

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

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

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

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Технологический процесс изготовления цистерны для  
топливозаправщиков»

Обучающийся

С.Е. Свиридов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

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

Консультант (ы)

к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

## Аннотация

В настоящее время перевозка топлива с помощью топливозаправщиков является неотъемлемой частью всей авиационной промышленностью.

Цистерна – это основная часть топливозаправщиков, имеющая разный объем для перевозки авиационного топлива и изготавливается из углеродистой стали.

Главное преимущество алюминиевой цистерны перед цистерной, изготовленной из углеродистой стали, является облегченный вес. Алюминиевая цистерна легче на 60 процентов чем стальная. Тем самым цистерна из алюминиевого сплава может провести больше объем топлива, чем стальная. Исходя из этого, цистерна из алюминиевого сплава во время эксплуатации экономически выгоднее и принесет больше доход, чем стальная не зависимо от условий эксплуатации.

Цель выпускной квалификационной работы – облегчения веса цистерны путем изготовления из алюминиевого сплава АМг5.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) произвести анализ и выбор способа сварки
- 2) составить технологический процесс изготовления цистерны
- 3) произвести экологическую экспертизу проектной технологии
- 4) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений

Выпускная квалификационная работа состоит из 4 чертежей формата А1, пояснительной записки из 57 страниц, включает в себя 19 рисунков, 8 таблиц и 31 источников используемой литературы.

## **Abstract**

The senior paper consists of an introduction, four parts, a conclusion, tables, list of references including foreign sources and the graphic part on 4 A1 sheets.

The title of the thesis is "The technological process of the manufacturing tankers".

The key issue of the thesis is the design of tank capacity 20,000 liters. A tanker this volume allows you to refuel the largest number of aircraft models simultaneously with the least cost of the airline to operate the tanker.

The aim of the work is to develop a tank with a light weight by manufacturing aluminum alloy AMg5.

The senior thesis may be divided into several logically connected parts which are: analysis of the issue; development of the technological process of the tank manufacturing; safety and environmental friendliness of the project; economic justification.

Finally, we present the work on the manufacture of a tank from the design version is 20% more expensive than the basic version. But the operation of the design option is 50% more economically profitable than the basic one. Therefore, the developed technology is cost-effective and can be applied in production.

In conclusion we would like to stress this work is relevant the solving problem with the large mass of the tank and the operation of this tank become more economically beneficial.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ состояния вопроса .....	6
1.1 Описание цистерны.....	7
1.2 Особенности сварки материала.....	9
1.3 Анализ возможных способов сварки.....	10
1.4 Задачи проекта.....	16
2 Разработка технологического процесса изготовления цистерны .....	18
2.1 Технологический процесс изготовление деталей цистерны .....	18
2.2 Технологический процесс сборки и сварки цистерны.....	24
2.3 Контроль качества сварных соединений.....	30
2.4 Испытание цистерны.....	36
3 Безопасность и экологичность проекта.....	38
3.1 Технологическая характеристика изготовления цистерны .....	38
3.2 Идентификация опасных производственных факторов.....	40
3.3 Методика устранения опасных производственных факторов.....	42
3.4 Пожарная безопасность.....	44
3.5 Экологическая безопасность.....	46
4 Экономическое обоснование .....	47
4.1 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	47
4.2 Расходы на топливо во время эксплуатации.....	52
4.3 Вывод по экономической эффективности.....	53
Заключение.....	54
Список используемой литературы и используемых источников.....	55

## Введение

Современный мир высоких технологий и прогресса трудно представить без автомобилей, самолётов, аэропортов и, в целом, без авиационной и автомобильной промышленности. Для их работоспособности и постоянного, бесперебойного функционирования необходим большой объём топлива, перевозку, хранение и заправку которого осуществляют бензовозы и топливозаправщики. Эти транспортные средства хоть и выполняют разные функции, но, все же, имеют общую составляющую - цистерну для хранения и перевозки топлива.

Главным аспектом в выборе топливозаправщика является объём перевозимого топлива. Самый распространённый объёмом заправочных баков самолетов является 20 000 литров. Топливозаправщик с данным объёмом позволяет заправлять наибольшее число моделей самолетов за один раз, с наименьшими простоями и затратами авиакомпании на эксплуатацию топливозаправщика.

Цистерна топливозаправщика изготовленная из углеродистой стали имеет максимальный объём 15000 литров, изготовление данной цистерны с наибольшим объёмом ведёт за собой ряд проблем которые усложняют эксплуатацию, такие как: повышенная нагрузка на шасси, повышенный износ тормозных колодок и колёс, увеличенная стоимость эксплуатации.

Стальная цистерна имеет один большой минус - это вес цистерны и всего бензовоза в целом. Тяжёлый вес транспорта не позволяет перевозить большой объём топлива, тем самым замедляет рабочий процесс, увеличивает простои и затраты авиакомпаний.

Предлагаю в данной выпускной квалификационной работе рассмотреть изготовление цистерны объёмом 20000 литров из алюминиевого сплава, для облегчения веса изделия и перевозки наибольшего количества топлива.

# 1 Анализ состояния вопроса

## 1.1 Описание цистерны

Цистерна представляет собой закрытую емкость для хранения и перевозки различных жидкостей, которая изготавливается из стали или алюминиевых сплавов.

В выпускной квалификационной работе будет проведён анализ изготовления цистерны для перевозки нефтепродуктов объемом  $20\text{ м}^3$ , изготовленной из алюминиевого сплава АМГ5 ГОСТ 21631-76 . Все элементы цистерны выполнены из листа толщиной 6 мм. 3Д модель цистерны изображена на рисунке 1.

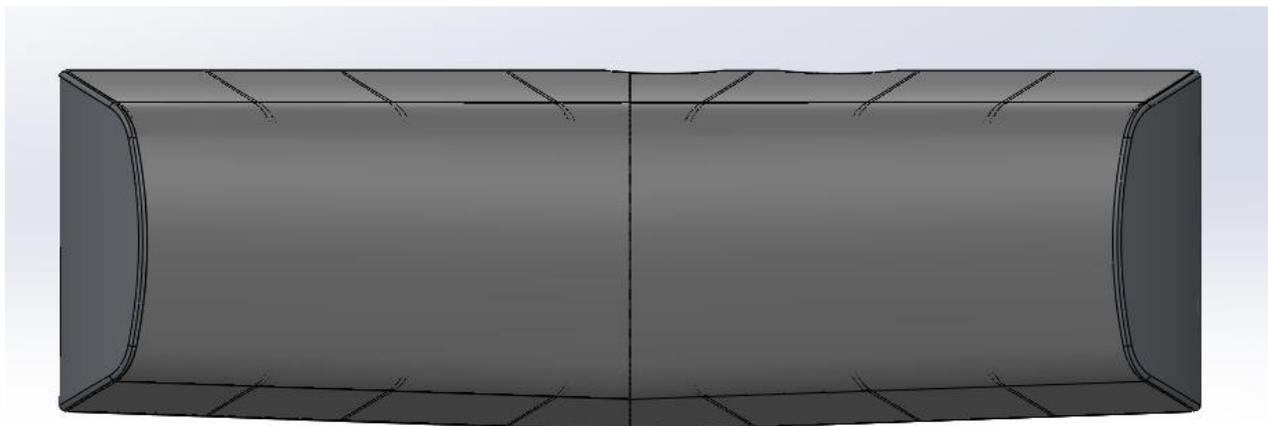


Рисунок 1- 3Д модель цистерны

В данной работе предлагаю рассмотреть вариант изготовления не стандартной цилиндрической цистерны, а конусовидной с небольшим уклоном в центр, для отделения воды от топлива, а так же для, наименьшего остатка жидкости при сливе из цистерны.

Цистерна состоит из двух обечаек (позиция 1 и 2 на рисунке 2), рёбер

жесткости (позиция 3,4,5,6,7,8) и двух доньшек (позиция 9).

Установленные рёбра жесткости и доньшки подробнее изображены на рисунке 2.

Заранее в обечайках делаются отверстия для установки в них, в дальнейшем, заливных горловин.

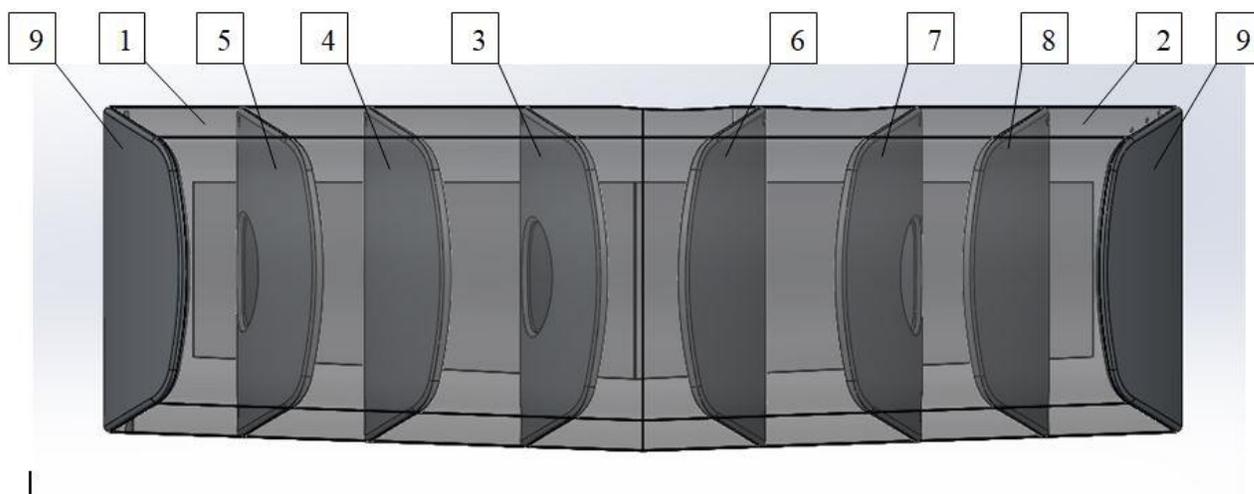


Рисунок 2 – 3д модель с прозрачной обечайкой

Для увеличения жесткости всей цистерны, внутрь нее устанавливаются рёбра жесткости, изготовленные по внутренней форме цистерны, которые также выполняют функцию волнореза для гашения волн, создаваемых при движении. В ребрах жесткости также имеются проходные отверстия диаметром 600мм., предназначенные для обеспечения доступа рабочим ко всем труднодоступным местам и для прохода топлива.

