесса сварки.
2. Разработать процесс механизированной сварки.
3. Выбрать оборудование для осуществления предлагаемого технологического процесса;
4. Разработать мероприятия по защите рабочих, выполняющих сварку от вредных и опасных факторов технологии;
5. Выполнить необходимые расчеты по экономическому обоснованию.

## 2 Технологический процесс механизированной сварки окраек

### 2.1 Выбор способа сварки

На основании анализа конструктивных особенностей днища резервуара вертикального, а также с учетом анализа свариваемости материала, и анализа возможных способов сварки, выполненных в разделе 1 делаем вывод, что для выполнения коротких сварных швов необходимо применить механизированную сварку. Данный вариант позволит снизить трудоемкость и повысить производительность сварочных работ.

Таким образом, разработанный технологический процесс сварки окраек днища предусматривает механизированную сварку согласно ГОСТ 14771-76 проволокой сплошного сечения в углекислом газе.

Анализ позволяет остановить выбор на полуавтомате Aurora SPEEDWAY 250, рисунок 16.



Рисунок 16 – Полуавтомат сварочный Aurora SPEEDWAY 250  
Это инверторный полуавтомат. Сварочный ток (MIG/MAG) составляет

40-250 А, что нас устраивает, ПВ – 30%. Вес 23 кг, и катушка для проволоки встроенная, а это значит, что его можно легко перемещать, важно это, так как диаметр днища значителен. Этот полуавтомат обеспечивает сварку в заданной среде, обеспечивает сварку заданным по технологии диаметром сварочной проволоки и с требуемой по технологии силой сварочного тока. Длина шланга данного автомата обеспечит сварку деталей нашего габарита.

## 2.2 Разработка механизированного процесса сварки

Для минимизации деформаций днища резервуара вертикального требуется одновременная работа нескольких сварщиков. Рекомендуется работа четырех сварщиков. Располагаются сварщики диаметрально противоположно друг относительно друга, и выполняют сварку по часовой стрелке, синхронно, рисунок 17.

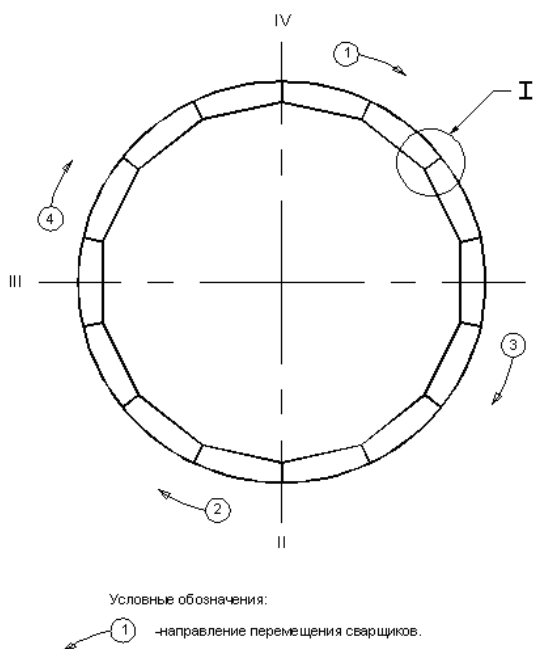


Рисунок 17 – Схема выполнения сварных швов

Сварку выполняют поэтапно, см. рис. 6 На первом этапе выполняется сварка участка длиной от 200 до 250 мм в области стыка днища с вертикальной стенкой резервуара. Толщина листов окраек составляет 12 мм. Режимы механизированной сварки отражены в таблице 5.

Сварные швы выполняют в два слоя, см. рис. 7.

Таблица 5 – Режимы механизированной сварки стыков окраек

Слой шва	Род тока (полярность)	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, см/мин	Подача проволоки м/час	Вылет электрода, мм
Корневой	Постоянный (обратная)	190-210	20-21	14 – 16	140-150	15-28
Заполняющий	Постоянный (обратная)	190-210	20-21	12-16	150-160	12-20
Облицовочный	Постоянный (обратная)	190-230	22-24	15-20	150-160	10-15

Расход углекислого газа при сварке корневого слоя 8-10 л/мин, при сварке заполняющего и облицовочного слоя 12-14 л/мин. Диаметр сварочной проволоки 1,2 мм, проволока Св-08ГА

После подъема стенки в вертикальное положение, разворачивания ее, и выполнения всех необходимых сварочных и монтажных работ выполняется следующий этап. Недоваренные участки сварных швов доваривают до конца. Режимы сварки – согласно таблице 5.

