

Реферат

Выпускная квалификационная работа 77 с., 13 рис., 29 табл., 32 источника, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной РВС 1000 м³, азотная кислота, ручная аргодуговая сварка неплавящимся электродом, механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов, технология ремонта.

Объектом исследования является технология ремонта сварных швов обечайки резервуара, а также замена ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в среде защитных газов плавящимся электродом.

Цель работы – разработка технологии ремонта обечайки резервуара для хранения азотной кислоты.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 77 p., 13 fig., 29 tab., 32 power, 11 sheets demonstration material (slides).

Keywords: RVS 1000m³, nitric acid, manual argon arc welding, mechanized welding consumable electrode gas-shielded, repair technology.

The object of research is the technology of repair welds of the tank shell, as well as replacement of manual TIG welding consumable electrode in mechanized welding in argon solid wire.

Objective - Development of repair of the tank shell technology for storage of nitric acid.

Final qualifying work of the engineer made in Microsoft Word 2016 word processor and a graphics editor "KOMPAS-3D V16" and presented in CD-RW drive (in an envelope on the back cover).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1 Описание сварной конструкции	11
1.1 Материал сварной конструкции	12
2 Обоснование выбора способа сварки, режимов, сварочных материалов и оборудования	17
2.1 Обоснование выбора способа сварки.....	17
2.1.1 Сварка в среде защитных газов неплавящимся вольфрамовым электродом	17
2.1.2 Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом.....	19
2.2 Обоснование выбора сварочных материалов.....	20
2.2.1 Выбор материалов для сварки в аргоне неплавящимся электродом	20
2.2.2 Выбор материалов для механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом	22
2.3 Расчет режимов сварки.....	23
2.3.1 Выбор режимов для сварки в аргоне неплавящимся вольфрамовым электродом	23
2.3.2 Расчёт режимов для сварки в аргоне плавящимся электродом.....	24
2.4 Обоснование выбора сварочного оборудования.....	31
2.4.1 Выбор оборудования для ручной аргонодуговой сварки	32
2.4.2 Оборудование для механизированной сварки в защитном газе	33
3 Технология ремонта РВС 1000	35
3.1 Заготовительные операции.....	35
3.2 Процесс сборки и сварки.....	36
3.3 Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними	40
3.4 Контроль качества сварных швов резервуара.....	42
3.5 Исправление дефектов сварных швов	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	46
4.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа	46
4.2 Сварочные материалы	46
4.3 Оборудование и приспособления	47
4.4 Нормирование технологического процесса	47
4.5 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	50

4.6 Экономическая оценка эффективности инвестиций	54
5 Социальная ответственность	59
5.1 Производственная безопасность.....	59
5.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	59
5.1.2 Освещение рабочего места.....	60
5.1.3 Электробезопасность	60
5.1.3.1 Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества	60
5.1.3.2 Расчет защитного заземления	62
5.1.4 Пожарная безопасность	65
5.2 Экологическая безопасность.....	67
5.2.1 Вредные вещества в воздухе.....	69
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
Заключение	74
Список используемых источников.....	75

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА.470820.023 Презентация.

Файл Презентация Шумков.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 470820.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Шумков. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист	демонстрационный лист
Введение	демонстрационный лист
Общий вид резервуара	демонстрационный лист
Конструкционные и сварочные материалы	демонстрационный лист

Виды соединений	демонстрационный лист
Режимы сварки, характеристики полуавтомата	демонстрационный лист
Монтажные приспособления	демонстрационный лист
Схема сварки ремонтных вставок	демонстрационный лист
Сравнительная оценка способов сварки	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

Введение

Для обеспечения надежной эксплуатации резервуаров и их оборудования, в период между капитальными ремонтами, должны проводиться периодические осмотры согласно РД 153-39.4-078-01.

Осмотры бывают:

- ежедневно обслуживающим персоналом;
- еженедельно, лицом ответственным за эксплуатацию резервуарного парка;
- ежемесячно, руководством резервуарного парка;
- ежеквартально, комиссией производственного контроля (КПК) структурного подразделения;
- один раз в год, комиссией производственного контроля (КПК) предприятия;

Техническое диагностирование вертикальных стальных резервуаров должно проводиться:

- частичное раз в 5 лет;
- полное обследование раз в 10 лет.

По результатам осмотра резервуарного парка составляются акты с отражением в них выявленных дефектов.

Цель работы – разработка технологии ремонта обечайки резервуара для хранения азотной кислоты.

Для реализации технологии необходимо решить следующие задачи:

- выбрать более производительный способ сварки;
- подобрать сварочные материалы;
- произвести расчет режимов сварки;
- выбрать необходимое сварочное оборудование;
- разработать процесс замены дефектного участка РВС.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается капитальный ремонт резервуара вертикального стального (РВС) 1000м³ для

хранения азотной кислоты. Предлагается заменить существующий на предприятии способ ручной аргодуговой сварки на механизированную сварку плавящимся электродом в среде аргона.

