

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 кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему Технология сварки шаровых резервуаров

Студент	<u>Д.А. Сявась</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>К.В. Моторин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Цель данной работы – повышение производительности и качества при изготовлении шарового резервуара для хранения хлора из сплава 15Х18Н12С4ТЮ.

Для достижения цели в работе были решены следующие задачи: разработан технологический процесс полуавтоматической сварки; выбрано оборудование с помощью которого был реализован технологический процесс; выбран способ сварки; учли действия по защите жизни и здоровья производственных рабочих, которые взаимодействуют с технологическим процессом; был исполнен расчет экономической части, которая поспособствовала эффективности предложенных технических мероприятий.

При разработке данной дипломной работы был произведён анализ технологии сварки шаровых резервуаров. В результате были внесены коррективы по улучшению производительности труда за счет изменения процесса сборки, что в следствии облегчит процесс монтажа шарового резервуара.

Чтобы осуществить тех процесс сварки было выбрано оборудование СЭЛМА ПДГО-601 и ВДУ-601.

К тому же, были разработаны мероприятия по безопасному производству работ, а так же решили вопрос экономической эффективности.

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных решений при изготовлении шаровых резервуаров	6
1.1 Описание шаровых резервуаров	6
1.2 Анализ свойств материала шарового резервуара	7
1.3 Базовый технологический процесс изготовления шарового резервуара	9
1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления	14
1.5 Задачи бакалаврской работы	15
2 Разработка технологического процесса сварки	16
2.1 Выбор варианта сварки	16
2.2 Разработка технологии ручной дуговой сварки.	17
2.3 Выбор рациональных размеров резервуара	25
2.4 Расчет толщины стенки поясов	26
2.5 Подсчет длины кольцевых и меридиальных швов	28
2.6 Контрольный расчет кольцевого и меридиальных швов	29
2.7 Расчет стенки резервуара на устойчивость	30
2.8 Расчет опор резервуара	31
3 Выбор оборудования для полуавтоматической сварки	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта	43
4.1 Конструктивно- технологическая характеристика объекта	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.	46
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	48
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	49
5 Экономическая эффективность работы	51

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов	51
5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки	53
5.3 Капитальные вложения в оборудование	54
5.4 Расчет себестоимости вариантов восстановления изделия	57
5.5 Определение показателей экономической эффективности разработанной технологии	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	67
ПРИЛОЖЕНИЕ	70

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проекта заключается в том, что конструкция «Шаровой резервуар» в полной мере востребованна и исходя из этого проектирование технологического процесса, частичная их сборка будет проходить на частном предприятии заводского типа так как они габаритны, окончательную сборку, монтаж и сварку будет происходить на специальной оборудованной площадке на уличном пространстве.

Спроектировать методику изготовления «Шарового резервуара», не является столь легкой задачей, так как нужно довольно детально проанализировать технологический процесс. Ко всему прочему маршруты сборки и сварки могут быть различными.

В данной работе есть необходимость указать самый актуальный процесс изготовления данной конструкции, с учетом имеющегося технологического оборудования в данной компании и уменьшения стоимости разработки конструкции «Шарового резервуара».

Задачи данной бакалаврской работы:

- разработать техпроцесс полуавтоматической сварки;
- выбрать подходящее оборудование.

При прохождении практики были сделаны выводы и обозначены некоторые нюансы в технологии изготовления шарового резервуара.

Исходя из существующего технологического процесса на предприятии были обозначены цели, после которых будет возможно, добиться экономии времени на изготовление конструкции, сокращения исходных затрат на основной материал, а также повысит производительность.

Так же постараться внести коррективы в существующий метод сварки, а возможно заменить его вовсе из-за неудобности исполнения сварных операций.

# **1 Анализ исходных данных и известных решений при изготовлении шаровых резервуаров**

## **1.1 Описание шаровых резервуаров**

Шаровые резервуары — это емкости и в большинстве случаев их используют для хранения при высоком давлении продуктов, которые относятся к нефтяным и сжиженным углеродным газам. Их объем колеблется от 150 — 10000 м<sup>3</sup>, а толщина стенки может достигать до 80 мм.

В данной работе бак имеет 150 м<sup>3</sup> и используется для хранения жидкого хлора.

Шаровые резервуары должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- жесткость и прочность;
- при изготовлении соблюдать технологию;
- недефицитность в использовании материалов;
- высокой герметичностью;
- иметь высокое сопротивление к коррозии при длительном хранении хлора.

Резервуары отличаются по форме:

1. вертикальные;
2. сферические;
3. каплевидные.

Шарообразные резервуары делятся на одностенные и двухстенные. Одностенные предназначаются для хранения в них газов под давлением, а также легковоспламеняющихся веществ.

Двухстенчатые применяются для хранения газов при нормальном давлении, но температура будет низкая которая доходит до 0 К при хранении сжиженного водорода или газа.

Хлор – один из самых популярных веществ, которые используются в промышленности:

- применяется для бумаги, то есть отбеливания, то же самое делает

и с тканями;

- без него не обойтись в отчистки питьевой воды;
- затрагивает его и химическое производство, участвует в изготовлении хлорной извести, соляной кислоты, лекарств и ядов.
- в промышленный сферах, его используют для изготовления металлов (чистых): ниобия, тантала, олова и титана.

Обычно для хранения хлора используют резервуары то 10 до 2000 м<sup>3</sup>, под своим давлением до 3 МПа. Процесс сжижения происходит при нормальной температуре. Транспортировка происходит в контейнерах, цистернах, баллонах.

## 1.2 Анализ свойств материала шарового резервуара

Первым делом учтем в каких условиях будет находится резервуар в роли хранения необходимого для нас жидкого состава.

Что касается материала, то наш выбор падет на нержавеющей стали 15X18H12C4ТЮ и 16Г2АФ эти стали аустенитного-ферритного класса, а что касается свойств, то обладают важными свойствами: имеет высокую прочность, обладают очень хорошей антикоррозионной стойкостью к жидкому хлору. Стали 15X18H12C4ТЮ и 16Г2АФ очень хороши по своим характеристикам, что позволяет применять его в роли основного металла при производстве конструкции «Шаровой резервуар» для хранения жидкого хлора.

Механические свойства стали 15X18H12C4ТЮ указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Механические свойства стали 15X18H12C4ТЮ при T=20 С°.

Прокат	Размер	Напр	$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_T$ (МПа)	$\delta$ (%)	$\Psi$ (%)	КСУ (кДж/м <sup>2</sup> )
Лист тонкий			730	350	30		
Лист тонкий нагартован			880	685	10		
Сорт	60		720	375	25	40	750-780

Химические свойства стали 15X18H12C4ТЮ указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Химический состав в % материала 15X18H12C4TЮ.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Al	Fe
До 0,12 - 0,17	3,8 - 4,5	0,5 - 1	11 - 13	до 0,03	до 0,035	17 - 19	0,4 - 0,7	0,13 - 0,35	~64

Эта сталь, предназначенная для хранения хлора как нельзя, кстати, подходит для этого проекта, стоит заострить внимание на долговечности стали 15X18H12C4TЮ, что является важным показателем. Он имеет высокую устойчивость к нагрузкам с меняющимся вектором силы, а также хорошо переносит термическую обработку, вследствие чего имеет это важное значение в механических показателях.

15X18H12C4TЮ имеет высокую прочность, благодаря чему обеспечивает хорошие показатели к изменению свойств после процедуры термической обработки.

Если говорить о закалке, то она практически не влияет на прочность сварных соединений, и что самое интересное увеличивает их ударную вязкость, однако это происходит при увеличении температуры при закалке от 900 до 1000 °С.

Важно определить углеродный эквивалент, так как предел текучести равен 390 МПа и ниже для используемого основного изделия необходим не более 0,43 %. Эквивалент С, %, определим по формуле (1.1):

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}; \quad (1.1)$$

$$C_{\text{э}} = 0,15 + \frac{0,8}{6} + \frac{4,0}{24} + \frac{18}{5} + \frac{12}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 4,39$$

Механические свойства стали 16Г2АФ будут указаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Механические свойства стали 16Г2АФ при T=20 С°.

Сортамент	Размер, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, кДж / м <sup>2</sup> при -40°С
Лист тонкий, ГОСТ 5582-75	-	590	440	20	-	44



Химические свойства стали 16Г2АФ указаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Химический состав в % материала 16Г2АФ.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	Cu	Fe
0,14- 0,2	0,3- 0,6	1,3- 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,4	0,08- 0,14	до 0,3	~69

Для металла 16Г2АФ находим углеродный эквивалент по формуле (1.1):

$$C_{\text{э}} = 0,15 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,4}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,1}{14} + \frac{0,035}{2} = 0,57$$

Применяемые марки стали в значении углеродного эквивалента высокие. Можно сделать вывод, что данная формула используется только для низколегированных и углеродистых сталей, а выбранные стали в данной работе относятся к высоколегированным сталям аустенитного класса. Важно то, что стали 15Х18Н12С4ТЮ и 16Г2АФ отлично свариваются методами ручной дуговой, механизированной и механизированной с порошковой проволокой.

### **1.3 Базовый технологический процесс изготовления шарового резервуара**

Первостепенная операция базового технологического процесса входной контроль:

- 1) выполняется досмотр необходимой документации (сертификаты и паспорта) на листовую сталь;
- 2) по маркировке проверить правильность сварочных материалов, визуальная и техническая проверка качества сварочного материала, а также условие их хранения;
- 3) проверить на работоспособность контрольно-измерительные приборы, сварочный инструмент, сварочного приспособления, сварочное оборудование, сборочной оснастки; проверка средств индивидуальной защиты, которые будут необходимы для исполнения технологического процесса; проверка вероятности обеспечения режимов сварки;
- 4) контроль наличия у работников необходимых удостоверений и

других нужных документов при помощи которых будут решены задачи и выполнения поставленной перед ними задачи; очень важно проходить инструктаж перед работой каждый рабочий, а также необходимо подтверждать квалификацию и непосредственно соответствия выполняемым работам.

После всего вышеперечисленного идут заготовительные операции. Сюда первым делом вступает наметка листов, резка, правка, гибка и подготовка кромок заготовок.

Гибка будет происходить при помощи вальцовочного станда.

Первым делом нужно добраться до металлических листов марки 15X18Н12С4ТЮ, после этого наступает разметка под резку данного металлического листа под необходимый размер. Вальцовочный процесс, который будет выполняться на многовалковом вальцовочном станде. Данный станд дает лепестку ту самую кривизну и исходя из этой кривизны и самого расположения вальков относительно пространства, скорость правки составляет 40-60 мм/сек.

Нормы и требования к заготовкам непосредственно под сварку предусматривают, то чтобы листовые детали, сортового и энного проката обязаны соответствовать заданному градусу и размеру согласно чертежу.

После этой операции на детали не должно присутствовать таких дефектов как: надрыв, заусенцы, трещин или волнистости.

Далее следует внимательная зачистка «лепестка» от заусенцев и каких-либо неровностей по краям детали. Так же вмятины, волнистости после правки не должны выходить из установленных пределов, возможные отклонения угловых размеров обязаны не превышать десятичной степени точности.

После всех этих операций, деталь должны представить в ОТК.

Процесс сборки деталей, которые идут, непосредственно, под сварку должны быть зачищены в местах около шовной зоны от масла, окалины, ржавчины и других загрязнений с помощью нефраса и металлической щетки.

«Лепестки», на которых присутствуют трещины, надрывы или другие дефекты не допускаются в процесс сборки.

Возможные смещения свариваемых кромок исходя к отношению друг друга, а как раз величина допуска при зазорах необходима иметь не менее, применяемые (основные) на типы, конструктивные размеры и элементов при сварке соединений в соответствии ГОСТ Р 52630-2012.

Если вдруг зазоры привешены, то их необходимо незамедлительно устранить перед сборкой под сварку. Допуском к заварке зазоров с помощью наплавки кромок детали, но не свыше 5 % от длины шва.

Следующая операция сборочная. Итак, сборка будет производиться предпочтительно на уличном пространстве, так как шаровой резервуар большой по габаритам, так же допускается сварка во внутрицеховом помещении. Чтобы приступить к сборке необходимо подготовить пространство, соорудить крышу, чтобы защитить как сборочный элемент, так и оборудование. Обустроиваем площадку под сварочный стенд и приступаем к сборке лепестков на стенде выпуклостью вниз из блока лепестков, при данной сборке нам не нежно будет переворачивать конструкцию.

Прежде чем приступить к сварке на стенде, необходимо объединить лепестки полусферы в блок из 2 лепестков.

Далее при процессе прихватывания их нужно равномерно распределить по всей длине шва прихватки, сечение прихваток на лепестке допускается размерам до половины сечения основного шва.

Элементы, которые будут прихватываться при сборке должны выполняться с применение одинаковых присадочных материалов и непосредственно требований, а за размером прихваток мы должны обратиться в документацию или карту технологического процесса.

К сварным операциям, которые будут в ответе за сборочные и сварочные действия будут иметь добро на работу только те сварщики, которые владеют удостоверением, при установке их квалификации и течения работы, допущены к которой могут быть, а так же прошедшие медицинскую

комиссию.

Перед тем как начать прихватывать, необходимо зачистить места сварки от всякого рода загрязнения, который может помешать формированию сварной прихватки.

В первую очередь нам необходимо прихватить один лепесток к другому, данный блок нам необходимо укрепить на специальном стенде помощью винтовой муфты, клина, уголков и прижимных упоров, а также необходима пластина для выставления зазора.

Для того чтобы продолжить, нам необходимо установить двухлепестковый блок на специальный инвентарный стенд в горизонтальном положении, к которому нужно необходимо будет с двух противоположных сторон пристыковать такие же двухлепестковые блоки. Дойдя до восьми лепестков, у нас получается почти замыкающаяся конструкция, чтобы закончить сборку лепестков необходимо прихватить еще один блок из двух лепестков.

Сборка лепестков и блоков проходит с помощью крана.

Так же будем учитывать, что при соединении лепестков необходимо их фиксировать с помощью временных подпорок иначе монтаж не провести.

Технологический процесс сварки обязан предусматривать специальный порядок наложения швов на конструкцию, при котором деформация, а также внутренне напряжение в сварочном соединении будут минимальными.