По бокам цистерны устанавливаются доньшки для замыкания.

Подробная сборка и сварка всех элементов цистерны изображена на рисунке 3.

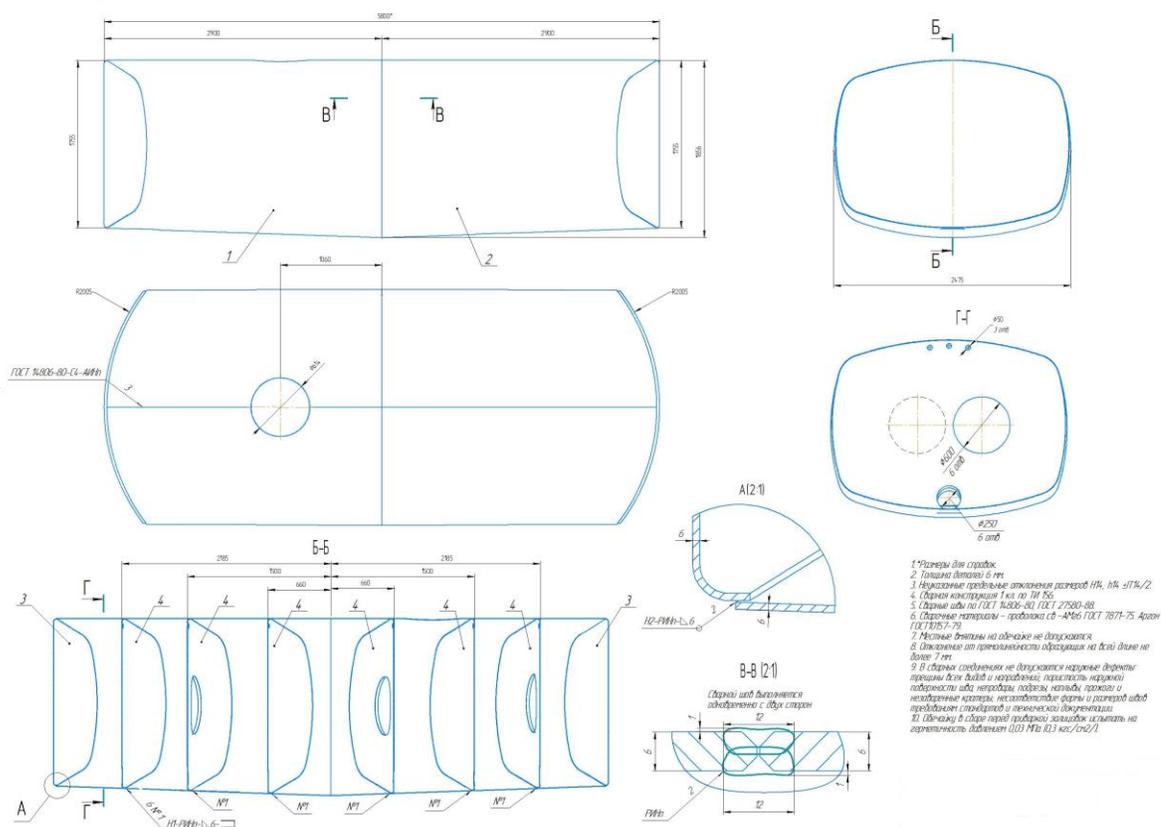


Рисунок 3- Чертёж цистерны

«Материал АМг5 предназначен для изготовления полуфабрикатов (лент в рулонах, листов, кругов-дисков, плит, полос, прутков, профилей, шин, труб, проволоки, поковок и штампованных поковок) методом горячей или холодной деформации, а также слябов и слитков» [2],[5],[22]

«Таблица 1 - Химический состав, массовая доля элементов, %»[2],[29].[23]

Обозначение марки		Массовая доля элемента, %												
		Кремний	Железо	Медь	Марганец	Магний	Хром	Цинк	Титан	Дополнительные указания	Прочие		Алюминий	Плотность кг/дм <sup>3</sup>
Буквенное	Цифровое										Каждый	Сумма		
АМг5	1550	0,5	0,5	0,1	0,3—0,8	4,8—5,8	—	0,2	0,02—0,10	Бериллий: 0,0002—0,005	0,05	0,1	Остальное	2,65

## 1.2 Особенности сварки материала

«Сварка алюминия и его сплавов принципиально отлична от сварки стали. Это связано с его особенностями: - высокая теплопроводность. Она в пять раз выше, чем у сталей, а потому и тепло активно отводится от свариваемого места. В связи с этим требуется обеспечение высоких вложений тепла; - высокая степень сродства к кислороду и образование прочного оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) в виде пленки, покрывающей поверхность металла и имеющей значительное превышение температуры плавления ( $2050^\circ C$ ) над температурой плавления алюминия ( $\sim 660^\circ C$ ). Обладая высокой температурой плавления, оксидная пленка не расплавляется в процессе сварки и покрывает металл прочной оболочкой, затрудняющей образование общей ванны. Это сказывается на характере капельного переноса металла. При сварке в окислительной среде размер капель, переходящих с электрода, достигает большой величины, и горение дуги протекает неустойчиво; - большая жидкотекучесть расплавленного металла затрудняет управление сварочной ванной. Очень мало времени необходимо для застывания сварочной ванны, что приводит к неполному газовыделению, образованию пор в шве, плохому соединению; - алюминий при нагреве не изменяет цвет, т.е. сварщик не получает визуальную информацию о достигнутой температуре; - высокая литейная усадка, которая приводит при затвердевании материала сварочной ванны к развитию внутренних напряжений. Следствием напряжений становится появление дефектов, включая горячие трещины; - высокий коэффициент линейного расширения приводит к существенным остаточным деформациями.

Важнейшим показателем свариваемости алюминиевых сплавов является способность не образовывать при сварке «горячих трещин». Сплавы, крайне чувствительные к горячему трещинообразованию, считаются не свариваемыми. Применение их в сварных конструкциях не рекомендуется. Сплавы, не

упрочняемые термической обработкой (группы АМг и АМц, технический алюминий), имеют низкий уровень легирования. Воздействие термического цикла сварки не вызывает разупрочнения металла в ЗТВ. Механическая их прочность относительно невысока, но они хорошо свариваются и являются коррозионностойкими. Сплавы, упрочняемые термической обработкой (закалка с последующим старением), имеют обычно более высокую степень легирования. При их сварке металл в ЗТВ разупрочняется (прочность сварного соединения не более 60...70% от прочности основного металла). Поэтому сварка сплавов этой группы нецелесообразна, за исключением случаев, когда возможна последующая термообработка соединения» [25],[6],[7]

### **1.3 Анализ возможных способов сварки**

Для изготовления цистерны был проведен анализ способов сварки, представленный на рисунке 4. Были рассмотрены 4 варианта сварки, такие как: ручная дуговая сварка покрытым электродом, механизированная сварка, автоматизированная дуговая сварка и аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.

## Анализ возможных способов сварки цистерны

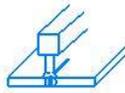
№	Способ сварки	Эскиз	Преимущество	Недостатки	Скорость сварки	Источник информации
1	Ручная дуговая сварка покрытым электродом		Простота оборудования, возможность сварки во всех пространственных положениях	Затрудненное зажигание, неустойчивость дуги, высокая энергозатратность	5 м/ч	Технология дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов Г.М. Сюкасеф, Р.Ф. Катаев
2	Механизируемая сварка		Облегчает труд сварщика, минимизирует человеческий фактор, повышает качество шва, высокая производительность	Затрудняется сварка швов сложной конфигурации,	до 10-15 м/ч	Механизируемая сварка корпусных конструкций из алюминиевых сплавов, Рубинчик Ю. Л. Л.
3	Автоматизируемая дуговая сварка		Улучшенное качество сварного шва, увеличенная производительность, исключение человеческого фактора	Дороговизна, реализация требует длительного срока для производства. Доставка и сборка	до 20 м/ч	Технология дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов Г.М. Сюкасеф, Р.Ф. Катаев
4	Аргондуговая сварка неплавящимся электродом		Высокое качество сварного шва, отсутствие брызг, универсальность, практическое отсутствие шлаков	Особые требования к сварщику, высокая стоимость оборудования	до 10-12 м/ч	Юхин Н.А. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах

Рисунок 4- Анализ возможных способов сварки цистерны

### 1. Ручная дуговая сварка плавящимся электродом

«Сваркой плавящимся электродом можно выполнять соединения алюминиевых элементов во всех пространственных положениях, однако следует учитывать, что наилучшее качество и наибольшая производительность обеспечиваются при сварке в нижнем положении. Схема ручной дуговой сварки изображена на рисунке 5.

При сварке плавящимся электродом ось сварочной горелки должна находиться в одной вертикальной плоскости с линией стыка свариваемых кромок.

Зажигание дуги осуществлять касанием поверхности свариваемых кромок торцом электродной проволоки.

В процессе сварки нельзя допускать коротких замыканий электродной проволоки на поверхность ванны расплавленного металла или свариваемого

элемента, так как при этом жидкий металл выплескивается и в шве образуются поры. В таких случаях сварку следует прекратить, поверхность металла зачистить и дефектный участок вырубить.

Должны быть обеспечены хорошие контакты между мундштуком и электродной проволокой и исключены условия, вызывающие внезапное торможение электродной проволоки, например сгибы проволоки, загрязнения ее поверхности или мундштука.»[16],[18],[19],[24]

Преимущества: простота оборудования, возможность сварки во всех пространственных положениях.

Недостатки: затрудненное зажигание, нестабильность дуги, высокая энергозатратность.

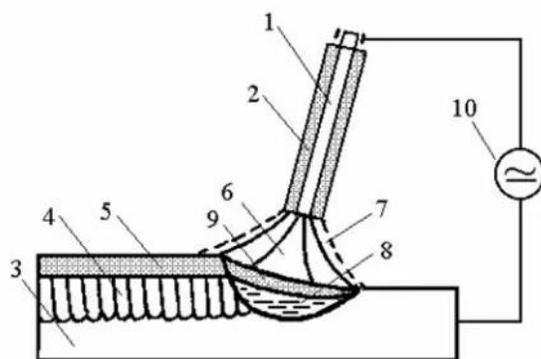


Схема ручной дуговой сварки:

- 1 – стержень электрода; 2 – покрытие электрода; 3 – основной металл;
- 4 – сварной шов; 5 – твердая шлаковая корка; 6 – электрическая дуга;
- 7 – газовая защитная атмосфера; 8 – жидкая металлическая ванна;
- 9 – жидкая шлаковая ванна; 10 – источник тока

Рисунок 5- Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом

## 2. Механизированная сварка плавящимся электродом.

«Механизированную сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и других соединений металла толщиной 4-6 мм и более. Схема механизированной сварки изображено на рисунке 6.

Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся

электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность. Этим способом сварки удастся получить надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений .

Конструкция механизма подачи должна обеспечивать надежное и стабильное поступление мягкой алюминиевой проволоки. Обычно в таких механизмах предусматривают две пары ведущих и прижимных роликов, что уменьшает возможность проскальзывания проволоки и ее сминания.» [6],[11]

Преимущества: механизированная сварка облегчает труд сварщика, минимизирует человеческий фактор, повышает качества шва, высокая производительность.

Недостатки: затрудняется сварка швов сложной конфигурации.

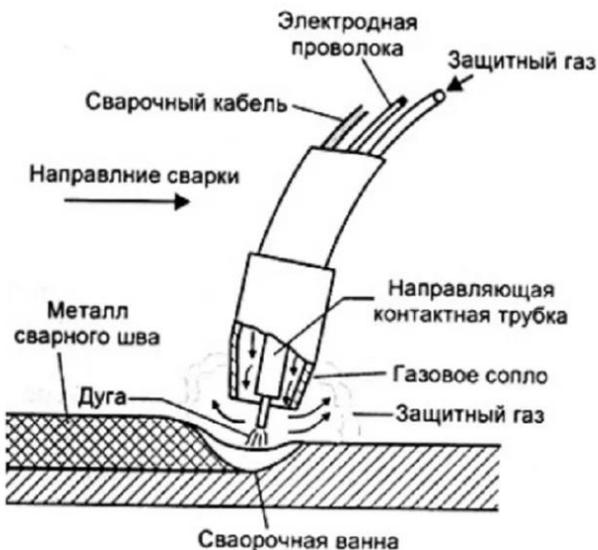


Рисунок 6-Схема механизированной сварки

### 3. Автоматизированная дуговая сварка плавящимся электродом

«Режимы автоматической сварки плавящимся электродом назначают в зависимости от толщины свариваемого металла, типа соединения и положения шва в пространстве. Схема автоматизированной сварки плавящимся электродом изображена на рисунке 7.

Для каждой конкретной конструкции и определенного сварочного поста режимы сварки должны быть уточнены путем сварки технологических проб.

Настройку элементов сварочного поста на необходимый режим надлежит производить в два этапа; на первом этапе выбрать скорость подачи электродной проволоки, настроив механизм подачи проволоки; установить устойчивое горение дуги, регулируя источник питания; на втором этапе произвести пробную сварку образца, по результатам которой выполнить дополнительную регулировку скорости подачи проволоки и напряжения дуги. После дополнительной регулировки можно производить сварку конструкций.»[16],[12],[31],[26]

Преимущества: улучшенное качество сварного шва увеличенная производительность, исключение человеческого фактора.

Недостатки: дороговизна оборудования, реализация требует длительного срока для производства, доставка и сборка.

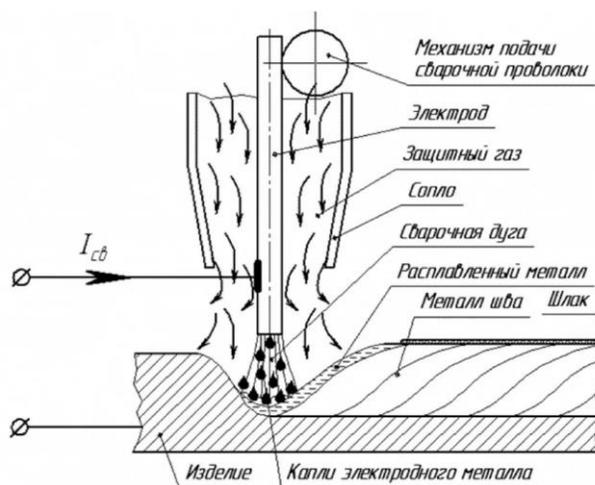


Рисунок 7- Схема автоматизированной сварки неплавящимся электродом

4. Аргодуговая ручная сварка неплавящимся вольфрамовым электродом, схема сварки изображена на рисунке 8.

«Ручной сваркой неплавящимся электродом можно выполнять соединения элементов из алюминиевых сплавов во всех пространственных положениях.

При ручной сварке неплавящимся электродом ось сварочной горелки должна быть расположена к поверхности свариваемых элементов под углом  $60\text{—}80^\circ$ , а при автоматической —  $80\text{—}90^\circ$ . Угол между осью горелки и присадочной проволокой должен составлять  $80\text{—}90^\circ$  (прил. 3, рис. 5). При сварке в труднодоступных местах угол наклона горелки к изделию может быть изменен, а при сварке элементов с отбортовкой кромок он может составлять  $30\text{—}45^\circ$ . Расстояние от торца сопла горелки до оплавленного конца электрода должно быть примерно равно диаметру электрода. При сварке угловых (нахлесточных или тавровых) соединений либо в глубокой разделке эта величина должна составлять  $4\text{—}8$  мм, но при этом необходимо обеспечить более эффективную газовую защиту выступающего из сопла конца электрода путем увеличения расхода аргона (может понадобиться также и увеличение внутреннего диаметра сопла).»[16],[10],[13],[27]

Преимущества: высокое качество сварного шва, отсутствие брызг, универсальность, практическое отсутствие шлаков.

Недостатки: особые требования к сварщику.

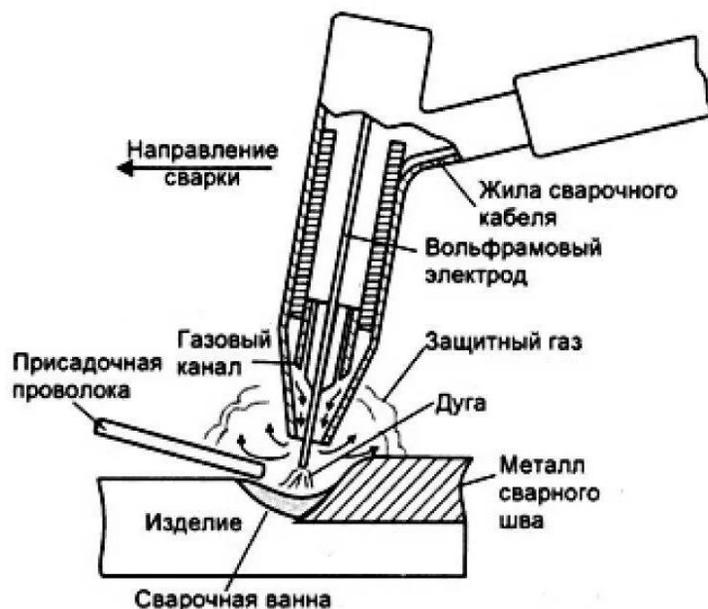


Рисунок 8- Схема ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом

Для изготовления цистерны был выбран наиболее оптимальный способ номер 4, ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. Главными преимуществами данного способа являются - высокое качество сварного шва и универсальность.

Также для выполнения продольных швов обечайки цистерны наилучшим выбором будет автоматизированная дуговая сварка плавящимся электродом для обеспечения наилучшего качества шва и исключения человеческого фактора.

#### 1.4 Задача проекта

При анализе состояния вопроса была рассмотрена возможность изготовление конструкции цистерны из алюминиевого сплава АМг 5. В базовом варианте изготовления цистерны из углеродистой стали, масса цистерны является главным недостатком при ее эксплуатации. Изготовление цистерны из алюминиевого сплава АМг 5 позволит устранить данный недостаток и увеличить производительность эксплуатации и повысить

экономическую эффективность.

При анализе возможных способов сварки был выбран наиболее оптимальный способ, ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Главными преимуществами данного способа являются - высокое качество сварного шва и универсальность.

Таким образом, достижение поставленной цели можно достичь путём последовательного решения ряда следующих задач:

- Разработать технологический процесс;
- Произвести анализ выбора оборудования для изготовления деталей конструкции;
- Произвести контроль качества сварных соединений;
- Произвести экспертизу безопасности и экологичности проекта
- Оценить экономическую эффективность проектной технологии

## 2 Разработка технологического процесса изготовления цистерны

### 2.1 Технологический процесс изготовления деталей цистерны

После разработки конструкторской документации на цистерну и необходимые ей детали, начинается процесс изготовления. Цистерна изготавливается согласно технологическому процессу, который изображен на рисунках 9 и 10.