Сварку стыков выполняют технологическими участками длиной по 200... 300 мм со смещением начала каждого участка прохода на величину от 25 до 30 мм, см. рис. 5.

### 2.3 Операции контроля сварных швов окраек

Операционный контроль предусмотрен визуально-измерительный и капиллярный. Для выполнения визуально-измерительного контроля нужно осмотреть сварные швы, измерить их геометрические характеристики с помощью УШС 3. По геометрии швы должны соответствовать требованиям нормативной документации. Недопустимыми дефектами являются трещины, напоровы, прожоги. Помимо визуально-измерительного контроля также выполняется капиллярный контроль. Наносится индикаторная жидкость, делается пауза и наносится проявитель. Длительность процесса проявления составляет 10-30 минут.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при сварке днища вертикального резервуара, в частности получения сварных соединений малой протяженности, соединяющих окрайки между собой. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки с применением источника питания сварочной дуги Aurora SPEEDWAY 250. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 6: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); 2) сборочная операция (для выполнения операции применяются стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, рулетка); 3) предварительная сварка (для выполнения операции применяются струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); 4) окончательная сварка после разворачивания стенки резервуара (для выполнения операции применяются сварочный источник питания, сварочная

провода, защитный газ, зачистная машинка); 5) контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, набор для проведения капиллярного контроля).

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) сборочная операция	Слесарь-сборщик	стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, рулетка	Рукавицы
3) предварительная сварка	Электросварщик	струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, зачистная машинка	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) окончательная сварка	Электросварщик	сварочный полуавтомат, сварочный источник питания	Рукавицы сварочная проволока, защитный газ,
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, набор капиллярного контроля	Кисточка, жидкости №1 и №2

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 7. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового



процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стреловой кран;</li> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
2) сборочная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стреловой кран;</li> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
3) предварительная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- струбцины;</li> <li>- угольник;</li> <li>- линейка;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>- зачистная машинка;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>

## Продолжение таблицы 7

1	2	3
4) окончательная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный полуавтомат;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>
5) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек;</li> <li>2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности</li> </ul>	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону;</li> <li>2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек</li> </ul>	Спецодежда

## Продолжение таблицы 8

1	2	3
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) токсичность применяемых растворов №1 и №2	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 10.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти

средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, кран стреловой, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 10 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 11.

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки днища резервуара (механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 12 этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 13 от этих факторов.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка днища резервуара, механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек индикаторных жидкостей при проведении капиллярного контроля.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки днища вертикального резервуара позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). Предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности сварки днища вертикального резервуара применить современные достижения сварочной науки в области механизации процесса сварки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе полуавтомата Aurora SPEEDWAY 250. Это инверторный полуавтомат моноблочного типа.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу ММА. Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки. Впоследствии сварные соединения днища эксплуатируются без образования сквозных дефектов большой срок.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции днища резервуара.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой 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
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	100	100
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_d$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	15000	75000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02



#### Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{экп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{пл}$	$P/m^2$	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha.пл.$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
- коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{см} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{п} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{п} = 1$  час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени  $B = 7 \%$ :

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время  $t_{шт}$  является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени  $t_{маш}$ ; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени  $t_{всп}$ ; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования)  $t_{обсл}$ ; времени  $t_{отд}$  на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени  $t_{п-з}$ :

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТД} + t_{П-З}. \quad (3)$$

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва, коэффициента наплавки и величины сварочного тока.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_o = \frac{60 \cdot M_{напл.мет} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_{напл}}, \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

$$t_{машб} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,05 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

$$t_{машпр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,025 \text{ час} = 1,5 \text{ мин.}$$

Штучное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{штб} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин} = 0,062 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,5 + 0,15 + 0,09 + 0,075 + 0,015 = 1,83 \text{ мин.} = 0,0305 \text{ час.}$$

Годовая программа  $P_{Г}$  выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени  $F_{Э}$  и согласно (3) штучного времени  $t_{шт}$ :

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $P_{Г}=500$  стыков окраек в год.