1 Описание сварной конструкции

Резервуар – техническое средство для приема, хранения и учета азотной кислоты. Резервуар является объектом повышенной опасности.

В данном дипломном проекте, рассматривается резервуар вертикальный стальной, объемом 1000м^3 , состоящий из цилиндрического корпуса, толщиной 14мм, плоского дна, толщиной 9мм и стационарной крыши, без понтона (РВС). Все элементы резервуара изготавливаются из листового проката и соединяются между собой с помощью сварки.

Сварная конструкция резервуара, представлена на рисунке 1.

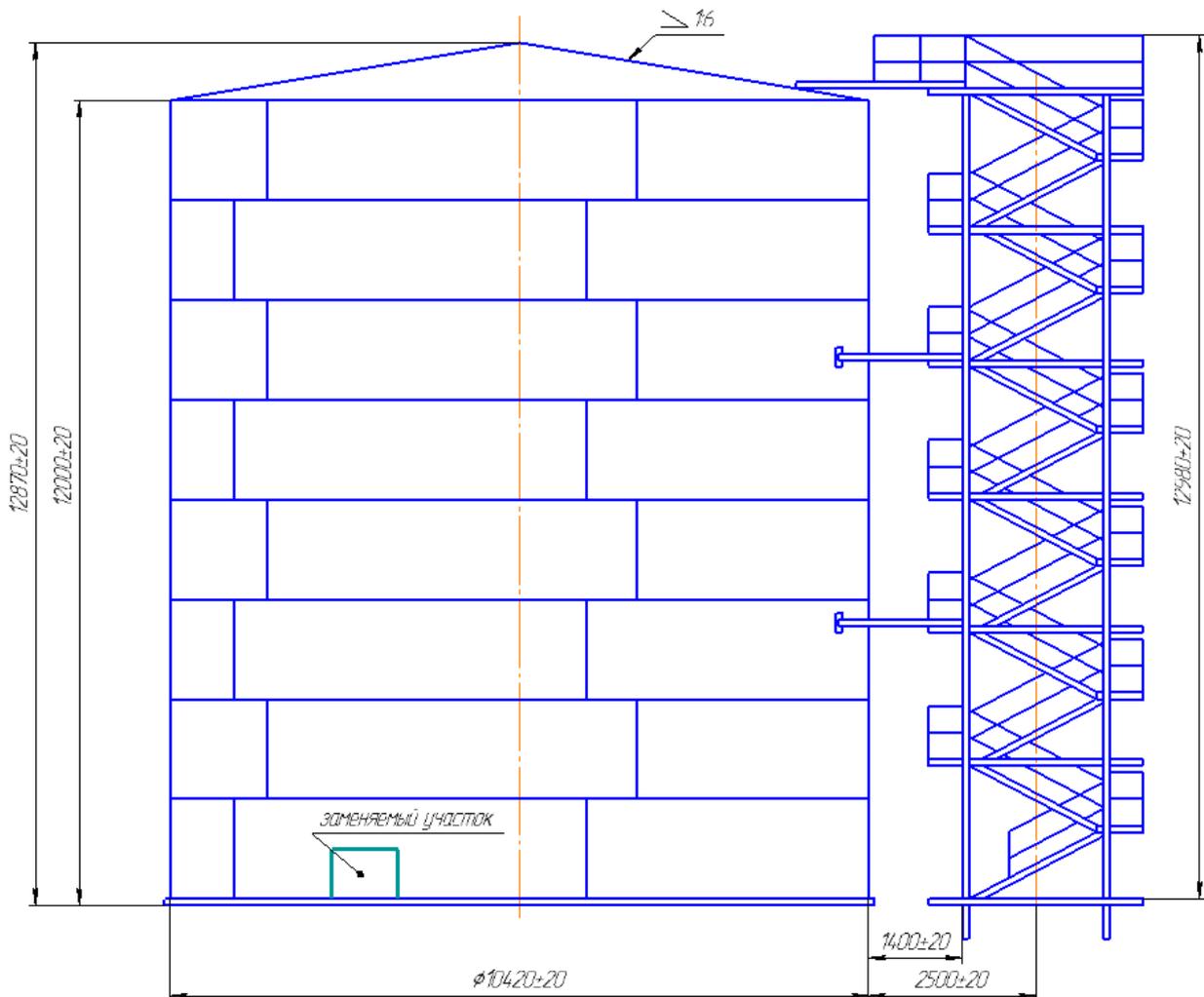


Рисунок 1 - Схема РВС-1000м³ с заменяемым участком стенки

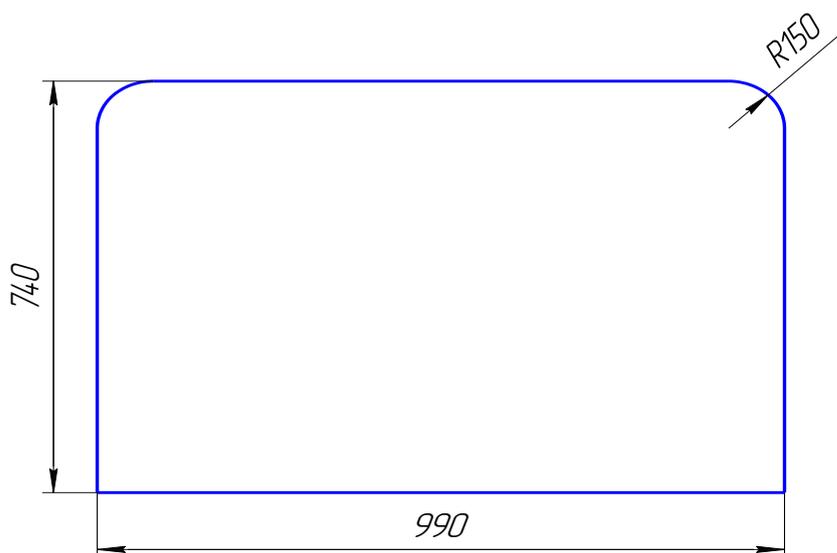


Рисунок 2 – Ремонтная вставка заменяемого участка

1.1 Материал сварной конструкции

Резервуар для азотной кислоты изготавливается из стали 12X18H10T.

Сталь 12X18H10T относится к аустенитной стали и применяется как коррозионно-стойкий и жаропрочный материал. По системе легирования материал относится к хромоникелевым сталям. Механические характеристики стали которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Механические характеристики стали 12X18H10T по ГОСТ 7350-77

Марка стали	σ_B , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ , %
	Не менее		
12X18H10T	530	205	40

Химический состав стали по ГОСТ 5632-80 указан в таблице 2

Таблица 2 - Массовая доля элементов стали 12X18H10T по ГОСТ 7350-77, %

C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	S	P
≤0,12	≤0,80	1,0-2,0	17,0-20,0	0,5-0,7	9,0-11,0	≤0,020	≤0,035

1.2 Оценка технологической свариваемости

Материал РВС сталь 12X18H10T, основным требованием, которое предъявляется к сварным соединениям, является стойкость к различным видам коррозии. Межкристаллитная коррозия может развиваться как в металле шва, так и в основном металле у линий сплавления (ножевая

коррозия) или на некотором удалении от шва. Механизм развития этих видов коррозии одинаков, однако причины возникновения различны.