Технологический процесс изготовления цистерны					
№ п.п	Наименование операций	Эскиз	Оборудование, материалы	Режимы	Технологические требования
1	Очистка листов алюминия		Средство обезжиривающее, Перчатки резиновые технические		Произвести расконтракцию, протереть ветошью, смоченной в обезжиривателе
2	Раскрой		Компьютер	Программа FireCut	Точность: ±0,2 мм
3	Резка		Плазменный станок Hypercut с источником плазмы Hyperflex XPR300	Мак ток 300А Рабочий режим: 100% при 63 кВт, 40°C	Толщина реза алюминия до 38 мм Точность: ±0,2 мм
4	Зачистка листов после резки		Пневматическая машина торцевая ИП-2014Б	Фреза 2254-0978 ГОСТ 2679-93	Зачистка деталей после резки от заусенцев
5	Вальцовка		Вальцы листобочные Fascin модель 4HEL	Вальцовка осуществляется согласно программе	Рабочая длина: от 1500 до 18000 мм Толщина листа от 5 до 150мм
6	Сварка		Сварочная установка для сварки продольных швов Seifkon	Источник питания - система NER TAMATIC 450 Аргонодугвая сварка	Сварка выполняется по всей длине детали Максимальная длина сварки - 6м
7	Фланжирование днищ шек и жестко стей		Станок для фланжирования - Lucas RD 3800	Скорость оборотов - 0-30 м/мин Мощность - 13,5 кВт	Максимальный диаметр - до 3800 мм
8	Контроль качества изготовленных деталей		Линейка, угольник, мерительная рулетка		Контроль формы и размера деталей в соответствии с чертежами

Рисунок 9- Таблица технологического процесса изготовления цистерны

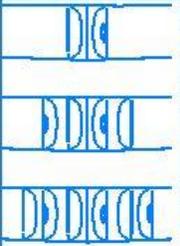
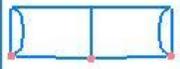
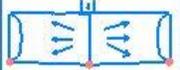
Продолжение таблицы					
№ п.п.	Наименование операций	Эскиз	Оборудование, материалы	Режимы	Технологические требования
9	Сварка двух половинок цистерны		Свар. уст. Tetric 350 АС/ДС. Прутки Св. А1Мg6 ПЗ.2 DIN 1732 Аргон газообразный сорт 1ГОСТ 10157-79	Макс. мощность - 15 кВт Ток дуги - 1А-25 А Расход газа - 6 л/мин. Скорость сварки - 2,5-3,3 м/ч. Скорость подачи проволоки - 0,1-0,3 м/мин. Сварочный ток 110-130А	Сварка осуществляется одновременно с двух сторон
10	Защитка сварных швов		Пневмат. машинка торцевая ИП-2014Б Щетка проволочная нержавеющая 150x16x2	Диаметр диска - 150мм Макс. частота вращения - 6000 об/мин Толщина проволоки - 0,3 мм	Защитить сварные швы и околошовную зону от неровностей
11	Контроль качества сварных швов				Визуальный контроль
12	Установка и сварка жесткостей		Свар. уст. Tetric 350 АС/ДС. Прутки Св. А1Мg6 ПЗ.2 DIN 1732 Аргон газообразный сорт 1ГОСТ 10157-79 Кувалда резиновым наконечником	Макс. мощность - 15 кВт Ток дуги - 1А-25 А Расход газа - 6 л/мин. Скорость сварки - 2,5-3,3 м/ч. Скорость подачи проволоки - 0,1-0,3 м/мин. Сварочный ток 110-130А	Установка жесткостей осуществляется от центра к краям цистерны с приваркой к обечайки
13	Установка днишек		Свар. уст. Tetric 350 АС/ДС. Прутки Св. А1Мg6 ПЗ.2 DIN 1732 Аргон газообразный сорт 1ГОСТ 10157-79 Кувалда резиновым наконечником	Макс. мощность - 15 кВт Ток дуги - 1А-25 А Расход газа - 6 л/мин. Скорость сварки - 2,5-3,3 м/ч. Скорость подачи проволоки - 0,1-0,3 м/мин. Сварочный ток 110-130А	Не допускается перебитие днишек и расхождение по осям
14	Контроль качества готового изделия		Аппарат «Арина»-3М		Ультразвуковой контроль, визуальный контроль
15	Испытания на герметичность		пневматическая установка для испытаний	Испытание на герметичность давлением 0,03 МПа (0,3 кгс/см <sup>2</sup> )	Выдерживать цистерну под давлением в течение 3 минут

Рисунок 10- Продолжение таблицы технологического процесса изготовления цистерны

После поступления листов алюминия в цех происходит их расконсервация и очистка от густых консервационных смазок и остатков бумаги. При очистке листов используют резиновые технические перчатки, емкости со специальным средством и ветошь. В качестве специального средства используют обезжиривающий состав "Химитек полипром-профи" или растворитель 648 ГОСТ 18188-7. Затем листы протирают ветошью и дают им высохнуть.

Далее конструкторская документация отправляется в технологический отдел, где происходит раскрой металла с помощью специальной программы “FieryCutt”. Готовую установочную программу для изготовления деталей отправляют в систему плазменного станка.

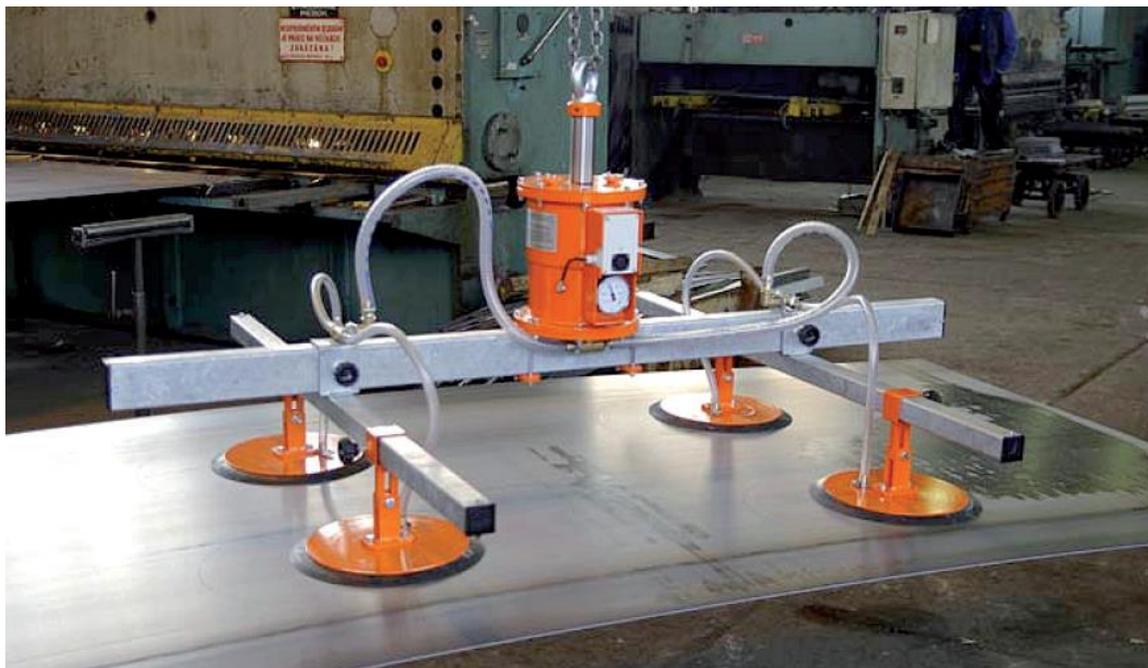


Рисунок 11- Вакуумное грузоподъемное устройство

Подготовленные очищенные листы алюминия с помощью вакуумного грузоподъемного устройства, изображенного на рисунке 11, размещают на станке для дальнейшей плазменной резки. В нашем случае используется станок плазменной резки Hgcut с источником плазмы Hypertherm XPR300, плазменный станок изображен на рисунке 12.



Рисунок 12- Станок плазменной резки Hgcut с источником плазмы Hypertherm XPR300

Максимальная толщина резки алюминия - 38 мм. Точность резки данной системы  $\pm 0,2$  мм. Все необходимые детали вырезаются и проверяются на соответствие размеров согласно конструкторской документации и карты раскроя.

После плазменной резки все кромки деталей необходимо зачистить пневматической угловой машинкой ИП-2106А ГОСТ 12633-09 со специальной фрезой 2254-0978 ГОСТ 2679-93. Запрещается зачищать поверхность абразивами, полировальной шкуркой, пескоструйкой и дробеструйной обработкой. Эти виды подготовки поверхности ведут к появлению в сварных швах пор, свищей и шлаковых включений.

После зачистки заготовок, обечайки с помощью вакуумного грузоподъёмного устройства отправляют на вальцы листогибочные Fassip модель 4HEL, для придания им нужной формы. Вальцы листогибочные изображены на рисунке 13. Рабочая длина заготовки для вальцевания от 1500

до 18000 мм, толщина листа заготовки от 5 до 150 мм. Радиус вальцовки задается программой станка, исходя из конструкторской документации.



Рисунок 13- Вальцы листогибочные Fassin модель 4HEL

После завершения вальцовки, обечайки, при помощи кран-балки с применением строп со струбцинами, перемещают на сварочную установку для сварки продольных швов “Oerlikon”, сварочная установка изображена на рисунке 14. При установке струбцин на заготовку применяют подкладки для защиты от повреждения.



Рисунок 14- Сварочная установка для сварки продольных швов “Oerlikon”

Обечайку устанавливают на принимающий стол. Первую кромку обечайки позиционируют относительно упоров и роликов стола с последующим прижатием. Вторую кромку обечайки позиционируют с зазором 1мм между свариваемыми кромками. В случае возникновения зазора более 1мм с одной стороны, необходимо равномерно разогнать зазор до получения значения менее 1 мм по всей длине стыка. При невозможности получения данного зазора необходимо перед стыковкой обработать кромки абразивным инструментом до получения заданных значений зазора. Затем прижать полностью вторую кромку обечайки закрепив на ней струбцину с обратным кабелем. Установить сварочную проволоку АМг6 ГОСТ 7871-78 относительно стыка. Произвести сварочный процесс. Сила тока 260-300А, скорость подачи проволоки 250-290 м/ч. Скорость сварки 15-25 м/ч. Расход аргона: 11-12 л/мин. Сварной шов выполняется в один проход.

Сварка выполняется в среде аргона. Аргон газообразный сорт 1 ГОСТ 10157-79.

Данный процесс повторить со второй обечайкой. После изготовления обечаек провести визуальный контроль сварных швов.

После резки и зачистки заготовки рёбер жесткости и доньшек отправляют с помощью вакуумного грузоподъёмного устройства на станок для фланжирования “Lucas RD 3800”, который изображен на рисунке 15.



Рисунок 15 - Станок для фланжирования “Lucas RD 3800”

После установки заготовки на станок, выполняется фланжирование и гиб кромок, затем проводится проверка габаритных размеров детали согласно чертежу и карте раскроя. Готовые детали отправляют на участок сборки и сварки цистерны.

## **2.2 Технологический процесс сборки и сварки цистерны**

После изготовления и проверки деталей обечайки, ребра жесткости и доньшки перемещают на участок сборки и сварки цистерны.

Обечайки устанавливаются на стапель для дальнейшей сварки между собой, рисунок 16.