Категорически запрещается производить сварочные работы такими методами, которые не описаны в технологическом процессе, если на это не дал свое согласие главный специалист по сварке. Так же если режимы сварки отходят от норм техпроцесса, в этом случае любые сварные операции не допускаются.

Перед операцией сварка, в первую очередь, необходимо тщательно проверить места расположения сварных швов. Зачистить кромки изделия после прихваток, чтобы обеспечить нормальный ход проварки конструкции. Так же не допускаются следы коррозии, грязи, масла и других загрязнений.

Следующая операция — это сварка, сварка будет выполняться при помощи полуавтомата А-547У и источника питания ВДУ-601 с использованием сварочной проволоки 15Х18Н12С4ТЮ Ф1,2 мм. Сварка будет происходить в горизонтальном положении, что в разы облегчает сварщику труд, нежели при горизонтальной постановке резервуара. Чтобы сварка всегда происходила в горизонтальном положении, нам будет необходим кран для поворота конструкции в пространстве.

При сварке, точнее течения сварного процесса операции будут контролироваться в определенной последовательности, которые присутствуют в техпроцессе операций как режима, так и каждого шва.

Как только сварочные работы закончатся, перед тем как предъявить конструкцию в ОТК, первоочередной задачей станет зачистка сварных швов и прилегающие к ним поверхности от шлаков, наплывов, брызг металла, окалины и должны быть проконтролированы сварщиком.

К контролю должны быть допущены лица, имеющие специальные удостоверения дефектоскописта и другие необходимые документы.

Далее осуществляется контроль качества сварных соединений при помощи внешнего осмотра и измерений. Предпочтительно осматривать шов с использованием лупы (до усиления увеличения до 12 раз), но возможно проверить шов и без нее.

Контроль размеров сварных швов, точек и найденных дефектов должен проходить специальным измерительным инструментом с ценой деления 0,1 или специальными шаблонами. Так же повторное исправление дефектов категорически запрещено [15, с.48].

Внешний осмотр и обмер сварных соединений должен производиться согласно ГОСТ 3242-76.

Закончив с лепестками необходимо прихватить, а в следствии приварить основание внизу и вверху, чтобы замкнуть конструкцию.

После этого у нас получится почти готовый резервуар. Теперь необходимо подготовить ровную площадку для опор резервуара.

Для постановки готового резервуара на опорные ножки нам необходимо использовать кран, пока сфера находится в подвешенном состоянии, сварщики должны приварить шаровой резервуар к опорным ножкам.

Далее следует проверка сварных швов, для этого будет применяться ультразвуковой дефектоскоп. Шаровой резервуар первоначально необходимо проверить на герметичность, для этого его необходимо заполнить водой.

#### **1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления**

Как и во всех технологических процессах есть свои нюансы. При рассмотрении базового тех процесса стоит обратить внимание на использование полуавтоматической сварки непосредственно конструкции «Шаровой резервуар». Сварщик, который на протяжении большого количества времени варит с помощью полуавтоматической сварки, очень устает после рабочего дня, так как держак не такой уж и легкий.

Ручная дуговая сварка одна из ходовых в использовании, а что касается электродов, то имеет просто колоссальный выбор и дает возможность работать практически с любыми материалами.

Преимущество ручной дуговой сварки состоит в ее мобильности, благодаря этому сварщик способен сваривать металл в любых пространственных положениях. Еще одним важным преимуществом является вес и габаритность сварочного оборудования по сравнению с полуавтоматом. Ручная дуговая сварка имеет очень важное достоинство, данный способ обеспечивает непрерывный процесс, а если говорить о характеристиках шва, то сварщик имеет полный контроль, а значит, сварка будет качественнее. С помощью ручной дуговой сварки можно совершить довольно быстрый переход от одного материала к другому, что нам невероятно подходит, так как мы используем два сплава стали.

В базовой технологии был использован старый сварочный аппарат А-547У, есть необходимость заменить его на более современный и, следовательно, увеличить коэффициент полезного действия в сварочных операциях. Что касается сварочного источника, то его стоит оставить, так как

он обладает рядом преимуществ и в частности использования является ходовым.

Следовательно, стоит обратить внимание на сборку и монтаж шарового резервуара, в данной работе будет изменен технологический процесс сборки и монтажа конструкции, это позволит в значительной степени увеличить производительность за счет частичной сборки шаровых «лепестков» в блоки, что сократит время при монтаже.

### **1.5 Задачи бакалаврской работы**

Сделанный базовый техпроцесс в первом разделе дает возможность доработать и исправить его и позволит составить полномерную автоматизацию процесса сварки. И исходя из этого, можем сформулировать последующие задачи, непосредственно после выполнения предварительных целей бакалаврской работы.

1. разработать техпроцесс полуавтоматической сварки;
2. выбрать подходящее оборудование.

## **2 Разработка технологического процесса сварки**

### **2.1 Выбор варианта сварки**

Если сравнивать сталь 15X18H12C4ТЮ с другими металлами по физическим и механическим характеристикам, то сталь имеет очень высокий класс прочности, сварка данной стали проходит без ограничений, одна из универсальных сталей, которая не требует подогрева по время сварочных работ и дальнейшей термообработки. Стоит отметить, что данная сталь не склонная к хрупкости, а это важный показатель.

Исполнение сварки стали в данном случае можно выполнять без перерыва, так как лепестки имеют толщину 18 мм в данной конструкции они не такие уж тонкие, к тому же они габаритные и не стоит беспокоиться на счет перегрева.

Для полуавтоматической сварки нужный подогрев кромок лепестков конструкции составляет от 200 до 300°С, при данной температуре очень важно получить хорошее проплавление корня шва при нормальных сварочных токах.

Для сварки коррозионно-стойкой стали марки 15X18H12C4ТЮ, которая находится в средах повышенной агрессивности, будут пользоваться электродная проволока СВ-15X18H12C4ТЮ она невероятно подходит для сварки шарового резервуара для хранения жидкого хлора.

При применении полуавтоматической сварки с применением электродной проволоки будет использоваться сварочный аппарат СЭЛМА ПДГО-601 и выпрямитель ВДУ-601.

Выбор сварочного аппарата СЭЛМА ПДГО-601, был сделан из-за его особенности работать при максимальных токах значительное время, что очень важно для изготовления конструкции и сдачи его в срок. Этот аппарат показал себя во всей красе в качестве надежности.

Работы, проходимые по подготовительным операциям и хранению, учету, а также выпуска в поток производства материалов по сварке, могут иметь разрешение или же допуск работники, которые присутствовали на



необходимых практических и теоретических мероприятиях по подготовке, исходя из методики производства работ по необходимой программе и исследование теоретических знаний, а так же и практических навыков исполнения работ.

Условия хранения, подготовки и контроля сварочных материалов производится по ГОСТ 52910-2008.

Кассеты сварочной проволоки СВ-15Х18Н12С4ТЮ необходимо вытащить из защитной упаковки и оставить в цеховых условиях на 72 часа.

Если говорить о весе и габаритности, то подающий механизм СЭЛМА ПДГО-601 имеет относительно малый вес и небольшой размер, что очень удобно при транспортировке.

## **2.2 Разработка технологии ручной дуговой сварки.**

Первостепенная операция базового технологического процесса входной контроль:

1) досмотр сопроводительной документации (это должны быть сертификаты и паспорта) на листовую сталь;

2) по маркировке проверить правильность сварочных материалов, визуальная и техническая проверка качества сварочного материала, а так же условие их хранения.

3) Проверить на работоспособность контрольно-измерительные приборы, сварочного приспособления, сварочный инструмент, сварочное оборудование, сборочной оснастки; проверка средств индивидуальной защиты, которые понадобятся для исполнения технологического процесса; проверка вероятности обеспечения режимов сварки;

4) контроль наличия у работников необходимых удостоверений и других необходимых документов для выполнения поставленной перед ними задачи; обязательно перед работой каждый рабочий должен пройти инструктаж, а так же подтверждение нужной квалификации и непосредственно соответствия выполняемым работам.

Затем идут заготовительные операции. Сюда включается правка,

наметка листов, резка, подготовка кромок, образование отверстий, гибка заготовок.

Необходимо начать работать с металлических листов марки 15X18Н12С4ТЮ, после этого наступает разметка под резку этих металлических листов под необходимый размер.

Следующая операция — вальцевание.

Стенд на котором будет происходить данная операция называется многовалковым вальцовочным стендом, на котором будет проходить вальцевание, данный стенд имеет девять валков. Лепесток шарового резервуара принимает двойную кривизну, это получается исходя из кривизны в расположения самих валков в пространственном положении. Наверху расположены четыре валка, они имеют бочкообразную форму, а расположенные в нижнем положении пять валков обладают катушкообразной формой. По необходимому радиусу рассредоточены оси валков, а один верхний и два нижних валка выполняют функцию изгибающего, остальные же калибруют лепесток. Путем трения верхние валки вращаются между поверхностями лепестка, а нижние приходят в действие от привода.

Многовалковый стенд показан на Рисунке 2.1.



## Рисунок 2.1 — Вальцовочный стенд

Нормы и требования к заготовкам под сварку рассматривают, то чтобы детали из листового, сортового или энного проката должны соответствовать заданному градусу и размеру, согласно разработанному технологического чертежа.

После выполнения вальцевания на лепестке не должно быть обнаружено таких дефектов как: надрыв, трещины, заусенцы или волнистости.

При подготовке лепестков под сварку их необходимо собрать на стенде для автоматической сварки. В торцах стыка необходимо проверить планки с необходимым размером 70x150 мм, это необходимо для окончания и начала шва.

В данной операции будет использоваться автоматическая сварка под флюсом, сварка будет проходить при помощи сварочного полуавтомата СЭЛМА ПДГО-601 по двум сторонам.

По окончании сварки заготовка передается при помощи крана на специально оборудованный стенд, чтобы при помощи газовой резки нарезать лепесток согласно развертке по контуру.

Чтобы получить более точные размеры развертки, необходимо на саму заготовку наложить шаблон-копир. По данному шаблону одновременно с двух сторон газорезательными полуавтоматами типа «Радуга» производится развертка.

Размеры шаблона-копира учитывают, как изменение длины, так и ширины лепестка при прохождении заготовки лепестка в валках.

После того как произошла обрезка заготовки, при помощи крана заготовка переносится на вальцовочный стенд. При помощи изгибающихся валков прямолинейная заготовка деформируется с радиусом кривизны на 15—20 % меньше радиуса изготавливаемого шарового резервуара.

Как только заготовка перейдет в калибрующие валки, то происходит завершение формирования сферической поверхности по необходимому

радиусу. По специальному шаблону нужно провести контроль кривизны каждого лепестка, а также сварочные швы должны пройти ультразвуковой контроль.

Следующая операция — маркировка. Необходимо маркировать каждый из лепестков, а также на них необходимо нанести: риски, обозначающие середину лепестка, делать отметки на днище и куполе не нужно; номер лепестка; номер заказа; керновка монтажного припуска.

Листы купола и днища, производят по специальным размерам, которые указаны в чертежах, лепестки резервуара с монтажным припуском по длине, а также величиной не менее 10мм, при монтаже обрезается по фактическим размерам купола.

Для повышения производительности было решено совершать сборку и сварку блоков лепестков на предприятии.

Следующая операция — сборочная.

При прихватывании нужно соблюдать некоторые правила, распределение прихваток равномерно по всей длине шва, на лепестке допускается сечение прихваток до половины сечения основного шва.

Для сборки в нашем случае двухлепестковых блоков, будет использоваться специальный инвентарный стенд, который показан в Приложении 3.

Стенд состоит из основания 1 установленный на нем стоек 4, изогнутых по проектному радиусу лепестков 2, 3, шарнирно прикрепленных к основанию 1 и регулируемых по длине с помощью винтовой муфты 8 тяги 7, на концах которых закреплены пластины 10 для образования проектных зазоров между собираемыми лепестками. К пластинам 10 посредством клиньев 12 прикреплены съемные прижимные упоры 5, 11, 14. В нижней части стоек имеются прижимные уголки 6, 9, а в верхней — подпружиненные захваты 13. На основании также установлены шаблоны для возможной обрезки монтажных припусков лепестков, примыкающих к днищу резервуара. изогнутых по проектному радиусу лепестков 2, 3, шарнирно

прикрепленных к основанию 1 и регулируемых по длине с помощью винтовой муфты 8 тяги 7, на концах которых закреплены пластины 10 для образования проектных зазоров между собираемыми лепестками. К пластинам 10 посредством клиньев 12 прикреплены съемные прижимные упоры 5, 11, 14. В нижней части стоек имеются прижимные уголки 6, 9, а в верхней — подпружиненные захваты 13. На основании также установлены шаблоны для возможной обрезки монтажных припусков лепестков, примыкающих к днищу резервуара.

Первым делом при сборочной операции необходимо установить лепесток и произвести его центровку, затем прижимают при помощи уголков к стойке. Далее поверх лепестка устанавливают пластину, устанавливают второй лепесток, фиксируя его захватами 13 и с использованием клиньев прижимных упоров его фиксируют.

Следующая операция — слесарная. Перед сваркой первоначально необходимо подготовить металлические кромки блока лепестков под сварку. Произвести зачистку металла от окалины, сварочных брызг и изменения цвета металла при помощи металлической щетки и зубила. Так же обработать место произведения сварки нефрасом.

Следующая операция заключается в контроле, деталь необходимо сдать на проверку контроллерам, чтобы выявить возможные дефекты и допустить конструкцию до дальнейших операций.

Следующая операция — сварочная.

К сварке ответственных сборочных единиц должны допускаться только аттестованные сварщики, имеющие удостоверение, устанавливающее их квалификацию и характер работы, к которой они допущены.

Вращая муфту 8, уменьшают длину тяги и тем самым прижимают с помощью упоров лепестки, исполняют прихватку. Затем снимают упоры 14, извлекают пластины-зазорники и выполняют подварочный шов между лепестками.

После следует произвести полную сварку блока из двух лепестков с

помощью полуавтоматического оборудования СЭЛМА ПДГО-601, источником питания будет служить ВДГ-601, в роли сварочной проволоки будет использоваться проволока диаметром 1,2 мм марки СВ-15Х18Н12С4ТЮ.

Следующая операция — контроль. Предоставить блок на проверку в ОТК.

Для выявления возможных дефектов. К контролю должны быть допущены лица, имеющие специальные удостоверения дефектоскописта и другие необходимые документы.