Основные трудности сварки рассматриваемых сталей и сплавов обусловлены многокомпонентностью их легирования и разнообразием условий эксплуатации сварных конструкций. Главной и общей особенностью сварки является склонность к образованию в шве и околошовной зоне горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер. Они могут наблюдаться как в виде мельчайших микронадрывов, так и видимых трещин. Горячие трещины могут возникнуть и при термической обработке или работе конструкции при повышенных температурах. Образование горячих трещин связано с формированием при сварке крупнозернистой макроструктуры, особенно выраженной в многослойных швах, когда кристаллы последующего слоя продолжают кристаллы предыдущего слоя, и наличием напряжений усадки.

Металлу сварных швов свойственны ячеисто-дендритные формы кристаллизации, что приводит к образованию крупных столбчатых кристаллов и обогащению междендритных участков примесями, образующими легкоплавкие фазы. В аустенитных швах столбчатая структура выражена наиболее четко. Применение методов, способствующих измельчению кристаллов и устранению столбчатой структуры, повышает стойкость швов против образования горячих трещин. Одним из таких методов является получение швов, имеющих в структуре некоторое количество первичного δ -феррита. Положительное действие феррита в аустенитно-ферритных швах на предупреждение образования в них горячих трещин связано с изменением схемы кристаллизации и большей растворимостью в нем ликвирующих примесей. Одновременное выпадение из жидкой фазы кристаллов аустенита и первичного δ -феррита приводит к измельчению и дезориентации структуры, т. е. к уменьшению сечения столбчатых кристаллов, разделенных участками первичного δ -феррита. В результате вероятность образования горячих трещин по местам

расположения жидких прослоек уменьшается. Получение аустенитно-ферритных швов достигается их дополнительным легированием ферритообразующими элементами, такими как хром, кремний, алюминий, молибден и др. В изделиях работающих как коррозионно-стойкие при температурах до 400° С, допускается содержание феррита до 20—25 % [1].