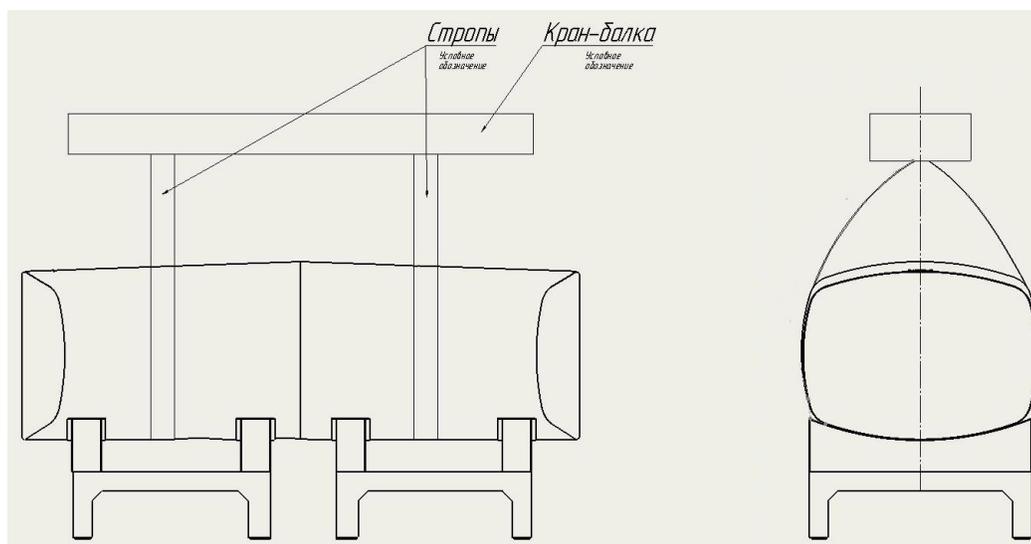


Рисунок 16 – Схема установки цистерны на стапель

С помощью технологической нити оси цистерны выставляются по одной линии. Перед приваркой двух обечаяк, необходимо подготовить кромки для дальнейшей сварки, зачистив их сначала фрезой, а потом щеткой. Зачистка выполняется с помощью пневматической машинки угловой ИП-2106А ГОСТ 12633-09 с использованием щётки проволочной нержавеющей 150x16x2 и фрезы 2254-0978 ГОСТ 2679-93 диаметром 125 мм. Зачищенные кромки обезжириваются средством "Химитек полипром-профи" или Растворителем 648 ГОСТ 18188-72, затем протераются сухой ветошью. Подготовку поверхностей и кромок необходимо производить непосредственно перед выполнением сварочных работ. После протирки к поверхности свариваемых кромок прикасаться запрещено.

После подготовки, обечайки подгоняются под прихватку между собой, фиксируются на стапеле от перемещения во время стыковки. Две части обечайки прихватываются прихватками.

«К основным параметрам режима сварки неплавящимся электродом соединений алюминиевых элементов относятся: сварочный ток / св, диаметр электрода скорость сварки и расход аргона. На условия сварки также влияет

форма и внутренний диаметр сопла горелки. Наиболее важным параметром режима является сварочный ток. При токе больше максимально допустимого на электроде образуются чрезмерно большие шарики расплавленного вольфрама, которые вибрируют и иногда отрываются; в этих случаях в сварных швах образуются нежелательные включения вольфрама. В пределах допустимых величин тока чем выше ток, тем устойчивее горение дуги.

Для сварки вне помещения расход аргона должен быть увеличен. С увеличением скорости поперечного потока воздуха или расстояния от сопла до поверхности свариваемых элементов следует резко увеличить расход аргона. Если скорость поперечной струи воздуха при сквозняках ощущается влажной рукой, место сварки нужно защищать щитками или экранами. Для наиболее эффективной газовой защиты должны быть выполнены следующие требования: сопло должно заканчиваться цилиндрической частью, длина которой должна быть равна диаметру выходного отверстия сопла; внутри сопла должны быть отражательные или выходные каналы; внутренние кромки сопла не должны иметь закруглений. Для обычно применяемых режимов сварки диаметр выходного отверстия сопла» [16],[4],[9]

Все сварные швы выполняются с помощью сварочной установки Tetric 350АС/ДС, изображенной на рисунке 17, аргонодуговой сваркой неплавящимся вольфрамовым электродом. Присадочный материал Пруток Сварочный AlMg6 диаметр 3,2 DIN1732. Инертный газ - аргон газообразный сорт 1 ГОСТ 10157-79.



Рисунок 17 - Сварочная установка Tetrich 350AC/DC

Прихватки необходимо производить через 100 мм сварного шва, сила тока 200-240А длина прихваток 20мм. Места прихваток перед сваркой зачищаются. После зачистки прихваток, выполняется стыковка двух обечаек. Сила тока при стыковке обечаек 240-280А для одного сварочного аппарата, расход газа - 6 л/мин, скорость сварки - 2,5-3,3 м/ч, скорость подачи проволоки - 12-26 м/ч.

Вертикальную сварку выполняют с помощью периодических замыканий между концом сварочного электрода и сварочной ванны, уменьшая тем самым её объём, сварочный шов выполняют каскадами (отрезки по 200 мм.). Чтобы уйти от потолочных швов необходимо цистерну устанавливать в удобное положение при помощи кран-балки и строп, поэтому в данном положении сваривается  $\frac{1}{2}$  стыкового шва, вторая половина сваривается при повороте цистерны. Отклонение от прямолинейности верхней образующей на всей длине составляет не более 7мм. Смещение кромок в стыковом сварном шве - не более

1,5мм. После сварки сварные швы и околошовная зона зачищается от неровностей и брызг с плавным переходом. После зачистки цистерны проводят визуальный осмотр сварных швов. В сварных соединениях не допускаются следующие дефекты:

- трещины всех видов и направлений;
- пористость шва, не провары, подрезы, наплывы;
- прожоги, не заваренные кратеры;
- сварные швы должны быть зачищены с плавным переходом к основному металлу.

Проводится внешний осмотр цистерны.

Для установки рёбер жесткости в цистерну, необходимо предварительно зачистить пневматической машинки угловой ИП-2106А ГОСТ 12633-09 с использованием щётки проволочной нержавеющей 150x16x2 и обезжирить места сварки. Ребра жесткости устанавливаются поочередно из центра к краям цистерны. Зачистку поверхности обечайки и обезжиривание производят непосредственно перед установкой очередного ребра жесткости. После зачистки необходимо разметить места установки рёбер жесткости согласно чертежу. Устанавливают ребро жесткости по разметке в цистерне, совмещая вертикальную осевую жесткости с верхней и нижней осевыми цистерны. При установке ребра жесткости используют кувалду с резиновым наконечником. При необходимости подгоняют рёбра жесткости по внутренним радиусам цистерны. Ребро жесткости прихватывается прихватками 20мм с шагом 200мм. Места прихваток зачищают перед сваркой. Затем приваривают ребро жесткости к обечайки с внутренней стороны нахлесточным швом согласно чертежу. Сила тока при сварке нахлесточного шва 200-240А , напряжение 23-26 В, скорость сварки: 6-8 м/ч. Расход аргона : 12-16 л/ч.

По возможности стараются уйти от выполнения потолочных швов. Вертикальную сварку выполняют при помощи периодических замыканий

между концом сварочного электрода и сварочной ванны, уменьшая тем самым её объём, сварочный шов выполняется каскадами (отрезки по 200 мм.). Чтобы уйти от потолочных швов, необходимо цистерну установить в удобное положение при помощи кран-балки и строп, поэтому в данном положении варится  $\frac{1}{2}$  стыкового шва, вторая половина варится при повороте цистерны.

Ребра жесткости устанавливаются последовательно после полной установки и сварки предыдущего ребра жесткости.

После установки и сварки всех рёбер жесткости устанавливаются доньшки. Первое доньшко необходимо разместить внутри цистерны, совместив вертикальную осевую доньшка с верхней и нижней осевой цистерны. Затем доньшко необходимо выставить по размерам указанных на чертеже путём выбивания, для выбивания используется кувалда с резиновым наконечником, во избежание следов от кувалды на наружной поверхности доньшка. Доньшко выбивается по всему периметру, обеспечив равенство вылета доньшка относительно цистерны в местах расположения малых радиусов. Проверить величину вылета доньшка по вертикальным осевым. После установки доньшко прихватывается с внутренней стороны, длина прихватки - 20мм с шагом 200мм.

Места прихваток перед сваркой зачищаются. Сварку доньшек выполняют нахлесточным двухсторонним швом согласно чертежу. Все действия повторяют со вторым доньшком.

После полной сборки и сварки цистерны проводится визуальный осмотр контроль качества сварных швов.

## 2.3 Контроль качества сварных соединений

«Контроль качества сварных соединений алюминиевых конструкций должен включать три этапа: входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль.

Входной контроль должен охватывать: контроль качества свариваемых и сварочных материалов, условий их подготовки к сварке и хранения; контроль состояния сварочного и вспомогательного оборудования и инструментов; контроль квалификации сварщиков.

Операционный контроль должен включать систематическую проверку качества операций по подготовке элементов и их кромок к сварке, сборке соединяемых элементов, собственно сварочных и последующих операций (если таковые предусмотрены проектом).

Объем и методы приемочного контроля сварных соединений алюминиевых конструкций определяются их группой согласно СНиП Н-24-74 и устанавливаются проектной организацией в зависимое и от степени ответственности, марок сплавов и условий эксплуатации. Качество свариваемых материалов и элементов следует считать удовлетворительным и они могут быть допущены к сварке, если: марка сплава и его состояние соответствуют предусмотренным проектом; толщины и другие размеры элементов, а также конструктивные элементы запроектированных типов соединения соответствуют приведенным в проекте и не выходят за пределы допусков, регламентированных настоящим Руководством. отсутствуют дефекты соединяемых элементов: трещины, расслоения, рваные, смятые или зазубренные кромки; поверхности и кромки элементов, подлежащих сварке, очищены в соответствии с требованиями.