Следующая операция - транспортировка. После вальцовочной операции лепестки необходимо транспортировать до места проведения соединения блоков в замкнутую конструкцию. Для этого необходимо использовать специальный транспорт, который может выдержать тяжелые нагрузки, так как листы имеют тяжелый вес.

Сборочная операция будет производиться предпочтительно на уличном пространстве, так как 150 м<sup>3</sup> не очень габаритный. Так что выбор падает на уличное пространство, так как уменьшает вред от сварки свежим воздухом, к тому же снижает затраты на вытяжку.

При переходе к сборочно-сварочным операциям необходимо подготовить пространство для монтажа и сварки «Шарового резервуара», сделать навес который будет защищать оборудование и конструкцию от дождя и снега при монтаже.

После подготовки площадки, нужно переходить к сборке данной конструкции. Сборка будет проводиться на специальном сварочном стенде, необходимо фиксировать блоки лепестков выпуклостью вниз, эта сборка удобна, так как конструкцию не нужно будет переворачивать.

Следующая операция — слесарная. Подготовить кромки блоков под сварку, так как после транспортировки возможны появления загрязнения металла околосшовной зоны. Зачистка совершается при помощи металлической щетки и зубила.

Следующая операция сварочная. Первоначально необходимо объединить блоки с помощью прихваток полуавтоматической сваркой. Грамотная расстановка прихваток выглядит так. Необходимо прихватить вертикальный стык полуавтоматической сваркой, использование полуавтоматической сварки с применением углекислого газа корневого слоя вертикального стыка блока. Производят сборку, прихватывают и сваривают корневой слой второго вертикального стыка. Затем собирают и прихватывают горизонтальный стык между лепестками. Корневой слой шва выполняют полуавтоматической сваркой в углекислом газе.

Чтобы снизить уровень угловых деформаций оболочки сферического резервуара полуавтоматическую сварку первого по счету корневого шва исполняют с наружной стороны.

Следующая операция — слесарная. При помощи шлифмашинки, зачищается корневой шов.

Последующая операция контрольная, нужно проверить слесарную работу перед началом сварки.

Следующая операция — сварочная. Чтобы закрепить провар сваривают обратный шов с внутренней стороны. Горизонтальную сварку исполняют углом вперед без каких-либо колебательных движений.

При сварки горизонтальных швов на плоскости по вертикали, будут исполнять два сварщика обратноступенчатым способом, а само направление сварки должно происходить от середины к краям и с последовательностью наложения слоев.

В лепестковых блоках все стыковые соединения будут исполнены с помощью полуавтоматической сварки с применением сварочного аппарата СЭЛМА ПДГО-601, роль источника питания выполняет ВДУ-601, в роли сварочной проволоки будет использоваться проволока диаметром 1,2 мм марки СВ-15Х18Н12С4ТЮ.

Элементы, которые будут прихватываться при сборке должны выполняться с применение одинаковых присадочных материалов и

непосредственно требований, что касается размера, то он должен быть прописан в документации или же в карте технологического процесса за размером прихваток мы должны обратиться в документацию или карту технологического процесса.

Для комфортного монтажа просто необходимо использовать кран. Так же учтем, что если соединять лепестки нам необходимо их фиксировать с помощью временных подпорок иначе монтаж не провести.

Запрещено производить сварку методами, которые не были обговорены с главным специалистом по сварке, а уж тем более не описаны в технологическом процессе.

Если получилось, что режим сварки отходит от технологического процесса, то сварку ни в коем случае продолжать нельзя.

Чтобы приступить к сварке конструкции, в первую очередь необходимо тщательно проверить места расположения сварных швов. Подготовить кромки изделия после прихваток, зачистив их, чтобы обеспечить провар корневого шва конструкции. Так же не допускаются следы коррозии, грязи, масла и других загрязнений.

Следующая операция — сварочная. Аппарат для сварки будет использоваться такое же, как и для прихваток СЭЛМА ПДГО-601. Сварочные операции будут приходиться в горизонтальном положении, что очень удобно для сварщика. Непосредственно для завсегда той сварки в горизонтальном положении будет необходим кран для поворота конструкции.

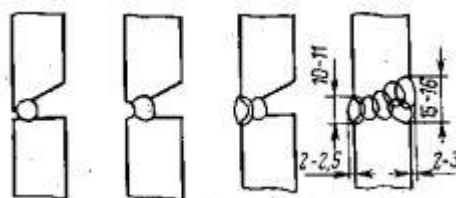


Рис. 2.3 Последовательность наложения слоев полуавтоматической сварки в углекислом газе, где сварка проходит при заполнении разделки горизонтального шва.

Полуавтоматическая сварка в углекислом газе будет происходить



многослойным методом на вертикальных стыковых соединениях и горизонтальных швов на вертикальной плоскости происходить будет с применением следующих режимов:  $I_{св} = 150 \text{ А}$ ,  $U_{д} = 25 \text{ В}$ ,  $V_{нап} = 9 \text{ м/час}$ ,  $V_{пр} = 12 \text{ м/час}$ ,  $\Phi = 1,2 \text{ мм}$ ,  $Q = 8-10 \text{ л/мин}$ , расход углекислого газа 500—600 л/час.

Для сварки лепестков, толщина которых 18 мм мы будем использовать сварочную проволоку диаметром 1,2 мм марки СВ-15Х18Н12С4ТЮ, чтобы проплав был хороший нужно сначала пройти корневой шов, а потом продолжать наплавку пока шов не будет заподлицо. Это необходимо, так как резервуар будет на улице, не говоря уже о жидком хлоре внутри.

Следующая операция — контроль. После этого необходимо предъявить сварочные швы дефектоскопистам, как только конструкция пройдет нормоконтроль, то можно продолжать сварочные операции.

Далее осуществляется контроль качества сварных соединений при помощи внешнего осмотра и измерений. Осмотр может производиться без применения лупы или с применением её с увеличением до 12 раз.

Следующая операция — сварочная. Закончив с лепестками и блоками необходимо прихватить, а в следствии приварить основание внизу и вверху, чтобы замкнуть конструкцию.

После этого у нас получится, почти готовый резервуар. Теперь необходимо подготовить ровную площадку для опор резервуара.

Для постановки готового резервуара на опорные ножки нам необходимо использовать кран, пока сфера находится в подвешенном состоянии, сварщики должны приварить шаровой резервуар к опорным ножкам.

### **2.3 Выбор рациональных размеров резервуара**

Главенствующим размером сферического резервуара является диаметр самого резервуара:

$$V = \frac{4\pi R^3}{3} \quad 2.1)$$

где  $V$  - объем резервуара,  $\text{м}^3$ ;

$R$  - радиус, м;

Зная объем, можем вычислить радиус проектируемого резервуара:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}; \quad (2.2)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 150}{4 \cdot 3,14}} = 3,29 \text{ м}$$

$$D = 2R = 6,58 \text{ м.}$$

$$L = \pi D; \quad (2.3)$$

$$L = 3,14 \cdot 6,58 = 20,66 \text{ м.}$$

Для того чтобы изготовить сферический резервуар, будет использоваться листовая прокат размерами 1500 x 6000 мм, исходя из этого можно будет вмещать целое количество листов.

Нужно воспользоваться округлением целого числа до значения  $L=21$  м, тогда мы получаем количество элементов двойкой кривизны:

$$N = \frac{L}{1,5} = \frac{21}{1,5} = 14 \quad (2.4)$$

Для раскроя оболочки проектируемого резервуара используется меридиональный способ.

Уточненный радиус оболочки резервуара:

$$R = \frac{L}{2\pi} = \frac{21}{2 \cdot 3,14} = 3,34 \quad (2.5)$$

Уточненный диаметр:

$$D = 2R = 3,34 \cdot 2 = 6,68 \text{ м}$$

Тогда объем резервуара составит:

$$V = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 3,34^3}{3} = 156 \text{ м}^3;$$

#### 2.4 Расчет толщины стенки поясов

Ниже будет производиться расчет на прочность на действие избыточного давления резервуара  $p_{и}$  и расчет гидравлического давления жидкости по формуле:

$$\sigma = \sigma_1 = \sigma = [n_2 p_{и} + n_1 \gamma_{ж}(1 - \cos \varphi)2r]r/2t \leq \gamma; \quad (2.6)$$

где  $\varphi$  – угол, определяющий высоту залива резервуара продуктом.

Высота залива резервуара водой показана на Рисунке 2.5.

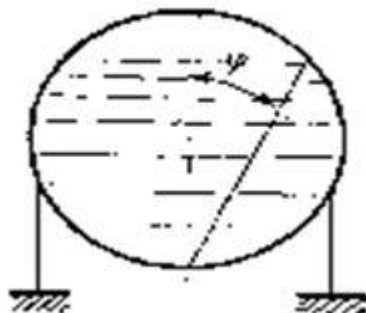


Рисунок 2.5 Высота залива резервуара водой.

Необходимая толщина стенки резервуара в самой нижней точке оболочки с учетом определяется из выражения:

$$t = [n_2 p_n + n_1 \gamma_{ж} (1 - \cos \varphi) 2r] r / 2\gamma\gamma_n R; \quad (2.6)$$

где  $\gamma = 0,7$  – коэффициент условий работы резервуара;

$\gamma_n = 0,9$  – коэффициент надежности на взрывоопасность;

$n_1 = 1,1$ ;  $n_2 = 1,2$  – коэффициенты перегрузки.

$$R = \frac{\sigma_T}{\gamma\gamma_n} = \frac{345}{0,7 \cdot 0,9} = 547,6 \text{ МПа}; \quad (2.7)$$

$p_n = 3,0$  МПа

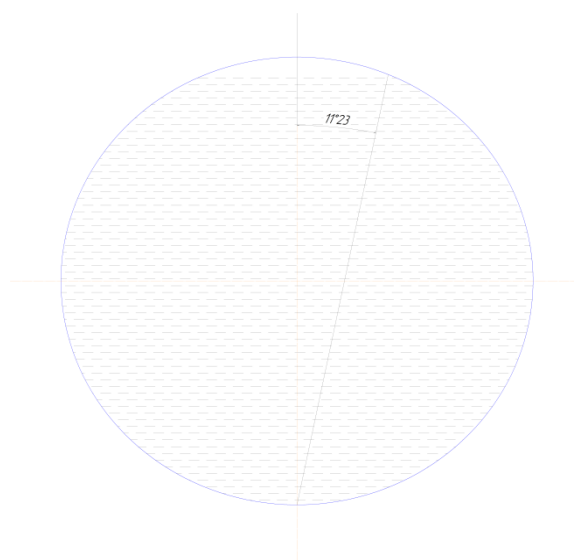


Рисунок 2.5 Угол  $\varphi$ .

Угол  $\varphi$  находится графически

$$\varphi \approx 11^\circ$$

$\gamma_{ж} = 1480 \text{ кг/м}^3$  - для сжиженного хлора под давлением

Найдем  $t$  по формуле 2.6:

$$t = \frac{[1,2 \cdot 3,0 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 1480(1 - \cos 11)2 \cdot 3,34] \cdot 3,34}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 547,6 \cdot 10^6} = 0,0174 \text{ м}$$

При полученном значении стоит округлить,  $t = 18 \text{ мм}$ .

## 2.5 Подсчет длины кольцевых и меридиальных швов

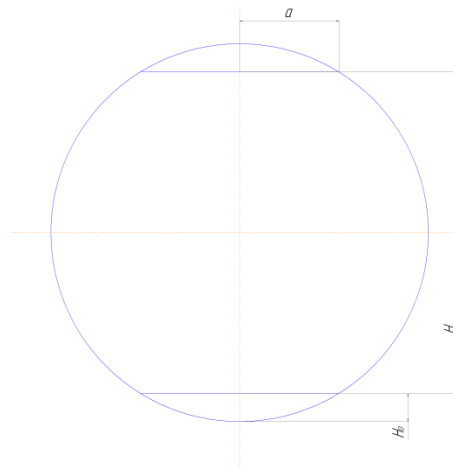


Рисунок 2.5 Высота и радиус шарового сегмента

Принимаем высоту шарового сегмента  $h_0 = 0,5 \text{ м}$ , тогда  $h = d - 2h_0$ , где  $h_0$  = высота шарового сегмента

$$h = 6,68 - 2 \cdot 0,5 = 5,58 \text{ м}$$

Радиус шарового сегмента находится по формуле

$$a = \sqrt{h_0(2R - h)} = \sqrt{0,5(2 \cdot 5,58 - 3,34)} = 1,98 \text{ м} \quad (2.8)$$

Диаметр сегмента:

$$d_{сег} = 2a = 2 \cdot 1,98 = 3,96 \text{ м}; \quad (2.9)$$

Длина кольцевого шва:

$$L_k = \pi d_{сег} = 3,14 \cdot 3,96 = 12,47 \text{ м}; \quad (2.10)$$

Длина меридионального шва:

$$L_m = 2\pi R \frac{\alpha}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,34 \frac{122}{360} = 7,1 \text{ м}.$$

Где  $\alpha$  – центральный угол, найденный графическим способом.