В сталях с большим запасом аустенитности получение швов с аустенитно-ферритной структурой затруднено. Возможность предотвращения в них горячих трещин достигается ограничением содержания в швах примесей, образующих легкоплавкие эвтектики (фосфора, серы). Для этого применяют сварочные материалы, изготовленные из сталей вакуумной выплавки или электрошлакового переплава, и ограничивают проплавление основного металла. В некоторых случаях можно улучшить стойкость швов против горячих трещин повышением содержания ликвирующих примесей до концентраций, обеспечивающих получение на завершающих стадиях кристаллизации обильной эвтектики на поверхности кристаллитов, например при легировании стали бором (0,3—1,5 %). При этом уменьшаются деформации, накапливаемые в металле шва к концу кристаллизации, вследствие понижения верхней температуры эффективного интервала кристаллизации. Снижение действия силового фактора (ограничением тока, заполнением разделки валиками небольшого сечения, рациональной конструкцией соединения и др.) также является фактором предупреждения горячих трещин.

Межкристаллитная коррозия в металле шва возникает в результате выделения из аустенита под действием термического цикла сварки карбидов хрома, приводящих к обеднению хромом приграничных объемов зерен. Основными причинами этого являются повышенное содержание в металле шва углерода и отсутствие или недостаточное содержание титана или ниобия. Стойкость шва против межкристаллитной коррозии уменьшается в результате длительного воздействия нагрева при неблагоприятном термическом цикле сварки или эксплуатации изделия. Аустенитно-

ферритные швы со сплошной структурой и извилистыми очертаниями границ зерен имеют повышенную стойкость против межкристаллитной коррозии по сравнению с аустенитными. Возрастание протяженности границ зерен вследствие измельчения зерен увеличивает площадь поверхности, на которой выделяются карбиды. Выделяющиеся карбиды более дисперсны, и местное обеднение объема зерна хромом происходит на меньшую глубину. Кроме того, процессы диффузии в феррите происходят значительно быстрее, что ускоряет выравнивание концентрации хрома в обедненных приграничных и центральных участках зерен [1, с.206].

Межкристаллитная коррозия (МКК) основного металла на некотором расстоянии от шва также вызвана действием термического цикла сварки на ту часть основного металла, которая была нагрета до критических температур.

Склонность стали и швов к межкристаллитной коррозии предупреждается:

- снижением содержания углерода до пределов его растворимости в аустените (до 0,02—0,03 %);
- легированием более энергичными, чем хром, карбидообразующими элементами (стабилизация титаном, ниобием, танталом, ванадием и др.);
- стабилизирующим отжигом при 850—900 °С в течение 2—3 часов или аустенизацией —закалкой с 1050—1100 °С;
- созданием аустенитно-ферритной структуры с содержанием феррита до 20—25 % путем дополнительного легирования хромом, кремнием, молибденом, алюминием и др. Однако такое высокое содержание в структуре феррита может понизить стойкость металла к общей коррозии [1, с.169].

Ножевая коррозия поражает основной металл. Этот вид коррозии развивается в сталях, стабилизированных титаном и ниобием на участках, нагретых при сварке до температур выше 1250 °С, где карбиды титана и ниобия растворяются в аустените. Повторное тепловое воздействие на этот

металл критических температур 500—800 °С приведет к сохранению титана и ниобия в твердом растворе и выделению карбидов хрома.

Общая коррозия, т. е. растворение металла в коррозионной среде, может развиваться в металле шва, на различных участках или в околошовной зоне в целом и в основном металле. В некоторых случаях наблюдается равномерная общая коррозия основного металла и сварного соединения.

Имеется еще один вид коррозионного разрушения - коррозионное растрескивание, возникающее под совместным действием растягивающих напряжений и агрессивной среды. Разрушение развивается как межкристаллитное, так и транскристаллитное. Снижение остаточных сварочных напряжений — одна из основных мер борьбы с этим видом коррозионного разрушения.

2 Обоснование выбора способа сварки, режимов, сварочных материалов и оборудования

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Рассматриваемый резервуар на предприятии сваривается при помощи ручной аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом. В данной выпускной квалификационной работе предлагается заменить данный способ сварки на более производительный способ, рассмотрим механизированную сварку в среде защитных газов. Проведем сравнение параметров этих видов сварки.

2.1.1 Сварка в среде защитных газов неплавящимся вольфрамовым электродом

К основным преимуществам сварки в среде защитных газов относятся:

- отсутствие необходимости применения флюсов или обмазок, а, следовательно, и очистки швов от шлака и неиспользованных остатков флюса;

- высокая степень концентрации источника тепла, позволяющая значительно сократить зону структурных превращений и уменьшить коробление изделия;

- минимальное взаимодействие металла шва с кислородом и азотом воздуха;

- возможность наблюдения за открытой дугой, чем облегчается управление процессом сварки/

Недостатки способа сварки неплавящимся электродом:

- низкая производительность;

- необходимость в устройствах, обеспечивающих начальное возбуждение дуги;

- высокая скорость охлаждения сварного соединения.

В качестве защитного газа используются аргон.