Исправление обнаруженных дефектов швов или их отдельных участков (сверх допустимых) следует производить до выполнения последующих

операций и контроля. Превышение проплава, неплавные сопряжения и превышение усиления швов должны быть устранены механической обработкой (фрезерованием). Недопустимые подрезы или занижение сечения швов должны быть исправлены наплавкой металла на дефектные участки. Поверхностные дефекты (поры, включения, незаваренные кратеры и др.) устраняются частичным удалением металла механической обработкой (фрезерованием, вырубкой) до полного удаления дефектов с последующей подваркой этих участков. В конструкциях при толщине свариваемого металла более 2 мм поверхностные дефекты глубиной до 0,5 мм допускается устранять зачисткой шабером без последующей подварки (если это не противоречит техническим требованиям на изделие). Внутренние дефекты (поры, включения, непровары и др.) устраняют механической обработкой с полным удалением металла дефектных участков с последующим выполнением швов требуемого сечения. При необходимости предварительно производят разделку кромок. Перед подваркой участков, на которых удален металл с дефектами, поверхность этих участков надлежит обезжирить и зачистить. Режим должен быть таким же, как при сварке соответствующих соединений. Трещины в швах и околошовной зоне должны быть тщательно исследованы для определения их расположения и характера. Если трещина располагается в основном металле или переходит из основного металла в металл шва, либо при наличии слоистых трещин в основном металле, производить их исправление с применением подварки не допускается без ведома ответственного технического руководства. Должны быть установлены причины появления таких трещин и приняты решения о допуске и методах ремонта либо о браковании узлов или конструкции с соединениями, включающими описанные трещины. Фактическая длина и форма трещин, обнаруженных при внешнем осмотре, должны быть в необходимых случаях учтены с использованием радиографических методов. На концах обнаруженных (и уточненных) трещин должны быть просверлены отверстия

диаметром 2 мм и затем участок с трещиной между отверстиями должен быть удален фрезерованием с разделкой до доброкачественного металла. Форма разделки трещин определяется применяемыми для подварки способом и технологией сварки. Разделанные под подварку участки шва должны быть заварены при максимально возможном форсированном режиме. Сквозные трещины в сварных швах следует заваривать с двух сторон. При этом разделка трещины под первый шов должна выполняться на глубину, соответствующую 1/3 толщины свариваемого металла. Оставшуюся часть трещины нужно разделить с противоположной стороны лишь после сварки первого шва. Швы на участках трещин должны накладываться в направлении, обратном направлению их образования — от конца к началу. Для исправления разветвленных трещин большой протяженности следует применять следующий порядок наложения швов. В первую очередь должны быть заварены боковые ответвления трещин, затем участки магистральной трещины, примыкающие к концентраторам напряжений, после этого должна быть заварена основная часть магистральной трещины и, наконец, участки трещин, выходящие к корню шва. К исправлению дефектных мест швов подваркой должны допускаться сварщики не ниже 3-го разряда — для швов в соединениях конструкции I группы, не ниже 5-го разряда — для исправления швов в соединениях конструкции II и III групп. Исправленные швы и участки швов должны быть подвергнуты повторному контролю в объеме и порядке, предусмотренном настоящим Руководством.

10.17. Если при повторном контроле сварных соединений вновь обнаружены недопустимые дефекты, то возможность и порядок устранения этих дефектов должны быть установлены главным сварщиком или главным технологом завода (мастерских), или главным инженером СМУ и согласованы с проектной организацией.»[1],[3],[8],[28]

После проведения визуального контроля проводится радиационный контроль сварных швов в соответствии с ГОСТ 7512-82, ГОСТ 23055-78. При

проведении контроля используется аппарат «Арина»-3М.

«Радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений. Радиографический контроль применяют также для выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва, недопустимых для внешнего осмотра. При радиографическом контроле не выявляют: - любые несплошности и включения с размером в направлении просвечивания менее удвоенной чувствительности контроля; - непровары и трещины, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания и (или) величина раскрытия менее значений, любые несплошности и включения, если их изображения на снимках совпадают с изображениями посторонних деталей, острых углов или резких перепадов трещин просвечиваемого металла.»[20],[30],[15]

Сварные соединения следует контролировать согласно эскизам изображенным на рисунке 18.

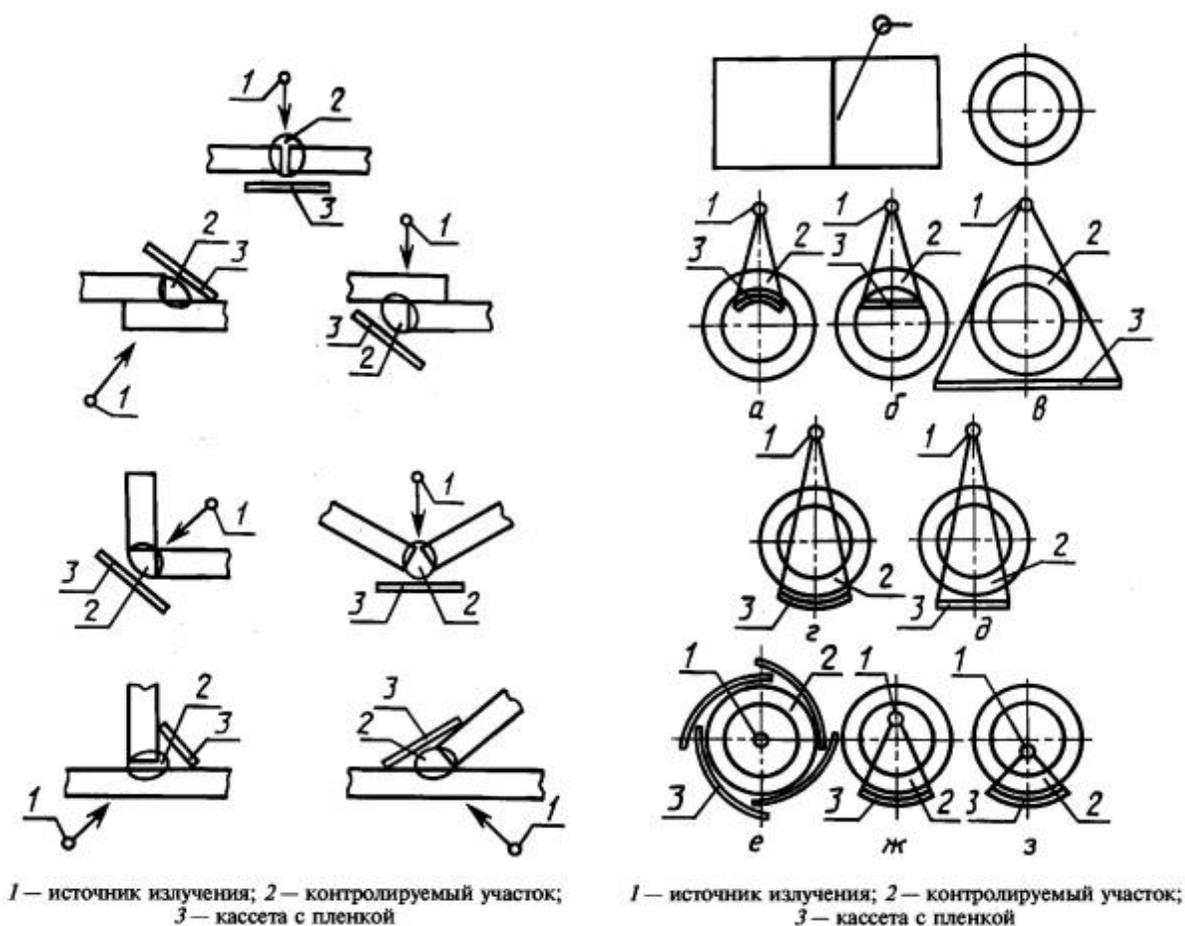


Рисунок 18- Схема контроля сварных соединений по ГОСТ 7512-82

«При ограниченной ширине привариваемого элемента допускается проводить контроль тавровых сварных соединений с направлением излучения по образующей этого элемента. При контроле кольцевых сварных соединений цилиндрических и сферических пустотелых изделий следует, как правило, использовать схемы просвечивания через одну стенку изделия. При этом рекомендуется использовать схемы просвечивания с расположением источника излучения внутри контролируемого изделия: - (панорамное просвечивание) — для контроля изделий диаметром до 2 м независимо от объема контроля и диаметром 2 м и более при 100%-ном контроле;— при 100 % -ном и выборочном контроле. ГОСТ 7512-82 Схемы контроля стыковых,

нахлесточных, угловых и тавровых соединений Схемы контроля кольцевых (стыковых, нахлесточных, угловых и тавровых) сварных соединений 1 — источник излучения; 2 — контролируемый участок; 1 — источник излучения; 2 — контролируемый участок; 3 — кассета с пленкой 3 — кассета с пленкой .При контроле стыковых сварных соединений по эскизу на рисунке 9, а, б, е, ж, з направление излучения должно совпадать с плоскостью контролируемого сварного соединения. При контроле по этим схемам угловых сварных швов вварки труб, штуцеров и т.п. угол между направлением излучения и плоскостью сварного соединения не должен превышать  $45^\circ$ . 4.5. При контроле сварных соединений в, г, д направление излучения следует выбирать таким, чтобы изображения противоположащих участков сварного шва на снимке не накладывались друг на друга. При этом угол между направлением излучения и плоскостью сварного шва должен быть минимальным и в любом случае не превышать 45. Кроме контроля по схемам, приведенным на рисунке 9, в зависимости от конструктивных особенностей сварных соединений и предъявляемых к ним требований могут использоваться другие схемы и направления излучения. Эти схемы и направления излучения должны быть предусмотрены технической документацией на контроль и приемку сварных соединений. Для уменьшения разности оптических плотностей различных участков снимка при контроле сварных соединений с большим перепадом толщин, а также в случае, когда контролируемое сварное соединение не обеспечивает защиту радиографической пленки от воздействия прямого излучения (например при контроле торцевых швов вварки труб в трубные решетки, при контроле наплавки кромок под сварку и т.п.), контроль следует проводить с использованием приставок-компенсаторов. Допускается использовать компенсаторы из любого материала, обеспечивающего требуемое ослабление излучения» [3],[17],[21]

## 2.4 Испытание цистерны

После всех проверок и устранения дефектов цистерну отправляют на испытательный участок для испытаний гидравлическим давлением 0,03МПа.

Цистерна перед испытанием на герметичность должна быть принята ОТК. Сварные швы должны быть зачищены. Проверка осуществляется последовательно, внешним осмотром. Верхние и нижние сварные швы осматриваются на отсутствие грязи, сварных брызг поверхностных трещин, на отсутствие не заваренных кратеров и прочих дефектов

Установить на отверстие в верхней части цистерны приспособление, изображенное на рисунке 19.