Соединяемая со сферическим днищем ширина одного лепестка в зоне присоединения получается по формуле:

$$B_l = \frac{L_k}{n_l} = \frac{6,21}{14} = 0,44 \text{ м} \quad (2.11)$$

Площадь верхушки сферы, будет находиться по формуле:

$$S = \pi D^2 = 3,14 \cdot 6,68^2 = 140,11 \text{ м}^2.$$

## 2.6 Контрольный расчет кольцевого и медиальных швов

В рабочих условиях резервуара, давление расходуется по внутренней поверхности шарового резервуара равномерно. Влияет на сварные швы N усилие, оно устремляется уничтожить конструкцию:

$$N = PS, \quad (2.12)$$

где S - площадь днища ( $S_d$ ) и сферической части без днищ ( $S_{cf}$ ). А сама площадь днища рассчитывается по формуле:

$$S_d = \pi \cdot 2R_o \cdot h_o = 3,14(2 \cdot 3,34 \cdot 0,5) = 10,48 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

Если брать два лепестка ( $S_{cf2}$ ) сферической части резервуара без нижнего основания, то можно найти эту сумму по формуле:

$$S_{cf2} = \frac{S - 2S_d}{12} = \frac{140,11 - 2 \cdot 10,48}{12} = 9,92 \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

Появляющееся в кольцевом шве, напряжение будет:

$$\sigma_{к.ш.} = \frac{P \cdot S_d}{S_o \cdot L_k} = \frac{3,0 \cdot 10,48}{0,018 \cdot 6,21} = 281,26 \text{ МПа} \quad (2.15)$$

Рассмотрим появляющееся в медиальном шве, напряжения промеж двумя лепестками резервуара в сферической области равно:

$$\sigma_{м.ш.} = \frac{P \cdot S_{cf2}}{S_o \cdot L_m} = \frac{3,0 \cdot 9,92}{0,018 \times 7,1} = 232,86 \text{ МПа}$$

Так как напряжения в кольцевом ( $\sigma_{к.ш.}$ ) и меридиональном ( $\sigma_{м.ш.}$ ) меньше допустимого  $\sigma_p$ , условия прочности выполняются:

$$\begin{aligned} \sigma_{к.ш.} &< [\sigma]_p; \\ 281,26 &< 345 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{м.ш.}} < [\sigma]_p;$$

$$232,86 < 345 \text{ МПа}$$

## 2.7 Расчет стенки резервуара на устойчивость

Есть вероятность воздействия различных нагрузок, на стенки резервуара, а так же на покрытие и могут создавать в ней напряжение сжатия, которые могут привести к потере устойчивости стенки резервуара. Если температура будет понижаться, то в шаровом резервуаре может образоваться вакуум, исходя из этого, нужно произвести подсчет на устойчивость. Расчет на устойчивость сферической оболочки при  $r/t \leq 750$  и действии внешнего равномерного давления  $P$ , нормального к ее поверхности, производится по формуле:

$$\sigma \leq \gamma \sigma_{\text{кр}} \quad (2.16)$$

где  $\sigma = \frac{P \cdot r}{2S}$  – расчетное напряжение в оболочке;

$\sigma_{\text{кр}} = \frac{0,1Et}{r}$  – критическое напряжение,

$\gamma = 0,9$  – коэффициент условий работы резервуара,

$P$  – суммарные внешние нагрузки.

$P_1$  – суммарная нагрузка на единицу сферической поверхности

основания:

$$P_1 = g_{\text{кр}} \gamma_{f1} + (P_{\text{сн}} \gamma_{f5} + P_{\text{вак}} \gamma_{f2} - q_B C_1 \gamma_{f4}) n_c; \quad (2.17)$$

$g_{\text{кр}}$  – личный вес крыши,  $g_{\text{кр}} = 0,2$  кПа

$P_{\text{сн}}$  – нагрузка от снега,  $P_{\text{сн}} = 2,0$  кПа

$C_1$  – аэродинамический коэффициент,  $C_1 = 0,6 H/D + 0,4 = 1,0$ ;

$P_{\text{вак}} = 0,25$  кПа для резервуара находящийся под низким давлением;

$q_B = 0,7$  кПа – нагрузка от ветра в виде равномерного сжатия.

$$P_1 = 0,2 \cdot 1,1 + (2,0 \cdot 0,9 + 0,25 \cdot 1,1 - 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,2) 0,9 \cdot 10^3 = 1,3 \text{ кПа}$$

Необходимо определить  $P_2$  – суммарное кольцевое усилие сжатия:

$$P_2 = (P_{\text{вак}} \gamma_{f3} + q_B C_2 \gamma_{f4}) n_c; \quad (2.18)$$

где  $P_{\text{вак}}$  вакуум технологический  $P_{\text{вак}} = 0,25$  кПа;

$q_B$  - нагрузка производимая ветром в виде попеременного сжатия,  $q_B = 0,7$  кПа – для IV района РФ;

$C_2$  - аэродинамический коэффициент,  $C_2 = 0,5$ ;

$n_c$  – коэффициент сочетания,  $n_c = 0,9$ .

Суммарное усилие сжатия:

$$P_2 = (0,25 \cdot 1,2 + 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1,2) 0,9 \cdot 10^3 = 0,36 \text{ кПа}$$

Найдем критическое напряжение:

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{0,1 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,018}{3,34} = 113,17 \text{ МПа}$$

Определим напряжение под влиянием групп сил  $P_1$  по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{1,3 \cdot 10^3 \cdot 3,34}{2 \cdot 0,018} = 120,61 \text{ кПа}$$

Произведем расчет напряжения под влиянием групп сил  $P_2$  по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{0,36 \cdot 10^3 \cdot 3,34}{2 \cdot 0,018} = 33,4 \text{ кПа}$$

Проверим условие устойчивости:

$$\sigma \leq \gamma \sigma_{\text{кр}};$$

Напряжения под действием сил  $P_1$ :

$$\sigma_1 \leq \gamma \sigma_{\text{кр}};$$

$$120,61 \cdot 10^3 \text{ Па} \leq 0,9 \cdot 113,17 \cdot 10^6 \text{ Па}; - \text{ условие выполняется}$$

$$120,61 \cdot 10^3 \text{ Па} \leq 101,85 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напряжения под действием сил  $P_2$ :

$$\sigma_2 \leq \gamma \sigma_{\text{кр}};$$

$$33,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \leq 0,9 \cdot 113,17 \cdot 10^6 \text{ Па}; - \text{ условие выполняется}$$

$$33,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \leq 101,85 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

## 2.8 Расчет опор резервуара

Нагрузка, воспринимаемая как вертикальная, принимаемая опорами резервуара, получаем по формуле:

$$N = \frac{G}{n_{оп}}, \quad (2.19)$$

где  $G$  - вес резервуара:

$$G = G_p + G_{np} + G_{сн} + G_{обор}, \quad (2.20)$$

где  $G_p$  - собственный вес оболочки резервуара, Н;

$G_{np}$  - вес продукта, Н;

$G_{сн}$  - вес снегового покрова, Н.

Теперь необходимо рассчитать собственный вес оболочки резервуара по формуле:

$$G_p = 4\pi R^2 \gamma_{ст} \delta = 4 \cdot 3,14 \cdot 8,915^2 \cdot 78500 \cdot 0,040 = 3136,044 \text{ кН}, \quad (2.21)$$

$$G_p = 4\pi R^2 \gamma_{ст} S = 4 \cdot 3,14 \cdot 3,34^2 \cdot 78500 \cdot 0,018 = 197,9 \text{ кН} \quad (2.22)$$

где  $\gamma_{ст}$  - удельный вес стали, Н/м<sup>3</sup>.

Есть необходимость рассчитать вес продукта, если его заполнить водой.

Это необходимо для гидроиспытания:

$$G_p = \gamma V = 1000 \cdot 150 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ кН} \quad (2.23)$$

где  $V_{np}$  - объем, который занимает продукт, м<sup>3</sup>.

Необходимость расчета действующего веса снега на шаровой резервуар. Принятая за норму нагрузка снега на квадратный метр:

$$S_c = p_{сн} \cdot C \quad (2.24)$$

где  $p_{сн}$  - значение веса снегового района для IV снегового района,

$C$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от профиля покрытия:

при  $\alpha \geq 25^\circ C$ , коэффициент  $C = 1$ , при  $\alpha \geq 60^\circ C$  коэффициент  $C$  равен нулю.



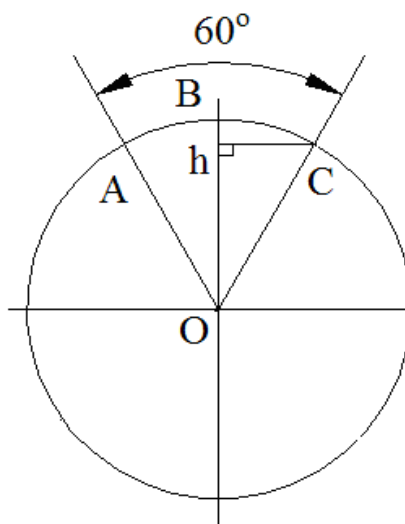


Рисунок 2.7 – К определению коэффициента  $C$

Для площадки  $ABC$  коэффициент  $C = 1$  и нормативная снеговая нагрузка на квадратный метр определяется следующим образом по формуле:

$$S_c = p_{сн} \cdot C = 2400 \cdot 1 = 2400$$

В пределах угла остальная часть будет равна  $\varphi = 60^\circ$  средняя величина  $C = 0,5$ .

Теперь необходимо определить максимум промежутка наполненности  $AC$  резервуара:

$$Oh = 3,30 \text{ м}, hC = 1,98 \text{ м}, hB = 0,04.$$

Рассчитаем площадь, используемой площадкой  $AhC$ :

$$S_{AhC} = \pi \cdot hC^2 = 3,14 \cdot 1,98^2 = 12,31 \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

Площадь проекции резервуара в пределах  $60^\circ$  равна:

$$S_{пр} = \pi(2 \cdot OB \cdot hB + a^2) = 3,14(2 \cdot 3,34 \cdot 0,04 + 1,98^2) = 13,14 \text{ м}^2 \quad (2.25)$$

Определим составляющую веса резервуара от снеговой нагрузки:

$$G_{сн} = (2400 \cdot 1 \cdot 12,31 + 2400 \cdot 0,5 \cdot 13,14) \cdot 9,81 = 444,51 \text{ кН} \quad (2.26)$$

Вес площадки и оборудования составляет:

$$G_{обор} = 9500 \cdot 9,81 = 93,1 \text{ кН}.$$

Определим полный вес резервуара:

$$G_{сн} = 197,9 + 1471,5 + 444,51 + 93,1 = 2207,01 \text{ кН}$$

Необходимо рассчитать нагрузку которая воздействует на одну опру

резервуара показанный на Рисунке 2.7.

$$N = \frac{G}{n_{on}} = \frac{2207,01}{6} = 367,83 \text{ кН} \quad (2.27)$$

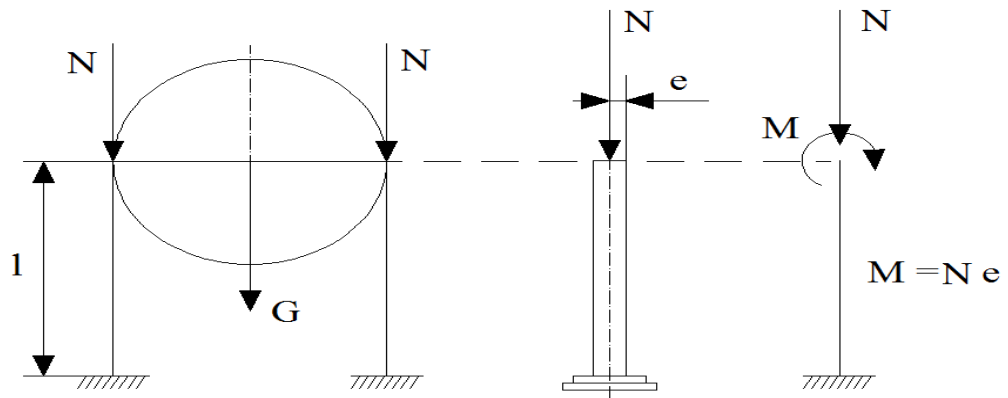


Рисунок 2.8 – Схема подсчета опорных стоек и нагруженности.

Одной из самых важных конструктивных частей сферических резервуаров необходимо считать опорные стойки. Для их изготовления будут применяться трубы диаметром 200 – 500 мм, данные трубы принимают все действующие на них нагрузки, которые могут быть использованы вследствие испытаний и повседневной работы.

Для подсчета действия критической силы, которая действует на сечение стойки, используем формулу:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{\min}}{\mu l^2} \quad (2.28)$$

где  $E$  - модуль упругости при растяжении, Па;

$J_{\min}$  - минимальное значение момента инерции сечения,  $\text{м}^4$ ;

$\mu$  - коэффициент приведения длины;

$l$  - высота опоры резервуара, м.

При знании максимальной вертикальной нагрузки, которая воздействует на одну опору резервуара, то можно рассчитать момент инерции сечения:

$$J_{\min} = \frac{P_{кр} (\mu l)^2}{\pi^2 E} = \frac{367830 (1,1 \cdot 4)^2}{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} = 3,43 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Колону кольцевого сечения, берущую в роле опоры, подсчитаем

меньший наружный диаметр:

$$D_n = \sqrt[4]{\frac{J}{0,05(1-\alpha^4)}} = \sqrt[4]{\frac{3,43 \cdot 10^{-6}}{0,05(1-0,8^4)}} = 0,1 \text{ м} \quad (2.29)$$

В качестве выбора сортамента труб, берем исходный из стандарта диаметр, обладающий характеристиками, которые указаны ниже:

Наружный диаметр  $D_n$ , 159 мм;

Внутренний диаметр  $d$ , 143 мм;

Толщина стенки  $\delta$ , 8 мм;

Площадь сечения  $A$ , 37,93 см<sup>2</sup>;

Осевой момент инерции  $J_x$ , 1088 см<sup>4</sup>;

Полярный момент инерции  $J_p$ , 2176 см<sup>4</sup>;

Осевой момент сопротивления  $W_x$ , 137 см<sup>3</sup>;

Полярный момент сопротивления  $W_p$ , 274 см<sup>3</sup>;

Полученное значение на направление силы (нагрузки) на одну стойку, ниже будут изложены варианты приложения нагрузки.

Примем, что сила  $N$  приложена относительно геометрической оси опорной стойки с эксцентриситетом  $e = \frac{M_x}{N}$ . Тогда опорная стойка рассчитывается как внецентренно сжатый элемент, у которого, в первую очередь, проверяется устойчивость в плоскости действия момента по условию (п. 5.27\* СНиП II-23-81 [21]):

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq R_y \gamma_c \quad (2.30)$$

где  $\varphi_e$  - коэффициент устойчивости, определяемый по табл. 74 СНиП II-23-81 [21] в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}_x = \frac{\mu_x}{i_x} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$  и приведенного относительного эксцентриситета:

$$m_{ef} = \eta \frac{e}{W_x} A = \eta m \quad (2.31)$$

где  $W_x$  - момент сопротивления сечения;

$\eta$  - коэффициент влияния формы сечения.