Аргонодуговую сварку неплавящимся электродом, можно использовать для соединения материалов различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров). Применение аргона с различными теплофизическими

свойствами и их смесей изменяет тепловую эффективность дуги и условия ввода тепла в свариваемые кромки и расширяет технологические возможности процесса сварки. При сварке в аргоне неплавящимся электродом повышается стабильность дуги и снижается угар легирующих элементов, что важно при сварке высоколегированных сталей. Заданный химический состав металла шва можно получить путем изменения состава присадочной проволоки и доли участия основного металла в образовании шва, когда составы основного и электродного металлов значительно различаются. Сварка в аргоне неплавящимся электродом обеспечивает формирование швов в различных пространственных положениях, что позволяет применять этот способ вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами [7, с.153].

Сварку вольфрамовым электродом производят в аргоне по ГОСТ 10157-79 и гелии или их смесях и применяют обычно для материала толщиной до 5-7 мм. В зависимости от толщины и конструкции сварного соединения сварку вольфрамовым электродом производят с присадочным материалом или без него. Процесс осуществляют вручную с использованием специальных горелок или автоматически на постоянном токе прямой полярности. Исключение составляют, стали и сплавы с повышенным содержанием алюминия, когда для разрушения поверхностной пленки окислов алюминия, следует использовать переменный ток.

Сварку можно выполнять непрерывно горячей или импульсной дугой. Импульсная дуга уменьшает зону термического влияния и коробление свариваемых кромок, а также обеспечивает хорошее формирование шва при сварке материала малой толщины. Особенности кристаллизации металлов сварочной ванны при этом способе сварки способствуют дезориентации структуры, что уменьшает вероятность образования горячих трещин, однако может способствовать образованию околошовных надрывов. Для улучшения защиты и формирования корня шва используют поддув газа, а при сварке корневых швов на металле повышенных толщин применяют и специальные

расплавляемые вставки. При сварке вольфрамовым электродом в инертных газах погруженной дугой увеличение доли тепла, идущей на расплавление основного металла, позволяет без разделки кромок, за один проход сваривать металл повышенной толщины. Однако околошовная зона расширяется, и возникает опасность перегрева металла.

2.1.2 Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом

При механизированной сварке плавящимся электродом в среде защитных газов шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления электродной проволоки. Размеры и форма шва зависят при этом не только от мощности дуги, но также и от процесса плавления проволоки.

Поток газов, паров и капель металла в столбе дуги оказывает давление на поверхность сварочной ванны, в результате чего столб дуги погружается в основной металл, увеличивая глубину проплавления.

Интенсивность механического воздействия дуги на сварочную ванну характеризуется ее давлением, которое будет тем больше, чем концентрированнее поток газа и металла. Концентрация потока металла увеличивается с уменьшением диаметра капель [8, с.284].

Размер капель электродного металла определяется составом металла и защитного газа, а также направлением и величиной тока. При сварке стали и некоторых сплавов током, превышающим некоторый критический, капельный перенос металла (рисунок 3, а) сменяется струйным (рисунок 3, б). В этом случае сжимающее действие тока становится настолько большим, что расплавленный металл на конце электрода стекает в дуговой промежуток в виде конической струи.

Достоинства способа:

- повышенная производительность (по сравнению с дуговой сваркой покрытыми электродами);
- отсутствуют потери на огарки и затраты времени на смену электродов;

- надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- отсутствие шлаковой корки;
- возможность сварки во всех пространственных положениях.

Недостатки способа:

- большие потери электродного металла на угар и разбрызгивание
- мощное излучение дуги;
- ограничение по сварочному току;
- сварка возможна только на постоянном токе.

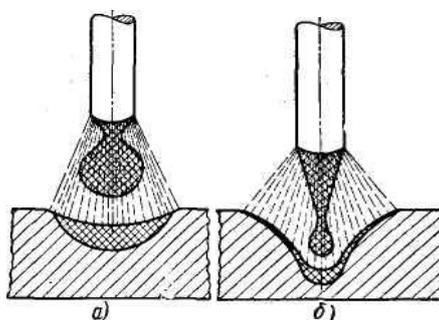


Рисунок 3 - Схема переноса электродного металла в дуге при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов: *а* - капельный; *б* - струйный

2.2 Обоснование выбора сварочных материалов

Выбор сварочных материалов производится для стали 12Х18Н10Т, так как это аустенитная сталь, то это накладывает ограничение на используемые материалы. Выберем для каждого вида сварки сварочные материалы, обеспечивающие требуемые свойства.

2.2.1 Выбор материалов для аргодуговой сварки неплавящимся электродом

При сварке нержавеющей сталей нет необходимости в металлургической обработке металла шва, так как эти стали являются хорошо раскисленными. Высококачественные швы получаются на этих сталях при сварке в инертных газах, обеспечивающих максимальное усвоение швом легирующих элементов основного и присадочного материалов.

Сварку вольфрамовым электродом следует выполнять постоянным током прямой полярности (переменным током в случае повышенного содержания Al). Для наших конструкций используется сварка на постоянном токе прямой полярности и применяется вольфрамовый электрод марки ВТ-15 по ГОСТ 19671-91 [2].