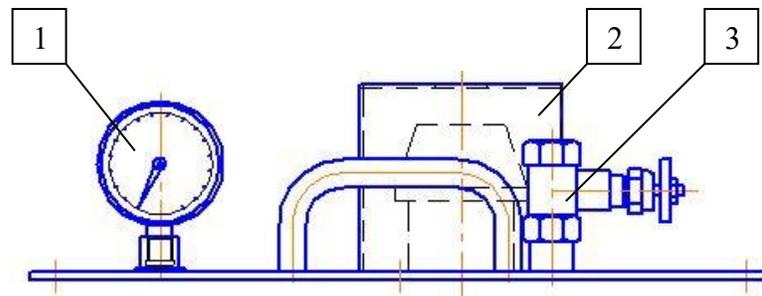


Рисунок 19- Приспособление для испытания цистерны

Приспособление состоит из клапана дыхательного (поз. 2), манометра (поз. 1) и крана воздушной магистрали (поз. 3).

Приспособление крепится с помощью двух фланцев и прокладок между ними, фланцы устанавливаются с внутренней и внешней стороны цистерны. С внешней стороны цистерны на фланцы устанавливается приспособление для испытаний и соединяется болтовым соединением.

В цистерну подается воздух, постепенно нагнетая давление. При наборе давления 0,026 МПа (0,26 кгс/см<sup>2</sup> по манометру), прекратить доступ воздуха,

перекрыв кран воздушной магистрали. Выдерживают цистерну под давлением в течение 3 минут, контролируя показания манометра. Затем наносится пенообразующее вещество при помощи кисти. Нанесение пенообразующего вещества и контроль сварного шва производят участками по 300 мм, нанесение пенообразующего вещества на следующий участок проводят с частичным перекрытием предыдущего, время осмотра каждого участка - 2 минуты. Цистерна считается выдержавшей испытания, если в сварочных стыках отсутствуют утечки воздуха.

При обнаружении не герметичности производят сброс давления внутри цистерны до атмосферного (показания манометра 0.0 кгс/см<sup>2</sup>) путем открытия крана для спуска воздуха, кран оставляют открытым до окончания устранения дефекта.

### 3 Безопасность и экологичность проекта

#### 3.1 Технологическая характеристика изготовления цистерны

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен вопрос облегчения цистерны путем изготовления ее из алюминиевого сплава. Для изготовления цистерны из выбранного материала, был проведен анализ выбора способа сварки и выбран метод ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона. Использование данного метода сварки может привести к возникновению опасных производственных факторов.

Рассмотрим способы защиты от опасных факторов которые представлены в таблице 2

Таблица 2- способы защиты от опасных факторов

Наименование технологической операции	Персонал	Перечень применяемого оборудования
1) Входной контроль	Контроль ОТК	Рулетка Р5УЗД ГОСТ 7502-98; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89
2) Очистка листов алюминия	Слесарь-сборщик	Растворитель 648 ГОСТ 18188-72; Ветошь ТУ 63-178-77-82
3) Резка	Оператор	Плазменный станок Hgcut
4) Зачистка листов после резки	Слесарь-сборщик	Очки защитные, закрытые Пневматическая машинка угловая ИП-2106А ГОСТ 12633-09
5) Вальцовка	Оператор	Вальцы листогибочные Faccin
6) Сварка обечаек	Оператор	Сварочная установка Oerlicon
7) Фланжирование доньшек	Оператор	Станок для фланжирования

Продолжение таблицы 2

Наименование технологической операции	Персонал	Перечень применяемого оборудования
8) Сварка двух обечаек	Сварщик	Сварочная установка Tetric Проволока сварочная АМг6 ГОСТ 7871-78 Аргон газообразный сорт 1 ГОСТ 10157-79
9) Зачистка сварных швов	Слесарь-сборщик	Очки защитные, закрытые Пневматическая машинка угловая ИП-2106А ГОСТ 12633-09
10) Установка и сварка жесткостей	Слесарь-сборщик Сварщик	Сварочная установка Tetric Проволока сварочная АМг6 ГОСТ 7871-78 Кувалда с резиновым наконечником
11) Установка и сварка доннышек	Слесарь-сборщик Сварщик	Сварочная установка Tetric Проволока сварочная АМг6 ГОСТ 7871-78 Кувалда с резиновым наконечником
12) Контроль качества	Дефектоскопист	Набор визуально- измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп

Технологические процессы представленные в таблице 2 позволят выявить опасные производственные факторы и методы защиты от них.

### 3.2 Идентификация опасных производственных факторов

На основании рассмотренных технологических процессов представленных в таблице 3, необходимо определить опасные производственные факторы.

Таблица 3 –Выявление источников возникновения производственных рисков

Наименование операции технологического процесса	Вредный или опасный фактор, возникающий в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1) Входной контроль	-острые кромки и заусенцы на поверхности заготовок; -движущиеся производственное оборудование; -повышенная загазованность и запыленность воздуха
2) Очистка листов алюминия	-риск образования химических ожогов -вредные химические испарения
3) Резка 4) Зачистка листов после резки 5) Вальцовка	-острые кромки и заусенцы на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; -движущиеся производственное оборудование; -повышенная загазованность и запыленность воздуха; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
6) Сварка обечаек	-повышенная загазованность и запыленность воздуха; -повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке; -опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги

Продолжение таблицы 3

Наименование операции технологического процесса	Вредный или опасный фактор, возникающий в процессе выполнения данной операции технологического процесса
7) Фланжирование доньшек	-острые кромки и заусенцы на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; -повышенная загазованность и запыленность воздуха; -повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
8) Сварка двух обечаек	-повышенная загазованность и запыленность воздуха; -повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке; -опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги
9) Зачистка сварных швов	-повышенная загазованность и запыленность воздуха; - механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке;
10) Установка и сварка жесткостей 11) Установка и сварка доньшек	-повышенная загазованность и запыленность воздуха; -повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке; -опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги
12) Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение

Выявленные опасные производственные факторы являются распространенными при выполнении подобных технологических операций и имеют известные решения по их устранению.

### 3.3 Методика устранения опасных производственных факторов

На основании анализа опасных факторов при выполнении технологических операций представленных в таблице 2 выделено 10 негативных производственных факторов:

- острые кромки и заусенцы на поверхности заготовок;
- движущиеся производственное оборудование;
- повышенная загазованность и запыленность воздуха;
- риск образования химических ожогов;
- вредные химические испарения;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке;
- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение.

Для защиты работников от опасных производственных факторов необходимо применять защитную методику. Индивидуальная защита обеспечивается путем оснащения работников индивидуальными средствами защиты, такими как: перчатки, защитные очки, специальная одежда и средства защиты дыхательных путей.

Таблица 4 – Методы для обеспечения безопасности технологических операций.

Опасный фактор	Методика устранения опасного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки и заусенцы на поверхности заготовок	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) предупреждающие плакаты и таблички на рабочих местах	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся производственное оборудование	1) предупреждающие плакаты и таблички на рабочих местах 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограниченное проникновение персонала в опасную зону	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) риск образования химических ожогов; 4) вредные химические испарения;	1) использование химических веществ строго по инструкции; 2) применение средств индивидуальной защиты (маски, респираторы, очки).	Специальная одежда, перчатки, защитные очки; Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
5) повышенная загазованность и запыленность воздуха;	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
6) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
7) механический травматизм в процессе подготовке деталей к сварке	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) предупреждающие плакаты и таблички на рабочих местах	Специальная одежда, перчатки, защитные очки

Продолжение таблицы 4

Опасный фактор	Методика устранения опасного фактора	Средства индивидуальной защиты
8) -опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) применение средств индивидуальной защиты	Специальная одежда, перчатки,
9) инфракрасное излучение;	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
10) ультрафиолетовое излучение.	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

В таблице 4 представлены методы для обеспечения безопасности технологических операций, обеспечивающая требуемую безопасность персонала при выполнении технологического процесса.

### 3.4 Пожарная безопасность

Во время сварочных работ происходит нагрев окружающей среды до высокой температуры, образуются брызги расплавленного металла. Все эти действия могут привести к возникновению пожара.

Для защиты рабочего места и персонала от возникновения пожара нужно провести анализ и определить опасные факторы на производственном участке.

Таблица-5 опасные факторы на производственном участке

Наименование участка	Участок с повышенным риском возникновения пожара
Наименование оборудования	Плазменный станок, сварочные аппараты, станки для обработки заготовок
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Для предотвращения опасных пожарных факторов необходимо указать технические средства для их устранения.

Таблица 6- технические средства для устранения опасных пожарных факторов

Первичные средства пожаротушения	Огнетушители, ящик с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарные выездные расчёты
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения при пожаре

### 3.5 Экологическая безопасность

Во время выполнения операций технологического процесса возникают негативные действия на окружающую среду. Для обеспечения защиты персонала необходимо определить технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить вредное влияние на окружающую среду.

Таблица 7 – мероприятия по уменьшению вредного влияния на окружающую среду

Наименование среды	Производственный участок установленным на нём оборудованием
Атмосфера	Установка вентиляции в сборочно-сварочных цехах с использованием фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Своевременная проверка оборудования на наличие протечек масла и топлива
Литосфера	Установка контейнеров на участках производства для утилизации производственного мусора

С помощью данных мероприятий можно уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

## 4 Экономическое обоснование проектной технологии

В данном разделе представлены расчеты на изготовления цистерны в базовом варианте и проектном. Представлены расчеты по затратам на материал, заработную плату рабочим, электроэнергию и расчет себестоимости изделия, расчет экономической выгоды приобретения и эксплуатации изделия.

В качестве базового варианта принимаем изготовление цистерны из материала 09Г2С ГОСТ 5520-2017 с толщиной стенок изделия 4мм. В проектном варианте изготовление цистерны выполняется из алюминиевого сплава АМг5 ГОСТ 21631-76, толщина стенок изделия 6мм.

Расчет производится на одну единицу техники.

### 4.1 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

$$M = (ЦМ \cdot НР \cdot КТ-З) \quad (1)$$

ЦМ – стоимость материала за кг;

НР – норма расхода, в кг;

КТ-З – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$МБ = 86 \cdot 2200 \cdot 1,05 = 191.800 \text{ руб}$$

$$МПП = 254 \cdot 950 \cdot 1.05 = 241.300 \text{ руб.}$$

Разница базового варианта с предложенным 20 %.