Определим значение коэффициента  $m$  :

$$m = \frac{eA}{W_x} = \frac{15,9 \cdot 37,93}{2 \cdot 137} = 2,2$$

Определим радиус инерции сечения:

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{1088}{37,93}} = 5,35 \text{ см} \quad (2.32)$$

Определим гибкость колонны:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1 \cdot 4}{5,35 \cdot 10^{-2}} = 74,76 \quad (2.33)$$

Определим условную гибкость колонны:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (2.34)$$

где  $R_y$  - расчетное сопротивление стали трубы из условия достижения стальной предела текучести:

$$R_y = \frac{\sigma_T}{\gamma_M \gamma_N}, \quad (2.35)$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести стали (440 МПа);

$\gamma_M$  - коэффициент надежности по материалу;

$\gamma_N$  - коэффициент надежности по назначению.

Расчетное сопротивление стали из условия достижения стальной предела текучести:

$$R_y = \frac{440 \cdot 10^6}{1,025 \cdot 1,1} = 390 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$\bar{\lambda} = 74,76 \cdot \sqrt{\frac{390 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^{11}}} = 4,5.$$

$$\bar{\lambda} = 74,76 \sqrt{\frac{390 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^{11}}} = 3,22$$

По табл. 73 СНиП II-23-81 [21] определим значение коэффициента влияния формы сечения:

$$\eta = (1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda} = (1,35 - 0,05 \cdot 2,2) - 0,01(5 - 2,2)3,22 = 1,15$$

Нужно рассчитать приведенного относительного эксцентриситета по формуле 2.36:

$$m_{ef} = 1,15 \cdot 2,2 = 2,53 \quad (2.36)$$

По табл.74 (СНиП II-23-81 [21]) определяем значение коэффициента  $\varphi_e$  в зависимости от условной гибкости и приведенного относительного эксцентриситета:  $\varphi = 0,284$

Проверим выполнение условия устойчивости в плоскости действия момента:

$$\frac{367830}{0,284 \cdot 37,93 \cdot 10^{-4}} \leq 390 \cdot 10^6;$$

$$341,4 \text{ МПа} \leq 390 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости выполняется.

### **3 Выбор оборудования для полуавтоматической сварки**

Для полуавтоматической сварки будет использоваться подающий механизм ПДГО-601. Данный аппарат будет использоваться для сварочных работ в среде углекислого газа на постоянном токе для МИГ/МАГ сварки.

ПДГО-601 — это продукт очень хорошо себя показывает в производственной среде и является воспроизводительным. Применяется для полуавтоматической сварки изделий из стали с электродной проволокой в среде защитных газов. ПДГО-601 — выступает в роли мозга сварочного аппарата. Данный аппарат может довольно стабильно подавать сварочную проволоку, так же контролировать и подавать защитный газ из баллона и что важно может регулировать режимы сварки и сварочных характеристик.

Механизм ПДГО-601 является падающим и исполнен в корпусе закрытого типа. На лицевой стороне аппарата расположены органы управления сварочным процессом — скорость подачи проволоки и регуляторы тока. Внутри ПДГО-601 находится электромагнитный клапан, редукторный привод, плата которая управляет сварочным механизмом, а также специальный крепеж для фиксации кассеты сварочной проволоки.

Подающий механизм ПДГО-601 обладает мощным 4-х роликовым приводом. Такая мощная система позволяет обеспечить стабильную и высокую скорость подачи сварочной проволоки диаметрами от 1мм до 3,5мм даже при использовании горелки с длинным шлейфом и при значительных ее изгибах.

Управление контроль ПДГО-601 происходит в автоматическом режиме, это касается в первую очередь проверки в баллоне давления и окончательной продувки газового тракта.

Управление данным подающим механизмом, скоростью подачи проволоки, газа и напряжением сварочного источника осуществляется непосредственно кнопками на горелке, что значительно упрощает процесс сварки и сводит к минимуму отрыв от процесса сварки [4], [8].



Рисунок 3.1 — Сварочный аппарат для полуавтоматической сварки  
ПДГО-601

ПДГО-601 может быть использован в паре почти с любым источником питания завода «СЭЛМА» или есть достаточно большой ряд других источников питания других марок, но есть одна важная вещь все они должны быть подключены через блок питания БП-02. Самым подходящим источник питания является ВДУ-601. Данные устройства созданы друг для друга, подключаются друг к другу они очень просто, данная взаимосвязь преобразуется в универсальный сварочный полуавтомат так как идеален для применения в сферах машиностроения, строительстве и судостроении.

Достоинства падающего механизма ПДГО-601:

- возможна установка кассеты с проволокой весом 15 кг;
- штырьевое подсоединение горелки
- подающий и зажимной ролик имеет зубчатое зацепление;
- можно достаточно плавно настраивать выходное напряжение сварочного источника, а также скорость электродной проволоки.
- скорость варочной проволоки при длине горелки 3-5 м и изгибах получается стабильной;
- тормозное устройство, сделано по европейскому стандарту;

- имеет три режима сварки: «Inter Lock» дуга обрывается, и горелка удаляется от зоны сварки, «длинные швы» - 4-х тактный режим и «короткие швы» - 2-х тактный режим.
- Есть возможность подключения к любому типу сварочных источников МИГ/МАГ фирмы «СЭЛМА»;

Таблица 3.1 – Технические характеристики ПДГО-601

Наименование	Значение
Напряжение питающей сети, В	27
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	600
Количество роликов, шт	4
Диаметр электродной проволоки, мм стальная порошковая	1,2-2,0 1,6-3,2
Напряжение холостого хода, В, не более	-
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	60-820
Тип разъема сварочной горелки	штырьевой
Количествоместимость сварочной кассеты, кг	15
Масса (без кассеты с проволокой), кг	18
Габариты, мм, не более	640x240x420

Для сварочного полуавтомата необходим выпрямитель, выбор пал на сварочный ВДУ-601.

ВДУ-601 - сварочный источник тип, которого тиристорный. Он считается практически самым мощным в своем сегменте. Универсальность данного выпрямителя заключается в его высокой мощности. Тиристорный и так же высокопроизводительный сварочный выпрямитель с выставляемой жесткой или падающей вольт – амперной характеристикой. Его применение возможно практически во все сварочных работах, так как он отлично выполняет свою роли, стоит подчеркнуть его особенности:

- непосредственно для питания автоматический сварочный постов. Включается прямым в сварочные работы и тем самым подает напряжение на сварочные головки. Однозначно данный выпрямитель отлично подходит для сварочных роботов на тех участках, где не нужно использовать сверхвысокие частоты токов сварки. Использование ВДУ-601 при высоких



нагрузках в экономическом плане очень оправдано, это благодаря имеющегося в нем коэффициента ПВ-100%.

- Если применять полуавтоматическую сварку с применением ВДУ-601, то работает с комбинированной вольт – амперной характеристикой, это значит то, что происходит уменьшение коэффициента разбрызгивания и делает довольно простым процесс переноса капель расплавленного металла.

Данный источник питания ВДУ-601 может применяться с любыми механизмами подачи сварочной проволоки. Так же может быть использован с подающими механизмами других марок, если они работают с выдаваемыми ВДУ-601 характеристиками тока [5], [17].

Значительные особенности ВДУ-601

- Постепенная регулировка сварочного тока, то есть плавная в режиме ММФ и сварочного напряжения в режиме МИГ/МАГ. Существует термозита от перегрузки;

- Существует термозищита которая в отличной степени защищает от перегрузки;

- имеет два вида внешних характеристик: жесткие и падающие, так что его можно назвать универсальным;

- В комплекте есть пульт регулирующий сварочные параметры;



- Присутствие розетки 36 В для питания подогревателя газа.

Рисунок. 3.2 – Сварочный источник ВДУ-601

Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-601:

Номинальное напряжение трехфазного тока при частоте 50 Гц, В	380
Номинальный сварочный ток, А	630
Продолжительность включения поста, %	60
Пределы регулирования сварочного тока, А	
- при крутопадающих характеристиках	60-630
- при жестких характеристиках	65-630
Пределы регулирования напряжения, В	
- при крутопадающих характеристиках	22-52
- при жестких характеристиках	18-56
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Первичная мощность, кВА, не более	40

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно- технологическая характеристика объекта

Данные о материалах, операциях и оборудовании, которые применяются в технологическом процессе, расположены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Установка	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
1. Заготовительная	Наметка, резка, подготовка кромок, вальцевание	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, токарь.	1) Резак «Радуга М»; 2) машинка шлифовальная; 3) щетка по металлу; 4) вальцовочный стенд;	1) Перчатки; 2) ацетилен, кислород; 3) рулетка;
2. Контрольная	Проконтролировать качество изготовления лепестков	Контролер	-	1) ШЦ-П-250-630-0,1-1; 2) Рулетка GRAPHITE PRO GI10-125;
3. Сборочная, прихватка, сварка, контроль	Сборка, сварка, контроль	Слесарь, сварщик, контролер	1) Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; 2) Сварочный источник ВДУ-601; 3) Шлифовальная машинка; 4) Инвентарный стенд	1) Проволока СВ-15X18H12C4T Ю; 2) Маска Сварог AS-2-F; 3) Рукавицы; 4) ШЦ-П-250-630-0,1-1; 5) Углекислый газ
4. Контроль	Контроль качества сварки ультразвуком	Дефектоскопист	1) Инвентарный стенд;	1) Лупа х40; 2) Шаблон сварщика УШС-3
5. Погрузка и транспортировка	Погрузка лепестков; Транспортировать до места проведения монтажа и сборки	Стропальщик, водитель	1) Кран-балка 10 т; 2) Бортовая машина	Рукавицы

Продолжение таблицы 4.1

6. Сборка, монтаж, сварка	Сборка блоков; Сварка	Стропальщик, слесарь, сварщик	1) Кран; 2) 1) Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; 3) Сварочный источник ВДУ-601;	1) Проволока СВ-15X18Н12С4Т Ю; 2) Маска Сварог AS-2-F; 3) Рукавицы; 4) ШЦ-П-250-630-0,1-1; 5) Углекислый газ
7. Контрольная	Контроль качества сварки; Проверка на герметичность	Дефектоскопист	-	1) Лупа х40; 2) Шаблон сварщика УШС-3; 3) перчатки

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Технологический переход	Опасный и вредный производственный фактор	Источник фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок лепесков, вальцовка	1) Острейшие кромки, заусенцы и шероховатости, имеющиеся на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; 2) Движимые механизмы, оборудования и машин при изготовлении. 3) Большая значимость напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	1) Вальцовочный стенд 2) Резак «Радуга М»; 3) Щётка металлическая; 4) Машинка угловая шлифовальная; 5) Ацетилен, кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	1) Острейшие кромки, заусенцы и шероховатости, имеющиеся на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; 2) Движимые механизмы, оборудования и машин при изготовлении. 3) Большая значимость	1) Центратор наружный 2) Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; 3) Сварочный источник ВДУ-601; 4) Линейка; металлическая 5) Машинка

Продолжение таблицы 4.2

	<p>получить удар током человека в следствии замыкания электрической цепи;</p> <p>4) Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</p> <p>5) Увеличенное значение уровня инфракрасной радиации при работе;</p>	<p>шлифовальная;</p> <p>б) Углекислый газ</p>
4. Погрузка и транспортировка	<p>1) Движущийся кран;</p> <p>2) Риск заземления конечностей при погрузке;</p> <p>3) Транспортировка габаритных частей конструкции</p>	<p>Кран-балка 10 т</p> <p>Бортовая машина</p>
5. Сварка	<p>1) Острейшие кромки, заусенцы и шероховатости, имеющиеся на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</p> <p>2) Движимые механизмы, оборудования и машин при изготовлении.</p> <p>3) Опасность замыкания человека, через напряжение электрической цепи, большой риск.</p> <p>4) Поверхность оборудования нагревается, а так же заготовки и материалы используемые про процессе сварки;</p> <p>5) Увеличенное значение уровня инфракрасной радиации при работе;</p>	<p>1) Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601;</p> <p>2) Сварочный источник ВДУ-601;</p> <p>3) Шлифовальная машинка;</p> <p>4) Инвентарный стенд;</p> <p>5) Углекислый газ</p>
6. Контроль качества сварки	<p>1) Острейшие кромки, заусенцы и шероховатости, имеющиеся на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</p> <p>2) Движимые механизмы,</p>	<p>1) лупа x4</p> <p>2) шаблон сварщика УШС-3</p> <p>3) стенд гидроиспытательный</p>

	оборудования и машин при изготовлении. 3) Есть вероятность получения удара током человека, если замкнуть напряжение электрической цепи.	
--	--	--

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.

Создадим таблицу средств защиты от коллективных и индивидуальных опасных факторов (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

ОВПФ	Методы и средства защиты, снижения или устранения ОВПФ	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
Шероховатости; кромки острые, которые расположены на поверхностях изделий, инструмента, а так же оборудования	Необходимо проводить часто проводить инструкции по техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
Движущиеся механизмы, присутствующие на сварочном участке	Необходимо установить ограждения, применить предупреждающие надписи для предупреждения.	-
Сварочные материалы, как и заготовки сильно нагреваются под действием температуры сварки	Необходимо провести инструктаж, по безопасности обращения с горячим металлом	Спецодежда, перчатки
Присутствует риск замкнуть электрическую цепь через человеческое тело	Важный параметр воздействия контроля на заземление электрических устройств и оборудования	
Инфракрасная радиация имеет высокий показатель на сварных участках	Применить щиты для защиты от лучей, использовать спецодежду и маску сварщика.	Спецодежда, маска сварщика

### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Вероятных класс пожара, а так же данные о возможностях технических мер и средств в борьбе с пожаром, и организационно-технические мероприятия изображены в таблицах 4.4 – 4.6.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок подразделения	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сборочно-сварочных работ	1) Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; 2) Сварочный источник ВДУ-601; 3) Вальцовочный стенд 4) Резак «Радуга М»; 5) Шлифовальная машинка	Пожары, возникающие при воспламенении жидкостей или горячего вещества или металла (В). Если вероятность воспламенения газов: ацетилена, кислорода, углекислого газа (С).	Нерабочая электропроводка; искры, вероятное пламя; возгорание промасленных ветошей.	Вынос электрического высокого напряжения на токопроводящие части установок, технологического оборудования. Возгорание баллонов.

Данному пожару дается класс С, так как газовые баллоны легко воспламеняемы и это может быть причиной пожара, а возможно и взрыва.