Для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом используется вольфрам различных марок: ВИ, ВА, ВД, ВЧ. В нашем случае более целесообразно будет использовать: вольфрамовый электрод марки ВТ-15 содержит 1,5-2,0 % окиси тория и других примесей не более 0,09 %. За счёт присадки окиси тория значительно повышается эмиссионная способность электрода, снижается катодное падение напряжения, уменьшается температура конца электрода.

Выбор присадочной проволоки производится как по металлургическим, так и по технологическим свойствам. Согласно рекомендациям [6, с.59] применим проволоку Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-70*, следующего химического состава (таблица 3).

Таблица 3 - Химический состав сварочной проволоки Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-70*, %.

С	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	S	P
0,03	0,8	1,7	19,0	2,7	12,5	0,018	0,025

Для сварки коррозионностойких сталей рекомендуется использовать аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79, для борьбы с трещинами следует применять материалы повышенной чистоты. Состав газа указан в таблице 4. В сварочном производстве используется аргон, поставляемый в газообразном состоянии. Газообразный аргон отпускают, хранят и транспортируют в стальных баллонах (по ГОСТ 949-73), или автоцистернах под давлением $15 \pm 0,5$ или $20 \pm 1,0$ МПа при 293 °К. При поставке аргона в баллонах вместимостью 40 дм³ объём газа составляет 6,2 м³ (давление 15 МПа, температура 293 °К).

Таблица 4 - Химический состав аргона высшего сорта по ГОСТ 10157 -79

Ar, %, не менее	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

2.2.2 Выбор материалов для механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом

Сварку плавящимся электродом производят в инертных, а также активных газах или смеси газов. При сварке высоколегированных сталей, содержащих легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан и др.), следует использовать инертные газы, преимущественно аргон, и вести процесс на плотностях тока, обеспечивающих струйный перенос электродного металла. При струйном переносе дуга имеет высокую стабильность и практически исключается разбрызгивание металла, что важно для формирования швов в различных пространственных положениях и для ликвидации очагов коррозии, связанных с разбрызгиванием при сварке коррозионно-стойких и жаростойких сталей. Однако струйный перенос возможен на токах выше критического, при которых возможно образование прожогов при сварке тонколистового металла. Добавка в аргон до 3-5 % O₂ и 15-20 % CO₂ уменьшает критический ток, а создание при этом окислительной атмосферы в зоне дуги снижает вероятность образования пор, вызванных водородом. Однако при сварке в указанных смесях газов увеличивается угар легирующих элементов, а при добавке углекислого газа возможно науглероживание металла шва. Добавкой к аргону 5-10 % N может быть повышено его содержание в металле шва. Азот является сильным аустенизатором, и таким образом можно изменить структуру металла шва.

Вследствие вышесказанного в качестве защитного газа используем аргон высшего сорта, химический состав которого и его основные характеристики приведены в п.2.2.1.

Согласно рекомендациям [2, с.61], для сварки аустенитных сталей применим проволоку Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-60*, диаметром 1,2 мм.

2.3 Расчет режимов сварки

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрических размеров шва. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рассчитаем основные типы соединений, используемых в данном изделии.

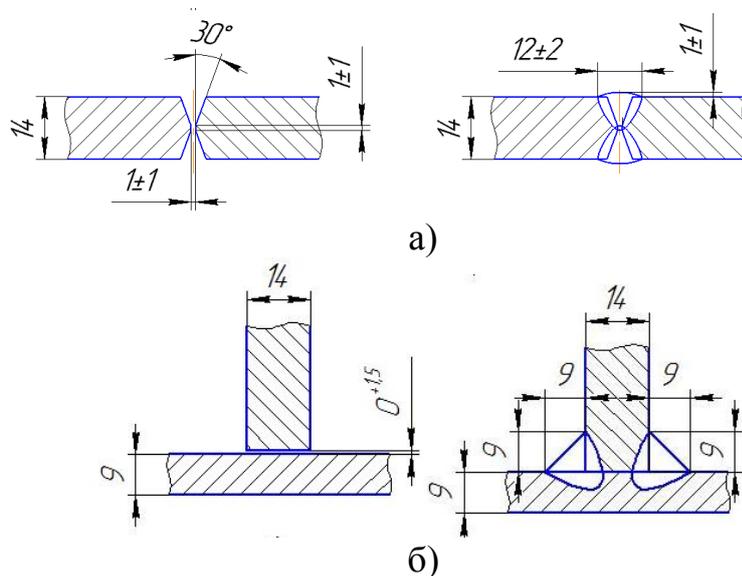
2.3.1 Выбор параметров режимов для аргодуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом.