При этом необходимое количество  $n_{об.расч}$  оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента  $K_{вн}$  выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ ):

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{F_{Э} \cdot 60} \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования  $n_{расч}$  для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 \cdot 3,72}{1812 \cdot 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 \cdot 1,83}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

Необходимое количество оборудования  $n_{пр}$ , которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ( $n_{пр} = 1$ ). Коэффициент  $K_3$  загрузки оборудования в этом случае составит:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки  $K_3$  для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012.$$

#### **4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии**

При получении сварных соединений деталей днища резервуара вертикального требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии комбинированный технологический процесс сварки балки характеризуется расходом штучных электродов по способу ММА. Разработанный и предлагаемый к применению технологический

процесс на базе способа MIG/MAG характеризуется расходом защитной смеси газов и сварочной проволоки.

Затраты  $M$  на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{ТЗ}$  транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{ТЗ}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$3M_{\bar{o}} = 9,99 \text{ руб.}$$

$$3M_{np} = 15,66 + 0,55 = 6,21 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы  $З_{осн}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента  $K_d$  доплат:

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot k_{зпл} \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$З_{оснБАЗ} = 0,060 \cdot 100 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$З_{оснПР} = 0,03 \cdot 100 \cdot 1,79 = 4,55 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы  $З_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы  $З_{осн}$  и коэффициента  $K_{доп}$  дополнительных доплат ( $K_{доп} = 12 \%$ ):

$$З_{доп} = \frac{K_{доп}}{100} \cdot З_{осн} \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$ЗПЛ_{\text{ДОПБАЗ}} = 10,23 \cdot 10 / 100 = 1,02 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{\text{ДОППР}} = 4,55 \cdot 10 / 100 = 0,45 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП$  вычисляется как сумма основной  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{БАЗ}} = 10,23 + 1,02 = 11,25 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{ПР}} = 4,55 + 0,45 = 5,00 \text{ руб.}$$

Объём отчислений  $O_{\text{сн}}$  из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента  $K_{\text{сн}}$  отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{снБАЗ}} = 11,25 \cdot 30 / 100 = 3,37 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{снПР}} = 5,00 \cdot 30 / 100 = 1,50 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{\text{об}}$  на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат  $A_{\text{об}}$  на амортизацию и  $P_{\text{эз}}$  на электрическую энергию:

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

Величина  $A_{\text{об}}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{\text{об}}$ , нормы амортизации  $H_{\text{а}}$ , машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , и эффективного фонда времени  $F_{\text{э}}$  с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{Е_{э} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{ОБ}^Б = \frac{40000 \cdot 3,72 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{ОБ}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 1,83 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,21 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{э}$  на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{уст}$ , цены электрической энергии  $Ц_{э}$  для предприятий, машинного времени  $t_{маш}$  и  $KПД$  оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{Э-ЭБАЗ} = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

$$Z_{Э-ЭПР} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{об_{баз.}} = 0,24 + 0,77 = 1,01 \text{ руб.},$$

$$Z_{об_{проектн.}} = 0,21 + 0,63 = 0,84 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость  $C_{\text{тех}}$  рассчитывается как сумма затрат на материалы  $M$ , фонда заработной платы  $\PhiЗП$ , отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$  и затрат на оборудование  $З_{\text{об}}$ :

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{об}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 11,25 + 3,37 + 1,01 = 25,62 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6,21 + 5,00 + 1,50 + 0,84 = 13,55 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость  $C_{\text{цех}}$  рассчитывается с учётом технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $З_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{цех}}$  цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 25,62 + 1,5 \cdot 10,23 = 25,62 + 15,34 = 40,96 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 13,55 + 1,5 \cdot 4,55 = 13,55 + 6,82 = 20,37 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость  $C_{\text{зав}}$  рассчитывается с учётом цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , основной заработной платы  $З_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{зав}}$  заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:



$$C_{ЗАВБаз.} = 40,96 + 1,15 \cdot 10,23 = 40,96 + 11,76 = 52,69 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 20,37 + 1,15 \cdot 4,55 = 20,37 + 5,23 = 25,60 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки балки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>М</i>	9,99	6,21
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	11,25	5,00
3. Отчисления на соц. нужды	<i>ОСН</i>	3,37	1,50
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,01	0,84
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	25,62	13,55
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	15,34	6,82
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	40,96	20,37
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	11,76	5,23
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	52,69	25,60

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $Ц_{\text{об.б.}}$ , коэффициента загрузки оборудования  $K_{з. б.}$  рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость  $Ц_{\text{об.б.}}$  оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования  $Ц_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_c$  и нормы амортизации  $H_a$  оборудования:

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5/100) = 8550 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,027 = 230 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. пр.}}$  для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ , вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих вложений  $K_{\text{соп.}}$ :

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

Капитальные вложения  $K_{\text{об. пр.}}$  в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования  $C_{\text{об. пр.}}$ , коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{\text{тз}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{зп}}$  по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 75000 \cdot 1,05 \cdot 0,012 = 945 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения  $K_{\text{соп.}}$  по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  базового оборудования и расходов на монтаж  $K_{\text{монт}}$  проектного оборудования:

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

Расходы на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  и монтаж  $K_{\text{монт}}$  рассчитываем с учётом стоимости оборудования  $Ц_{\text{б}}$  и  $Ц_{\text{пр}}$  по базовому и проектному вариантам, коэффициентов  $K_{\text{д}}$  и  $K_{\text{м}}$  на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3750 = 4500 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр}} = 945 + 4500 = 5445 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{доп}}$  рассчитываем исходя из капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  и  $K_{\text{общ. б.}}$  для проектного и базового вариантов технологии:

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

$$K_{\text{доп}} = 5445 - 230 = 5215 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений  $K_{\text{уд}}$  рассчитываем с учётом годовой программы  $П_{\text{г}}$ :

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{П_{\text{г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 230/500 = 0,46 \text{ руб./ед.}; K_{удПроектн.} = 52154/500 = 10,43 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени  $t_{шт.б.}$  и  $t_{шт.пр.}$  по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,062 - 0,030}{0,062} \cdot 100\% = 51\%$$

Расчёт повышения производительности труда  $\Pi_T$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$ :

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 51}{100 - 51} = 104\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{тех}$  при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{TECH} = \frac{25,62 - 13,55}{25,62} \cdot 100\% = 47\%$$

Расчёт условно-годовой экономии  $Pr_{ож}$  (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left( C_{зав}^{\bar{б}} - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_{Г} \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (52,69 - 25,60) \cdot 500 = 13545 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости  $T_{ок}$  дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

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

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{ок} = \frac{5215}{13545} \approx 0,5 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_{г}$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

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

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_{г} = 13545 - 0,33 \cdot 5215 = 11824 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии сборки и сварки днища резервуара вертикального применяется два способа сварки – автоматическая под слоем флюса и ручная дуговая штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения - механизированной – для сварки швов малой длины (окраек) и автоматической – для сварки протяжённых швов.

Такая замена способа сварки при получении сварных соединений окраек позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 51%, повышение производительности труда на 104 %, уменьшение технологической себестоимости на 47%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 13545 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 11824 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

Был выполнен анализ альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при изготовлении днища резервуара, были рассмотрены способы дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов, сварка неплавящимся электродом, автоматическая сварка под слоем флюса. Рассмотрены в сравнении достоинства и недостатки перечисленных способов сварки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений предложено оставить применяемый в базовой технологии способ автоматической сварки под слоем флюса для выполнения протяженных сварных швов центрального днища.

Для снижения трудоемкости при выполнении коротких сварных швов окраек днища предложено механизировать процесс сварки.

Разработанный технологически процесс сварки окраек включает в себя операции входного контроля соединяемых деталей и вспомогательных сварочных материалов. Затем выполняются подготовительные операции, такие как зачистка и обезжиривание. Затем следует операция сборки. После чего механизированной сваркой выполняются сварные соединения одновременно несколькими сварщиками, работающими диаметрально противоположно друг от друга. Швы выполняются поэтапно. Сначала выполняют сварку участка длиной от 200 до 250 мм в зоне стыка днища с листами стенки. Выполняют контроль полученных сварных соединений. Затем, после того, как выполнены вертикальные швы первого пояса стенки, возобновляют сварку оставшихся недоваренных участков швов и доводят их до конца.

Применение механизированной сварки позволяет уменьшить трудоемкость выполнения сварных швов окраек между собой и центральным днищем. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 11824 рублей. Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
4. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
5. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
7. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2016. 91 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
11. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.



12. Егорова Г.Г., Кручинина Н.В. Механическое сварочное оборудование: Каталог. М.: НИИмаш. 1980. 68 с.
13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
14. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
15. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
19. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ. 2011. 184 с.
20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
21. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.
22. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
23. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).

24. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

25. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

26. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

28. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

29. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

30. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.