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
Ящики с пешком, огнетушители, ОВП-80 МИГ	Передвижные воздушно-пенные огнетушители	Водяная система для пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава

Таблица 4.6 – Обеспечение организационных мер по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид организационных или технических мероприятий	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка двухлепестковых блоков, сварка шарового резервуара и производится контроль сварочных соединений	Весь персонал должен пройти мероприятия по изучению правил пожарной безопасности, а так же средств пожаротушения.	Первоначально нужно обеспечить нужное объем средств пожаротушения, а так же использовать защитные экраны

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта (технология сварки шарового резервуара)

Технологический процесс	Технический объект	Воздействия на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
Подготовка кромок, сборка лепестков, сварка шарового резервуара и контроль качества сварных швов и околосшовной зоны	Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; Сварочный источник ВДУ-601; Вальцовочный стенд Резак «Радуга М»;	Газообразные частицы, которые выделяются при сварке и сажа	Закрепительный и проявительный элемент рентгеновских снимков; СОЖ	Упаковки из полиэтилена, бумажные; Упаковка от материалов от сварочной проволоки, мусор бытовой, стальной металл

Таблица 4.8 – Мероприятия которые снизят антропогенное воздействие объекта на окружающую среду



Технологический объект	Сварочный участок
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду	Рукавный фильтр для пыли РЦИЭ-НЗ
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на гидросферу	Фильтр механический , который будет использоваться для очистки воды
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на литосферу	Металл стоит переплавлять

#### **4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

1. В данном разделе были показаны параметры технологического процесса производства шарового резервуара в виде последовательности операций, где происходят такие переходы как: наметка, резка, подготовка кромок, вальцевание; прихватка; контроль; сборка; погрузка; сварка. Рабочие выполняющие функции в переходах, оборудование (сварочный аппарат СЭЛЬМА ПДГО-601; сварочный источник ВДУ-601; шлифовальная машинка; резак «Радуга М»; вальцовочный стенд), материалы и заготовки, а также вспомогательные материалы (таблица 4.1)

2. Идентифицированы риски, как физические, так и механические по операциям изготовления шарового резервуара (таблица 4.2).

3. Обозначены безопасные меры по понижению рисков за счет применения вентиляции, сооружения ограждения на участке сварки и т.д., экипирование персонала средствами индивидуальной защиты (таблица 4.3).

4. Произведены меры при помощи, которых будет обеспечено пожарная безопасность операций. Идентификация класса пожарной опасности, опасных факторов, разработка мер по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблицах 4.4, 4.5 и 4.6 с определением конкретных средств пожаротушения.

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 4.7) по группам (вредные влияния на гидросферу, атмосферу и литосферу) и представлены меры по экологической безопасности оборудования (таблица 4.8) по каждой

группе загрязнений.

При выполнении раздела по экологии и безопасности было выявлено масса вредных, опасных производственных факторов, которые могут произойти при внедрении технологии на поток. Проведенный анализ по вероятности возникновения вредных и опасных факторов, которые представлены в производстве. В итоге была сделана большая работа, с помощью которой были уменьшены или вовсе устранены вредные факторы с помощью средств безопасности и санитарии в производстве. Ненадобность в разработке дополнительных средств защиты, возможны некоторые угрозы экологии при внедрении этого проекта. Для сохранения окружающей среды, необходимо соблюдение техники безопасности и технологического регламента.

## 5 Экономическая эффективность работы

В этой выпускной работе будут представлены процедуры по увеличению качества и производительности сварных швов конструкции «Шаровой резервуар». Чтобы выполнить данную конструкцию, как было показано в базовой технологии, необходимо было использовать полуавтоматическую сварку сразу на монтаже. Было предложено усовершенствовать процесс сборки и сварки, методом частичной сборки и сварки лепестков в двухлепестковые блоки во внутрещеховом помещении, следовательно, это уменьшит объем работы на монтажном участке. И поэтому была разработана усовершенствованная технология. При помощи замены сварочного оборудования, мы в некоторой степени снизим трудоемкость сварочных работ, а также есть возможность улучшить качество сварных швов.

### 5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Необходимые для проведения расчетов данные занесены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета

п/п	Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базовый	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Годовая программа	$N_{пр}$	шт	10	10
2	Финансовые затраты на 1 кг наплавляемого материала	$C_{эл.}$	Р руб/кг	359,66	359,66
3	Значение тарифной ставки	$C_{ч}$	Р руб/час	95,29	84,87
4	Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{зп}$	-	1,81	1,81

5	Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_D$	%	10	10
---	---	-------	---	----	----

Продолжение таблицы 5.1

6	Коэффициент отчислений на социальные нужды	$H_{\text{соц}}$	%	30	30
7	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Финансовые затраты на покупку оборудования	$\Pi_{\text{об}}$	Руб	227000 0	200000
9	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
0	Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,8
1	Стоимость электроэнергии	$\Pi_{\text{э}} - \text{э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
2	Удельный расход горючего газа	Узг	М <sup>3</sup> /час	-	50
3	Стоимость горючего газа	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	-	50
4	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
5	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	4500	4500
6	Площадь занимаемая оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11
7	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
8	Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{\text{МОНТ}}$ $k_{\text{дем}}$		2	2
9	Коэффициент заводских расходов	$k_{\text{ЗАВ}}$		1,97	1,97
0	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	Ен		0,33	0,33

1	Коэффициент цеховых расходов	$k_{цех}$		1,72	1,72
---	------------------------------	-----------	--	------	------

## 5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{шт} = t_0 + t_{n-3} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{н.п} + t_{в} \quad (5.1)$$

где  $t_{n-3}$  – время общее, при котором персонал тратит на исполнение операций технологического процесса  $t_{n-3} = 0,05\%$  от  $t_0$ ;

$t_0 = t_M$  – время, за которое рабочие тратят на исполнение сварочных работ;

$t_v$  – это временной диапазон, который тратят рабочие на подготовку сварочного оборудования 10% от  $t_M$ ;

$t_{обсл}$  – время которое тратит персонал, на мелкий ремонт и обслуживания оборудования, составляет 5%  $t_{МАШ}$ ;

$t_{отл}$  – время, необходимое рабочим на отдых от работы 5% от  $t_M$ ;

$t_{н.п}$  – время, необходимое на заключительные и подготовительные операции 1% от  $t_M$ .

Чтобы определить время на выполнение сварных швов ручной дуговой сваркой в одном шаровом резервуаре используем формулу:

$$t_0 = \frac{M_{напл} \cdot L_{ш}}{I_{свар}} \quad (5.2)$$

где:  $M_{напл}$  – в изделии масса наплавленного металла, кг (из данных чертежа составляет 37 кг);

$L_{ш}$  – в изделии для швов, м;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$  – наплавка при электродуговой сварке, коэффициент = 9 Г/А\*час.

Подставив в (5.2) необходимые значения получим:

$$t_{об} = \frac{60 * 37 * 560}{150 * 9} = 1381 \text{ мин.}$$

$$t_{пр} = \frac{60 * 37 * 560}{160 * 9} = 863 \text{ мин.}$$

Применив постановки в (5.1) нужных значений, то получим:

$$t_{штб} = 1381 + 1381 \cdot 0,05\% + 1381 \cdot 10\% + 1381 \cdot 5\% + 1381 \cdot 8\% = 1699 \text{ мин} \\ = 28,3 \text{ час.}$$

$$t_{штпр} = 863 + 863 \cdot 0,05\% + 863 \cdot 10\% + 863 \cdot 5\% + 863 \cdot 8\% = 1062 \text{ мин} = \\ 17,7 \text{ час.}$$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.3)$$

$$K_{общб} = 200000 + 5000 = 205000 \text{ руб.}$$

$$K_{общпр} = 227000 + 5000 = 232000 \text{ руб.}$$

где:  $K_{пр}$  – вложения капитальные в оборудование, руб.;

$K_{соп}$  – попутные вложения, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_3 \quad (5.4)$$

$$K_{прб} = 227000 * 0,7 = 158900 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 200000 * 0,7 = 140000 \text{ руб.}$$

где  $\sum C_{об}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расч} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф}} \quad (5.5)$$

где:  $N_{пр}$  – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$  – штучное время на изготовление одного, мин.;

$\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения принятой  $N_{пр}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{об.пр}$ ).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по

$$\text{формуле: } k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.6)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование, рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{эф} = D_k - D_{вых} - D_{пр} - T_{см} \cdot S - k_{р.п} \quad (5.7)$$

где:  $D_k$  – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$D_{пр}$  – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

$k_{р.п}$  – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф} \text{ час.}$$

Выполнив подстановки в (5.6) необходимых значений, получим:

$$n_{об.расчетнб} = \frac{10 \cdot 1699}{1812 \cdot 60} = 0,15 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{10 \cdot 1062}{1812 \cdot 60} = 0,1 \text{ шт}$$

Выполнив подстановки в (5.6) необходимых значений, получим:

$$k_{зб} = \frac{0,15}{1} = 0,15$$

$$k_{зпр} = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

Выполнив подстановки в (5.4) необходимых значений, получим:

$$K_{прб} = 40000 * 0,15 = 6000 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 90000 * 0,1 = 9000 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения сопутствующих капитальных вложений воспользуемся зависимостью:

$$K_{пл} = K_{монт} + K_{дем} + K_{пл} \quad (5.8)$$

$K_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$  – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{пл}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{монт} = K_{прб} + K_{прпр} \quad (5.9)$$

где:  $k_{монт}$  – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{монт} = 90000 * 0,2 = 18000 \text{ руб.}$$

$$K_{дем} = K_{зб} + K_{зпр} \quad (5.10)$$

где:  $k_{дем}$  – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{дем} = 40000 * 0,2 = 8000 \text{ руб.}$$

Расчетное определение величины расходов на площадь, требуемую для установки нового оборудования, определим с использованием зависимости:

$$K_{пл} = g * S * L \quad (5.11)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{пл} = 3 * 5000 * 3 * 0,12 = 5400 \text{ руб}$$



~~К<sub>ОБЩ</sub><sup>ПП</sup> = 9000 + 18000 + 8000 + 5400 = 40400 руб.~~

$$K_{ОБЩ}^{ПП} = 9000 + 18000 + 8000 + 5400 = 40400 \text{ руб.}$$

Расчетное определение величины удельные капитальные вложений выполним с использованием зависимости:

$$K_{уд} = \frac{K_{ОБЩ}}{N_{ПР}} \quad (5.12)$$

~~К<sub>УД</sub><sup>ПП</sup> = 40400 / 100 = 404 руб.~~

$$K_{уд}^{ПП} = 40400 / 100 = 404 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет себестоимости вариантов восстановления изделия

Для базового варианта сварки шарового резервуара расходы на сварочные материалы определим на основании зависимости:

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + ЗЗГ \quad (5.13)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена присадочной проволоки, руб/кг;

$Н_{ЭЛ}$  = норма расхода, кг.

Для определения нормы расхода присадочного материала воспользуемся формулой:

$$Н_{ЭЛ} = У \cdot L \quad (5.14)$$

где –  $У$  - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

$L$  – длина сварного шва, м.

Длину шва определим на основании зависимости:

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (5.15)$$

где  $k_p$  – коэффициент учитывающий расход присадочных материалов, 1,7;

$M_{напл.мет}$  – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.16)$$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, 2,7 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 140 \text{ мм}^2$ .

$$M_{\text{напл. мет}} = 7,1 \cdot 140 / 1000 = 0,99$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,99 = 0,09$$

$$N_{\text{рЭЛ}} = 0,99 \cdot 7,100 = 7,029 \text{ кг}$$

$$Z_{\text{ПРБ}} = 359,66 \cdot 7,029 = 2538 \text{ руб.}$$

Для базового варианта сварки шарового резервуара расходы на углекислый газ определим с помощью формулы:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.17)$$

где  $C_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{\text{рз.г.}}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Подставив в (5.17) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{з.г.}} = 0,2 \cdot 2500 = 500 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в применяемом на предприятии варианте технологического процесса сварки шаровых резервуаров:

$$Z_{\text{Мб}} = Z_{\text{прб}} + Z_{\text{зг}} = 2538 + 500 = 3038 \text{ руб.}$$

Для разработанного варианта сварки шарового резервуара

$$Z_{\text{МсвПР}} = Z_{\text{свПР}} + Z_{\text{зг}} \quad (5.21)$$

Расчетное определение затрат на присадочную проволоку

$$Z_{\text{МсвПР}} = C_{\text{ПР}} \cdot N_{\text{ПР}}; \quad (5.22)$$

где  $C_{\text{ПР}}$  – цена электродной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{ПР}}$  – норма расхода электродной проволоки, кг.

Подставив в (5.22) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{ПР}} = 570 \cdot 0,5 = 285 \text{ руб.}$$

Для разработанного варианта сварки шаровых резервуаров расходы на аргон определим с помощью формулы:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.26)$$

где  $C_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{\text{рз.г.}}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Подставив в (5.26) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{з.г.}} = 0,2 \cdot 1800 = 360 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в разработанном варианте технологического

процесса сварки шаровых резервуаров:

$$ЗМпр = Зпр + Ззг = 285 + 360 = 645 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$Зэ-эб = \frac{Робб}{КПД} Цэ-э \quad (5.30)$$

где  $Робб$  – полезная мощность оборудования, кВт;

$Цэ-э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

$КПД$  – коэффициент полезного действия установки.

Для расчетного определения мощности сварочного оборудования воспользуемся значениями параметрами режимов сварки: сила тока и напряжение,

$$Робб = 120 \cdot 26 = 3120 \text{ Вт} = 3,12 \text{ кВт}$$

Тогда, подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$Зэ-эб = \frac{3,12 \cdot 3}{0,7} 3,2 = 132,6 \text{ руб.}$$

$$Робпр = 160 \cdot 23 = 3680 \text{ Вт} = 3,7 \text{ кВт}$$

Тогда, подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$Зэ-эпр = \frac{3,7 \cdot 2}{0,7} 3,2 = 33,8 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$З_{обс.в.р.} = \frac{А_{об} + Р_{т.р} + З_{в.тех} + З_{сж.вс}}{100} \quad (5.32)$$

где  $А_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$Р_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

$З_{в.тех}$  – затраты на воду техническую;

$З_{сж.вс}$  – затраты на сжатый воздух.