Затраты на заработную плату персоналу:

$$ЗОСН = СЧ \cdot t_{ШТ} \cdot КД \quad (2)$$

где СЧ – часовая тарифная ставка, руб/час;

шт – норма штучного времени, час;

$K_d$  – коэффициент доплат к основной заработной плате.

$$Z_{\text{осн. б.}} = 300 \cdot 80 \cdot 1,88 = 45,120 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн. пр.}} = 320 \cdot 85 \cdot 1,88 = 51,136 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (3)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, %.

$$Z_{\text{доп. б.}} = 45,120 \cdot 0,17 = 7607$$

$$Z_{\text{доп. пр.}} = 51,136 \cdot 0,17 = 8693$$

$$\Phi ЗП б = 45,120 + 7607 = 52727 \text{ руб}$$

$$\Phi ЗП пр = 51136 + 8693 = 59829 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$O_{\text{сс}} = \frac{\Phi ЗП \cdot K_{\text{сс}}}{100} \quad (4)$$

где  $K_{\text{сс}}$  — коэффициент отчислений на социальные нужды.

$$O_{\text{сс б}} = \frac{52727 \cdot 13}{100} = 6854 \text{ руб}$$

$$O_{\text{сс пр.}} = \frac{59829 \cdot 13}{100} = 7777 \text{ руб}$$

Расход на оборудование:

$$P_{\text{обр}} = \frac{M_y \cdot T_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{ээ}}}{\text{КПД}} \quad (5)$$

где  $M_y$  – потребляемая мощность оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}$  – время работы оборудования, час;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования;

Ц<sub>ЭЭ</sub> – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт час.

$$P_{\text{ЭЭ Б}} = \frac{35 \cdot 2,7 \cdot 3,90}{0,99} = 372 \text{ руб}$$

$$P_{\text{ЭЭ ПР.}} = \frac{40 \cdot 3,3 \cdot 3,90}{0,99} = 520 \text{ руб}$$

Расход на содержание рабочей площади

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{эксп}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}} \quad (6)$$

где  $C_{\text{эксп}}$  – стоимость эксплуатации рабочей площадью, руб/м<sup>2</sup>;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время, час.

$S$  – используемая площадь, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{э}}$  – годовой эффективный фонд времени работы оборудования, час.

$$P_{\text{пл Б}} = \frac{300 \cdot 200 \cdot 2,9}{1900} = 91,57 \text{ руб}$$

$$P_{\text{пл.пр.}} = \frac{300 \cdot 200 \cdot 3,3}{1900} = 104,2 \text{ руб}$$

Затраты на производственные площади:

$$Z_{\text{пл}} = A_{\text{пл}} + P_{\text{пл}} \quad (7)$$

$A_{\text{пл}}$  – Коэффициент амортизационных отчислений

$$Z_{\text{пл Б}} = 115,5 + 91,57 = 207$$

$$Z_{\text{пл ПР}} = 115,5 + 104,2 = 219$$

### Технологическая себестоимость сварки

$$C_{\text{тех}} = M + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (8)$$

$$C_{\text{тех Б}} = 191800 + 52727 + 6854 + 372 + 207 = 251960 \text{ руб}$$

$$C_{\text{тех ПР}} = 241300 + 59829 + 7777 + 520 + 219 = 309645 \text{ руб}$$

### Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (9)$$

$P_{\text{ЦЕХ}} = K_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}}$  — цеховые расходы,

$K_{\text{ЦЕХ}}$  — коэффициент цеховых расходов.

$$C_{\text{ЦЕХ Б}} = 251960 + 45120 \cdot 3,3 = 365252 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ЦЕХ ПР}} = 309645 + 51136 \cdot 3,5 = 443,612 \text{ руб}$$

### Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} \quad (10)$$

где  $P_{\text{ЗАВ}} = K_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}}$  — расходы заводские,

$K_{\text{ЗАВ}}$  — коэффициент заводских расходов.

$$C_{\text{ЗАВ Б}} = 365252 + 1,5 \cdot 18400 = 383652 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ЗАВ ПР}} = 463712 + 1,5 \cdot 20100 = 463712 \text{ руб}$$

### Полная себестоимость

$$C_{\text{ПОЛН}} = C_{\text{ЗАВ}} + P_{\text{ВН}} \quad (11)$$

где  $P_{\text{ВН}}$  — коэффициент внепроизводственных расходов (%):

где  $K_{\text{ВН}}$  — коэффициент внепроизводственных расходов (%).

$$P_{\text{ВН Б}} = 383652 \cdot 0,05 = 6348 \text{ руб}$$

$$P_{\text{ВН ПР}} = 463712 \cdot 0,05 = 6288 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛН Б}} = 383652 + 6348 = 390000 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛН РП}} = 463712 + 6288 = 470000 \text{ руб}$$

Таблица 8 – Калькуляция полной себестоимости сварки по вариантам

№	Показатели	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
			Базовый вариант	Проектный вариант
1	Материал	М	191800	241300
2	Заработная плата	ЗП	52727	59829
3	Отчисления	Осс	6854	7777
4	Расходы на оборудование	Робр	372	520
5	Затраты на площадь	Зпл	207,77	219,7
6	Технологическая себестоимость	Стех	251960	309645
7	Расходы цеховые	Рцех	148896	178352
8	Себестоимость цеховая	Сцех	365252	443612
9	Заводские расходы	Рзав	18400	20100
10	Заводская себестоимость	Сзав	383652	463712
11	Расходы прочие	Рвн	6348	6288
12	Полная себестоимость	Сполн	390000	470000

## 4.2 Расходы на топливо во время эксплуатации

Расход топлива топливозаправщика в среднем 50л на 100км.

Расстояние от налива цистерны топливозаправщика до места заправки самолета в среднем составляет 5 км.

В один рабочий день топливозаправщик заправляет 7 самолётов.

Чтобы заправить самолёт с объёмом бака 15000-20000 тыс. литров топливозаправщику с изготовленной цистерной по базовому варианту необходимо совершить две поездки.

Топливозаправщику с изготовленной цистерной по предлагаемому варианту будет достаточно одной поездки.

$$P_{\text{ТОПЛ } б} = 50/100 \cdot 5 \cdot 2 = 5 \cdot 7 = 35 \text{ л}$$

$$P_{\text{ТОПЛ } б} = 50/100 \cdot 5 \cdot 1 = 2,5 \cdot 7 = 17,5 \text{ л}$$

Расход топлива за сутки эксплуатации топливозаправщика с цистерной изготовленной по проектному варианту меньше на 50%

Расходы за год на топливо.

247 рабочих дней в году.

$$P_{\text{год } б} = 247 \cdot 35 = 8645 \text{ л}$$

$$P_{\text{год пр}} = 247 \cdot 17,5 = 4322,5 \text{ л}$$

Стоимость дизельного топлива 65руб/л.

$$C_{\text{Тгод } б} = 8645 \cdot 65 = 561925 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{Тгод пр}} = 4322,5 \cdot 65 = 280962 \text{ руб.}$$

Экономия на топливо с проектным вариантом 280900 руб.

### **4.3 Вывод по экономической эффективности**

Изготовление цистерны из проектного варианта дороже чем базовый вариант на 20%. Но эксплуатация проектного варианта экономически выгоднее базового на 50 %. Следовательно, разработанная технология экономически эффективна и может быть применена в производство

## Заключение

В данной квалификационной работе рассматривается вопрос разработки технологического процесса для изготовления цистерны объемом 20000 литров из алюминиевого сплава, для облегчения веса изделия и перевозки наибольшего количества топлива.

Цистерна – это основная часть топливозаправщиков, имеющая разный объем для перевозки авиационного топлива и изготавливается из углеродистой стали.

Целью выпускной квалификационной работы являлось – облегчения веса цистерны путем изготовления из алюминиевого сплава АМг5.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) произвести анализ и выбор способа сварки
- 2) составить технологический процесс изготовления цистерны
- 3) произвести экологическую экспертизу проектной технологии
- 4) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений

На основании вышеизложенного следует считать данный вопрос выпускной квалификационной работы достигнутым.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, по производству цистерн для перевозки топлива.

Изготовление цистерны данным методом является мелкосерийным, с выпуском 70-100 шт. в год.

Для среднесерийного выпуска предлагаю заменить ручную сварку на автоматизированную, оснастив цех сварочными установками а так же автоматическими кантователями для повышения скорости и качества изготовления.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М :  
Машиностроение. 1986.
2. ГОСТ 4784-2019 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые.
3. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
4. ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации.  
Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с.
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов.
6. Дуговая сварка алюминия и его сплавов, Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатьев,  
И.В.Довбищенко.
7. Дуговая сварка алюминия и его сплавов, Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатьев,  
И.В.Довбищенко.
8. Ерохин, А.А., Кинетика металлургических процессов дуговой сварки/  
А.А. Ерохин. - М.: Машиностроение. 1964. - 356 с.
9. Зубченко, А.С., Марочник сталей и сплавов / А.С.Зубченко - М.:  
Машиностроение, 2001. - 375с.
10. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов  
машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1987.  
320с.
11. Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства  
сварочной дуги в защитных газах. М.: Машиностроение, 1989.
12. Металловедение сварки алюминия и его сплавов. Рабкин Д.М. и др. 1992.
13. Милютин, В. С., Шалимов, М.П., Шангуров, С.М. Источники питания  
для сварки. М.: Айрис - пресс, 2007. 384 с.

14. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программа специалитета, программа магистрату.
15. Моторин К.В. – Методические указания по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения.
16. Руководство по аргодуговой сварке соединений элементов алюминиевых строительных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. — М.: Стройиздат, 1984.—95 с.
17. Рыжков, Н.И., Производство сварочных конструкций в тяжелом машиностроении / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. -375с., с ил.
18. Сварка и наплавка алюминия и его сплавов. Зусин В.Я., Серенко В.А.
19. Сварочное производство. Колганов Л.А. 2002.
20. Сварка в машиностроении. Т.2 /Под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. 462 с.
21. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил
22. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989.
23. Справочная книга сварщика, Китаев А.М., Китаев Я.А., 1985.
24. Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.
25. Ю.А. Вашуков особенности сварки легких конструкционных материалов
26. Юхин Н.А. - Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах.
27. Gordon J. E., Jeong D. , Marquis B. P. Investigation of residual stresses in tank car shells in the vicinity of weld ends // Railroad Conference, 1997. P. 157–

164.

28. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.
29. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.
30. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.
31. Wilson D.V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // Acta Metallurgica. 1970. vol. 18. P. 1197–1208