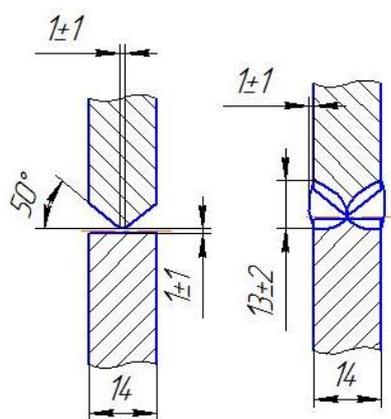
Так как для расчёта режимов сварки неплавящимся вольфрамовым электродом не существует определённой методики, при их выборе воспользуемся рекомендациями [2].

Таблица 5 - Режимы аргодуговой сварки вольфрамовым электродом постоянным током прямой полярности нержавеющей стали 12Х18Н10Т

Тип соединения	Толщина материала, мм	Диаметр проволоки, мм	Режим сварки		
			Ток, А	Напряжение дуги, В	Расход газа, л/мин
В стык с разделкой кромок	14,0+14,0	1,2	80-100	10-11	5-6
Тавровое	14,0+9,0	1,2	80-100	10-11	5-6

Размеры получаемых при сварке швов приведены на рисунке 4.





в)

Рисунок 4 - Геометрические размеры и схемы выполнения сварных швов стенки резервуара при сварке неплавящимся электродом: а – вертикальные швы С25 по ГОСТ 14771-76; б – уторный шов Т3 по ГОСТ 14771-76; в – горизонтальный шов С15 по ГОСТ 14771-76

2.3.2 Расчёт режимов для механизированной сварки в среде аргона плавящимся электродом.

Так как шов двухсторонний, расчет будем вести по внутреннему шву, внешний находится аналогично. Толщина свариваемых пластин (S) 14 мм, глубину проплавления назначаем 8 мм.

Рассчитаем режим сварки для вертикального стыка.

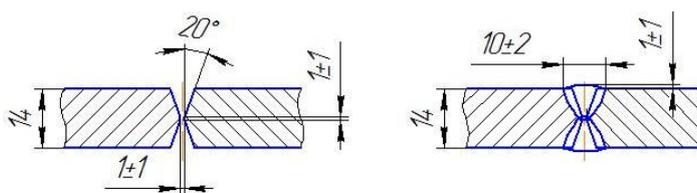


Рисунок 5 - Вертикальный шов по С25 ГОСТ 14771-76

Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур по формуле:

$$F_n = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,73 \cdot g \cdot e, \quad (1)$$

где S – толщина металла, мм;

e – ширина шва, мм;

g – высота усиления шва, мм;

b – ширина зазора, мм;

h – высота разделки без притупления, мм.

$$F_n = 7^2 \cdot \operatorname{tg} 20 + 1 \cdot 8 + 0,73 \cdot 1 \cdot 10 = 33 \text{ мм}^2.$$

При расчёте параметров режима сварки следует учесть рекомендации по количеству наплавленного металла за один проход. Так при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода 20...30 мм², второго 30...60 мм². [2]

Принимаем площадь наплавленного металла за один проход равной для первого прохода $F_1 = 13 \text{ мм}^2$, для второго прохода $F_2 = 20 \text{ мм}^2$.

Общую площадь поперечного сечения, наплавленного и расплавленного металлов, найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (g + S), \quad (2)$$

где S , e , g – размеры конструктивных элементов сварного соединения,

$$F = 0,73 \cdot 10 \cdot (8 + 1) = 66 \text{ мм}^2.$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{np} = F - F_n, \quad (3)$$

где F_n – площадь наплавленного металла, мм²;

F – общая площадь поперечного сечения, наплавленного и проплавленного металлов, мм²,

$$F_{np} = 66 - 33 = 33 \text{ мм}^2.$$

Согласно рекомендациям [2], принимаем плотность сварочного тока $j = 200 \text{ А/мм}^2$, и диаметр электродной проволоки $d_э = 1,2 \text{ мм}$.

Рассчитаем силу сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j, \quad (4)$$

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 230 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_s}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (5)$$

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

принимаем напряжение $U_d = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_s \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (6)$$

где K' – коэффициент, который зависит от рода тока и полярности,

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,2.$$

Для механизированной сварки значения ψ_{np} должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (7)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ – плотность материала, г/см³,

Для определения коэффициента наплавки α_n при механизированных способах сварки в среде Ar воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (8)$$

где ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (9)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (9), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56\%.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (10)$$

где l – величину вылета электрода l равная 1,5 см, согласно рекомендации [2],

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,9 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (8):

$$\alpha_n = 13,9 \cdot (1 - 0,1256) = 12,1 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Скорость сварки по формуле (7) получаем:

для первого прохода

$$V_{св} = \frac{12,1 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 13 \cdot 10^{-2}} \approx 0,75 \text{ см/с} = 27 \text{ м/ч};$$

для второго прохода

$$V_{св} = \frac{12,1 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 20 \cdot 10^{-2}} \approx 0,48 \text{ см/с} = 17 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{пзл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} \quad (11)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, г/см³.

$$V_{пзл} = \frac{13,9 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 9,9 \text{ см/с} = 358 \text{ м/ч}.$$

Расчитаем режимы сварки для уторного шва.