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием

формулы:

$$A_{обб} = \frac{Ц_{обб} \cdot H_{обб}}{1812 \cdot 100 \cdot 60}$$

где  $Ц_{обб}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб;

$H_{обб}$  – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{обб} = \frac{227000 \cdot 1699 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 639 \text{ руб.}$$

$$A_{обпр} = \frac{200000 \cdot 1062 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 352 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения расходов на текущий ремонт технологического оборудования воспользуемся зависимостью:

$$P_{т.р.б} = \frac{Ц_{обб} \cdot H_{т.р.б}}{1812 \cdot 100} \quad (5.33)$$

где  $H_{т.р.б}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$P_{т.р.б} = \frac{227000 \cdot 35 \cdot 0,15}{1812 \cdot 100} = 6,57 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{200000 \cdot 35 \cdot 0,1}{1812 \cdot 100} = 3,86 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{обб} = 639 + 6,57 = 645,57 \text{ руб.}$$

$$З_{обпр} = 352 + 3,86 = 355,86 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$P_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot H_{пл} \cdot S_{пл}}{1812 \cdot 100} \quad (5.34)$$

где:  $Ц_{пл}$  – цена  $1\text{ м}^2$  производственной площади, руб.;

$H_{пл}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{пл}$  – площадь, необходимая для сварки бака,  $\text{ м}^2$ ;

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$Z_{площ} = \frac{4500 * 8 * 2 * 1699}{1812 * 100 * 60} = 11,25 \text{ руб.}$$

$$Z_{площ} = \frac{4500 * 11 * 2 * 1062}{1812 * 100 * 60} = 9,67 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп} \quad (5.35)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛосн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot k_{зпл} \quad (5.36)$$

где Сч – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$  – норма штучного времени, час;

$k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,81.

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_{у} \cdot k_{пф} \cdot k_{н} \quad (5.37)$$

где  $k_{пр} = 1,25$  – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_{у} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,057$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{н} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

Подставив в (5.36) необходимые значения, получим:

$$\text{ЗПЛоснб} = 28,3 \cdot 80 \cdot 1,81 = 4097,84 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛоснпр} = 17,7 \cdot 80 \cdot 1,81 = 2562,96 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:



где  $k_d$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^B = 4097,84 \cdot 10 / 100 = 409,78 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{PP} = 2562,96 \cdot 10 / 100 = 256,29 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_B = 4097,84 + 409,78 = 4507,62 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{PP} = 2562,96 + 256,296 = 2819,25 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} \quad (5.36)$$

где  $N_{соц}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.36) необходимые значения, получим:

$$O_{CH}^B = 4507,62 \cdot 30 / 100 = 1352,28 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{np} = 2819,25 \cdot 30 / 100 = 845,75 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{тех} = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зплоч + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (5.38)$$

$$C_{тех}^{БАЗ} = 485,4 + 26,0 + 11,04 + 11,16 + 4507,62 + 1352,28 = 6393,5 \text{ руб.}$$

$$C_{тех}^{PP} = 365,8 + 20,1 + 23,74 + 8,14 + 2819,25 + 845,75 = 4082,78 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех}; \quad (5.39)$$

где  $P_{цех}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{цех} = Z_{осн} \cdot K_{цех} / 100 \quad (5.40)$$

где  $K_{цех}$  – коэффициент цеховых расходов, %;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{ЦЕХ}^{БАЗ} = 6393,5 + 4097,84 * 2,45 = 6393,5 + 10039,7 = 16433,2 \text{ руб.}$$

$$C_{ЦЕХ}^{ПР} = 4082,78 + 2562,96 * 2,45 = 4082,78 + 6151,1 = 10362 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской (производственной) себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} = C_{цех} + K_{зав} \cdot Z_{осн} / 100 \quad (5.41)$$

где  $P_{зав}$  – сумма заводских расходов, руб.

$K_{зав}$  – коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{ПРОИЗВ}^{БАЗ} = 16433,2 + 4097,84 * 1,9 = 16433,2 + 7785,90 = 24219 \text{ руб.}$$

$$C_{ПРОИЗВ}^{ПР} = 10362 + 2562,96 * 1,9 = 10362 + 4869,62 = 15231,62 \text{ руб.}$$

Результаты расчета себестоимости обобщим в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Калькуляция себестоимости

№ п/п	Показатели	Условные обозначения	Калькуляция, руб	
			базовый	проектный
1	2	3	4	5
1	Материалы вспомогательные	ЗМ	303,1	64,8
2	Затраты на электроэнергию	Зэ-э	13	3,3
3	Фонд заработной платы	ФЗП	450	281,4
4	Отчисления на социальные нужды	$O_{сн}$	135	84
5	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	Зоб	64	25
6	Затраты на площади	Зпл	1,1	0,09
	Себестоимость технологическая	Стех	6393,5	4082,78
7	Цеховые расходы		10069,7	6151,1
	Себестоимость цеховая	Сцех	16433,2	10362
8	Заводские расходы		7785,90	4869,62
9	Себестоимость заводская	Сзав	24219	15231,62

## 5.5 Определение показателей экономической эффективности разработанной технологии

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Прож} = \text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗAB}}^{\text{ПП}} - C_{\text{ЗAB}}^{\text{БАЗ}}) \cdot \text{NГ} \quad (5.42)$$

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (24219 - 15231,62) \cdot 100 = 898738 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой:

$$\text{ЭГ} = [(C_{\text{ЗAB}}^{\text{ПП}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{удб}}) - (C_{\text{ЗAB}}^{\text{БАЗ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot \text{NГ} \quad (5.43)$$

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$\text{ЭГП} = [(24219 + 0,33 \cdot 54) - (15231,62 + 0,33 \cdot 2000)] \cdot 100 = 834538 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}}}{\text{Пр}_{\text{ОЖ}}} \quad (5.44)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{200000}{898738} = 0,22 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,22 = 4,35 < E_{\text{н}} \quad (5.45)$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{шт}}^{\text{БАЗ}} - t_{\text{шт}}^{\text{ПП}}}{t_{\text{шт}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.46)$$

Подставив в (5.44) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{28,3 - 17,7}{28,3} \cdot 100\% = 37\%$$

Снижение трудоемкости произошло вследствие повышения скорости сварки

Показатель повышения производительности труда:

$$\Delta F = \frac{1 Q_{\text{шт}}}{1 Q_{\text{шт}}} \quad (5.47)$$



$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 58\%$$

Выводы по экономическому разделу

При разработке экономического раздела выпускной квалификационной работы, были проведены расчеты, которые позволили определить экономические параметры, такие как технологическая и заводская.

Оборудование было внедрено с пользой, позволило увеличить производительность при помощи уменьшения трудоемкости на 37% разрабатываемого изделия, а производительности труда на 58 %

Чтобы внедрить оборудование, которое имеет больший потенциал в производительности, необходимы финансовые затраты в размере 200000 руб., которые окупятся через 0,22 года. Исходя из планов размера экономического эффекта составит 834538 руб.

На основании сделанного вывода по экономическому разделу, можно понять, что данная дипломная работа обладает экономической эффективностью в размере 834538 при производстве программы в 10 шаровых резервуаров. Цель проекта достигнута.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Был разработан технологический процесс сварки шарового резервуара для хранения хлора, где все сварные швы произведены вручную с помощью полуавтоматической сварки.

Чтобы реализовать эту работу есть необходимость закупить новое оборудование, которое поспособствовало увеличению производительности труда.

При внедрении результатов бакалаврской работы предположительный экономический годовой эффект можно получить в размере

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дикун В.Н., Сооружение шаровых резервуаров [Текст]: Литература/ В.Н. Дикун, Я.А. Шейнблит; - М.: 1987. - 192 с.
2. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах: ПОТ РМ-020-2001: введ. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва: [б. и.], 2001. - 58 с.
3. Нехаев, Г.А. Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления / Г.А. Нехаев; - М.: изд-во АСВ, 2005 г., 216 с.
4. Колганов, Л. А. Сварочное производство [Текст]: Учебное пособие/ Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
5. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением: учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д.: Феникс, 2002. - 215 с.
6. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомодеформационному старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 31-40.
7. Шелягин, В.Д. Гибридная сварка излучением СО<sub>2</sub>-лазера и дугой плавящегося электрода в углекислом газе / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, В.П. Гаращук [и др.] // Автоматическая сварка. – 2002. – № 10. – С. 35–41.
8. Спиваков В.И., Орлов Э.А. Исследование влияния деформационно-термических параметров асимметричного охлаждения на плоскостность, микроструктуру и механические свойства листов.//Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр.ИЧМ. К.: — Наукова думка, 2002. – Вып.4. – С. 321.
9. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2009 г. №274-ст. М.:

Стандартинформ, 2010. – 51 с.

10. Колосков, М.М. Марочник сталей и сплавов [Текст]/М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; под ред. А.С. Зубченко - М.: Машиностроение, 2001 г., 672 с.

11. Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Серия 03. Выпуск 69. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 240 с.

12. Винокуров, В.А. Сварочные деформации и напряжения. Методы их устранения [Текст]: Техническая литература/В.А. Винокуров. – М.: Издательство «Машиностроение», 1968. – 236 с.

13. Глазманенко, Д.Л. Газовая сварка и резка металлов [Текст]: Техническая литература/Д.Л. Глазманенко. – М.: Высшая школа, 1969. – 304 с.

14. Готальский, Ю.А. Сварочные деформации и напряжения. Методы их устранения [Текст]: Техническая литература/Ю.Н. Готальский. – Киев: Издательство «Техніка», 1981. – 236 с.

15. Алешин, Н.П. Сварка. Резка. Контроль: Справочник Т.1./ под ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова, Э.А. Гладкова и др. - М.: «Машиностроение», 2004. - 672 с.

16. Алешин, Н.П. Сварка. Резка. Контроль: Справочник Т.2./ Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова, Э.А. Гладкова и др. - М.: «Машиностроение», 2004. - 480 с.

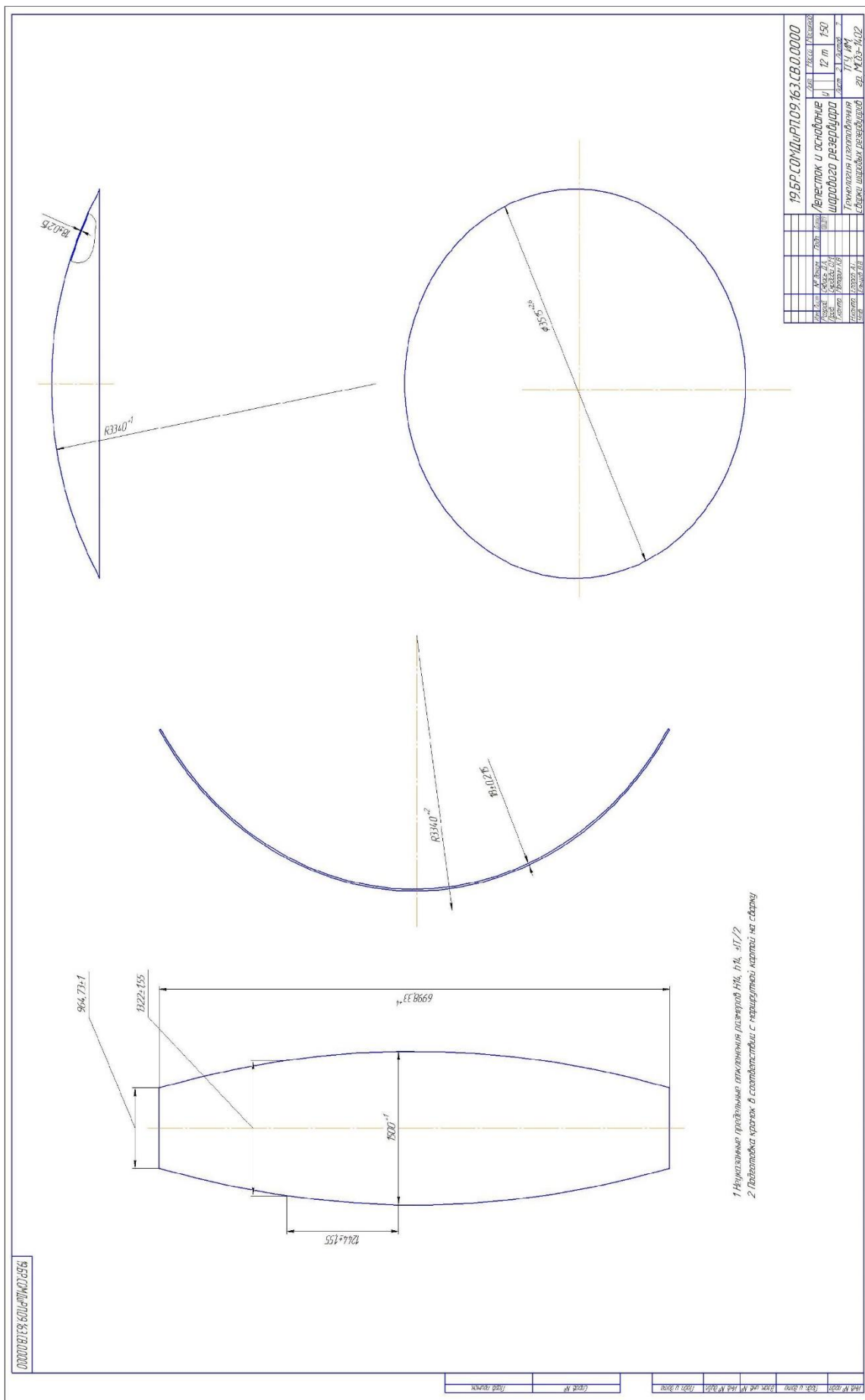
17. Браткова, О.Н. Источники питания сварочной дуги [Текст]: Учебник для вузов/О.Н Браткова. – М.: Высшая школа, 1982. – 182 с.

18. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов/А.И Красовский – Изд. 4-е, перераб. - М.: «Машиностроение», 1980. - 319 с.

19. Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций/ под ред. С.А. Куркина, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. - М.: «Машиностроение», 1989. - 328 с.

20. Мандриков, А.П. Примеры расчета металлических конструкций:  
Учеб. Пособие для техникумов. - 2-е изд, перераб. и доп./А.П Мадриков. –  
М.: Стройиздат, 1991. – 431 с.



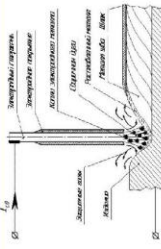
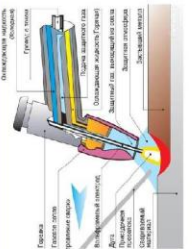
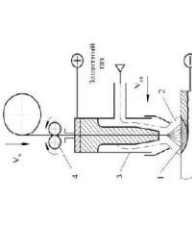
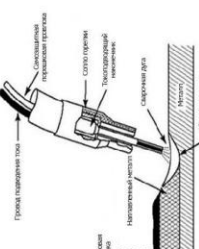






Анализ способов наладки контролирующей планки

19.57.С.01.Д.01.Р.14.163

Способ	Эскиз	Преимущества	Недостатки
<p>Ручная дуга сварка покрытым электродом</p>		<p>Простота в использовании Работает от сети 220В и 380В Возможность сварки в труднодоступных местах</p>	<p>Низкая производительность При отсутствии специальной защиты возможно поражение током Требуется затраты на обучение сварщика</p>
<p>Механизированная аргонодуговая сварка</p>		<p>Достаточно высокое качество Минимальные потери электрического металла Позволяет соединять разнородные материалы</p>	<p>Сильное излучение ультрафиолета Высокая стоимость вольфрама и аргона Горелку надо периодически охлаждать</p>
<p>Механизированная сварка плавящейся пробиркой в углекислом газе</p>		<p>Высокое качество сварочного шва Визуальное наблюдение за процессом гадения дуги и образования шва</p>	<p>Возможность сдувания струи газа ветром или сквозняком Наплавка возможна только при постоянном токе повышенное разбрызгивание</p>
<p>Механизированная сварка порошковой пробиркой</p>		<p>Порошковая сварка очень популярна в производстве наплавочных работ Позволяет применять ток очень большой плотности Гибкость и универсальность способа</p>	<p>Порошковая пробирка имеет малую жесткость Есть возможность образования пор Имеет высокую стоимость пробирки</p>

19.57.С.01.Д.01.Р.14.163








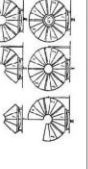
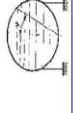
Исполнитель	М.И.С.	Л.С.	М.И.С.	М.И.С.
Выбор способа сварки	И	И	И	И
Генеральный инженер	И	И	И	И
Сварщик	И	И	И	И

17.11.19

19.57.С.01.Д.01.Р.14.163

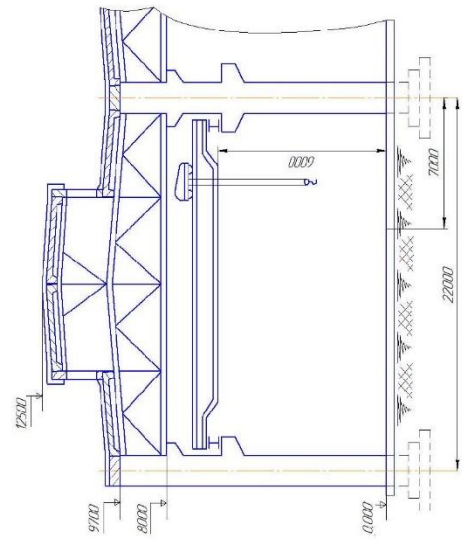
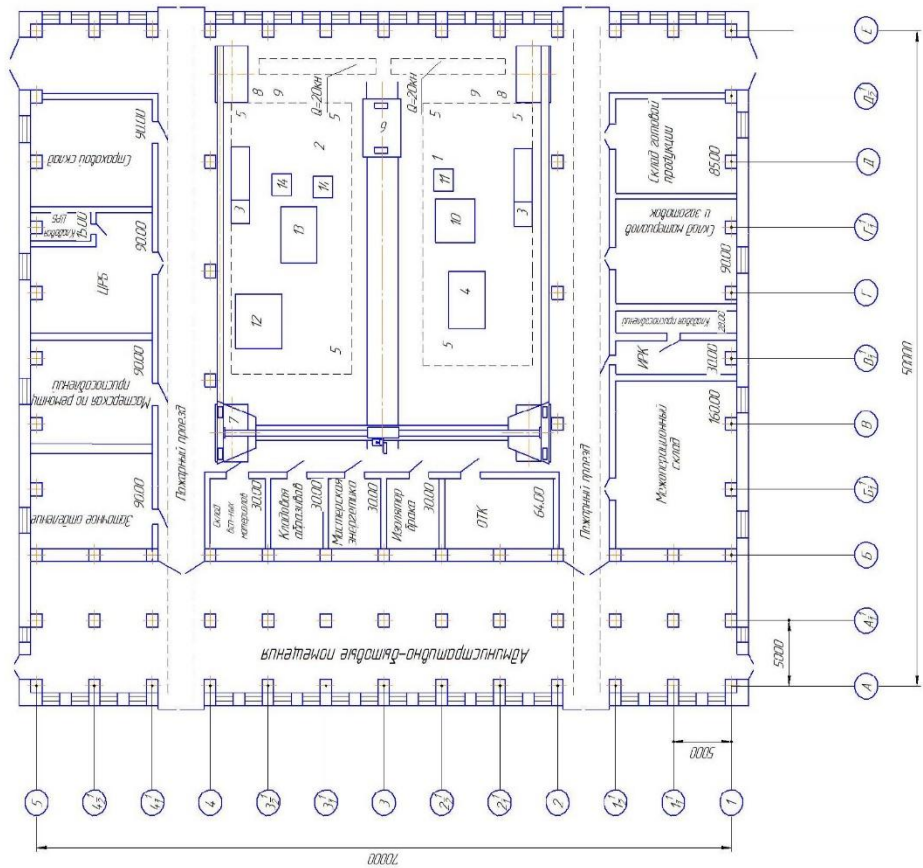
Технологический процесс изготовления шарового резервуара

19.БФ.СОНД.П.11.163

№ п/п	Операция	Эскиз	Оборудование, приспособление и материалы	Режимы	Технические требования
1	Заготовительная		Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1-1; Резакка БВАРНТЕ РРО 6100-125; Газокислородная резка "Радуга М"; Вальцовочный станок	$n_{op} = 1000 \text{ об./мин}$	Наметка листов Резка; Подготовка кромок; Вальцевание;
2	Контрольная		Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1-1; Резакка БВАРНТЕ РРО 6100-125; Металлическая линейка;	в ручную	Проконтролировать качество изготовления листов
3	Слесарная		Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1-1; Резакка БВАРНТЕ РРО 6100-125; Инвентарный станок	в ручную	Закрепить два лепестка на инвентарный станок
4	Контрольная		Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1-1; Резакка БВАРНТЕ РРО 6100-125; Металлическая линейка; УШС -3; Луга x10	в ручную	Проконтролировать сборку лепестков; Проверить зазоры
5	Сварочно-сварочная		Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПЛГО-601; Сварочный источник ВЛЧ-601; Проволока СВ-15Х18Н12С4Т0; Маска Сварог АS-2-F; Рукавицы ESAV Heavy Duty Basic	$n_{op} = 150 \text{ А}$ $U_{op} = 25 \text{ В}$ $n_{нар} = 9 \text{ м/час}$ $n_{пр} = 12 \text{ м/час}$ $Q = 1,2 \text{ мм}$ $q = 8-10 \text{ л/мин}$	Произвести сварку лепестков между собой для получения двухлепесткового блока
6	Контрольная		Дефектоскоп ультразвуковой; УШС-3	в ручную	Проконтролировать качество сварного соединения
7	Погрузка и транспортировка		Кран 10 т; Бортвая машина	в ручную	Погрузка двухлепестковых блоков; Транспортировка до места монтажа
8	Сварочная		Сварочный аппарат СЭЛЬМА ПЛГО-601; Сварочный источник ВЛЧ-601; Проволока СВ-15Х18Н12С4Т0; Маска СВАР Heavy Duty Basic; Рукавицы ESAV Heavy Duty Basic; Сварочный станок, Кран	$n_{op} = 150 \text{ А}$ $U_{op} = 25 \text{ В}$ $n_{нар} = 6 \text{ м/час}$ $n_{пр} = 12 \text{ м/час}$ $Q = 1,2 \text{ мм}$ $q = 8-10 \text{ л/мин}$	Произвести сварку двухлепестковых блоков; Произвести сварку резервуара; Произвести сварку опорных ножек; Закрепить резервуар на опорные ножки
9	Контрольная		Дефектоскоп ультразвуковой; УШС-3;	в ручную	Контроль качества сварки; Проверка на герметичность водой

19.БФ.СОНД.П.11.163	
№ п/п	№
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

Планировка производственного участка



№ П/П	Наименование	Материал	Количество	Примечание
1	Пазы для стоек		2	
2	Пазы для стоек		2	
3	ЛПХ		1	
4	Пазы для (материал для изготовления)		1	
5	Защитные ограждения		1	
6	Крепежные элементы		1	
7	Материал для изготовления		1	
8	Пазы для стоек		1	
9	Стойки для стоек	ПДП-501	1	
10	Стойки для стоек	ВР-501	1	
11	Поручни для стоек	ПА 1221	1	
12	Поручни для стоек		1	
13	Поручни для стоек		1	
14	Поручни для стоек		1	
15	Поручни для стоек		1	
16	Поручни для стоек		1	
17	Поручни для стоек		1	
18	Поручни для стоек		1	
19	Поручни для стоек		1	
20	Поручни для стоек		1	
21	Поручни для стоек		1	
22	Поручни для стоек		1	
23	Поручни для стоек		1	
24	Поручни для стоек		1	
25	Поручни для стоек		1	
26	Поручни для стоек		1	
27	Поручни для стоек		1	
28	Поручни для стоек		1	
29	Поручни для стоек		1	
30	Поручни для стоек		1	
31	Поручни для стоек		1	
32	Поручни для стоек		1	
33	Поручни для стоек		1	
34	Поручни для стоек		1	
35	Поручни для стоек		1	
36	Поручни для стоек		1	
37	Поручни для стоек		1	
38	Поручни для стоек		1	
39	Поручни для стоек		1	
40	Поручни для стоек		1	
41	Поручни для стоек		1	
42	Поручни для стоек		1	
43	Поручни для стоек		1	
44	Поручни для стоек		1	
45	Поручни для стоек		1	
46	Поручни для стоек		1	
47	Поручни для стоек		1	
48	Поручни для стоек		1	
49	Поручни для стоек		1	
50	Поручни для стоек		1	
51	Поручни для стоек		1	
52	Поручни для стоек		1	
53	Поручни для стоек		1	
54	Поручни для стоек		1	
55	Поручни для стоек		1	
56	Поручни для стоек		1	
57	Поручни для стоек		1	
58	Поручни для стоек		1	
59	Поручни для стоек		1	
60	Поручни для стоек		1	
61	Поручни для стоек		1	
62	Поручни для стоек		1	
63	Поручни для стоек		1	
64	Поручни для стоек		1	
65	Поручни для стоек		1	
66	Поручни для стоек		1	
67	Поручни для стоек		1	
68	Поручни для стоек		1	
69	Поручни для стоек		1	
70	Поручни для стоек		1	
71	Поручни для стоек		1	
72	Поручни для стоек		1	
73	Поручни для стоек		1	
74	Поручни для стоек		1	
75	Поручни для стоек		1	
76	Поручни для стоек		1	
77	Поручни для стоек		1	
78	Поручни для стоек		1	
79	Поручни для стоек		1	
80	Поручни для стоек		1	
81	Поручни для стоек		1	
82	Поручни для стоек		1	
83	Поручни для стоек		1	
84	Поручни для стоек		1	
85	Поручни для стоек		1	
86	Поручни для стоек		1	
87	Поручни для стоек		1	
88	Поручни для стоек		1	
89	Поручни для стоек		1	
90	Поручни для стоек		1	
91	Поручни для стоек		1	
92	Поручни для стоек		1	
93	Поручни для стоек		1	
94	Поручни для стоек		1	
95	Поручни для стоек		1	
96	Поручни для стоек		1	
97	Поручни для стоек		1	
98	Поручни для стоек		1	
99	Поручни для стоек		1	
100	Поручни для стоек		1	

19.67.С01.01.Р-50.163

Лист №	1
Кол-во листов	1
Дата	19.06.2019
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Срок действия	1 год
Содержание	Планировка производственного участка

19.6P.COM.DI.156.163

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

*Калькуляция себестоимости сварки шарового резервуара*

### Показатели экономической эффективности

Показатели	Усл. обоз.	Калькуляция, руб	
		Базов	Проект
Материалы	М	303,1	64,8
Фонд оплаты труда	ФЗП	4,50	2814
Затраты на амортизацию	Осн	64,72	25
Затраты на площади	Зод	1,15	0,09
Себестоимость технологическая	Стех	6393,5	4082,78
Расходы цеховые	Рцех	10067,7	6151,1
Себестоимость цеховая	Сцех	16433,2	10362
Расходы заводские	Рзав	7785,90	4869,62
Себестоимость цеховая	Сзав	24219	15231,62

*Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости сварки шарового резервуара*

$$\text{Прож} = (C_{\text{зав}} - C_{\text{зав}'} ) \cdot \text{Пз} = 898738 \text{ руб.}$$

*Годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования*

$$\text{Эз} = [(C_{\text{зав}} + E_{\text{с}} \cdot K_{\text{зав}}) - (C_{\text{зав}'} + E_{\text{с}} \cdot K_{\text{зав}'})] \cdot \text{Пз} = 834538 \text{ руб.}$$

*Снижение трудоемкости выполнения работ*

$$\Delta \text{шт} = \frac{\text{шт}_{\text{зав}} - \text{шт}_{\text{зав}'}}{\text{шт}_{\text{зав}}} \cdot 100\% = 37\%$$

*Снижение себестоимости сварки шарового резервуара*

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{C_{\text{зав}} - C_{\text{зав}'}}{C_{\text{зав}}} \cdot 100\% = 24\%$$

*Рост производительности труда*

$$\Delta \text{П} = \frac{100 \cdot \Delta \text{шт}}{100 - \Delta \text{шт}} = 58\%$$

*Срок окупаемости капитальных вложений*

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{зав}'}}{\text{Эз}} = 0,2 \text{ года}$$

19.6P.COM.DI.156.163	
Экономические показатели	1970
Темп роста (по сравнению с базисным периодом)	111,1%
Среднегодовой темп роста	1,1%

Имя, Фамилия, Инициалы, Должность, Подпись, Дата