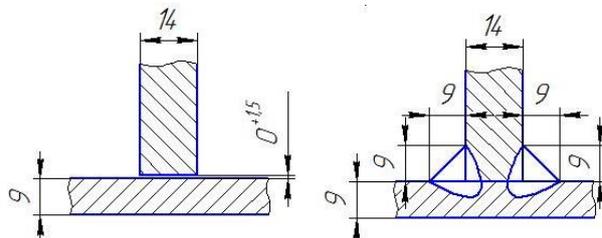


Рисунок 6 - Уторный шов ТЗ по ГОСТ 14771-76

Зная катет шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле:

$$F_n = \frac{k^2}{2}, \quad (13)$$

где k – катет шва, мм.

$$F_n = \frac{9^2}{2} = 40,5 \text{ мм}^2.$$

Принимаем площадь наплавленного металла за один проход равной для первого прохода $F_1 = 15 \text{ мм}^2$, для второго прохода $F_2 = 25,5 \text{ мм}^2$. [2]

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (4):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 230 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле (5):

$$U_0 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В},$$

принимаем напряжение $U_0 = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара по формуле (6):

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,2.$$

Для механизированной сварки значения $\psi_{пр}$ должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим коэффициент потерь по формуле (9):

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \text{ \%}.$$

Определим коэффициент расплавления по формуле (10):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,9 \text{ э/А} \cdot \text{ч},$$

Определим коэффициент наплавки по формуле (8):

$$\alpha_n = 13,95 \cdot (1 - 0,1256) = 12,2 \text{ э/А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (7) получаем:

для первого прохода:

$$V_{св1} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 15 \cdot 10^{-2}} \approx 0,66 \text{ см/с} = 24 \text{ м/ч},$$

для второго прохода:

$$V_{св2} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 25,5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,39 \text{ см/с} = 14 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (11):

$$V_{нэл} = \frac{13,9 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 9,9 \text{ см/с} = 358 \text{ м/ч}.$$

Рассчитаем режимы сварки для горизонтального шва.

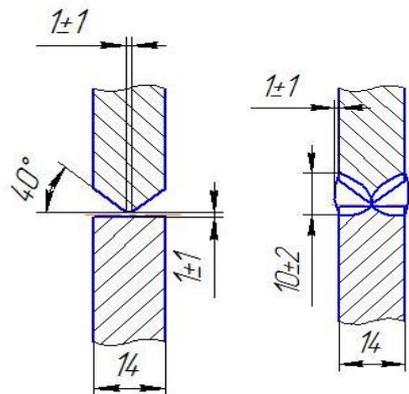


Рисунок 5 - Горизонтальный шов С15 по ГОСТ 14771-76

Рассчитаем сварочный шов с одной стороны на толщину металла 7 мм.

Найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур, по формуле:

$$F_n = \frac{h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} + b \cdot S + 0,73 \cdot g \cdot e, \quad (14)$$

где α – угол разделки кромок, градусы;

$$F_n = \frac{7^2 \cdot \operatorname{tg} 40}{2} + 1 \cdot 8 + 0,73 \cdot 1 \cdot 10 = 36 \text{ мм}^2.$$

Общую площадь поперечного сечения, наплавленного и проплавленного металлов, найдем по формуле (2):

$$F = 0,73 \cdot 10 \cdot (8+1) = 66 \text{ мм}^2.$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (3):

$$F_{np} = 66 - 36 = 30 \text{ мм}^2.$$

Принимаем площадь наплавленного металла за один проход равной для первого прохода $F_1 = 16 \text{ мм}^2$, для второго прохода $F_2 = 20 \text{ мм}^2$. [2]

Согласно рекомендациям [2], принимаем $j = 200$, $d_3 = 1,2 \text{ мм}$, по формуле (4):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 230 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле (5):

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

принимаем напряжение $U_д = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара по формуле (6):

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,2.$$

Для механизированной сварки значения $\Psi_{пр}$ должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим коэффициент потерь по формуле (9):

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56\%.$$

Определим коэффициент расплавления по формуле (10):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,9 \text{ э/А} \cdot \text{ч}.$$

Определим коэффициент наплавки по формуле (8):

$$\alpha_n = 13,9 \cdot (1 - 0,1256) = 12,1 \text{ э/А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (7), получаем:

для первого прохода

$$V_{св} = \frac{12,1 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 16 \cdot 10^{-2}} \approx 0,61 \text{ см/с} = 22 \text{ м/ч};$$

для второго прохода

$$V_{св} = \frac{12,1 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 20 \cdot 10^{-2}} \approx 0,48 \text{ см/с} = 17 \text{ м/ч.}$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (11):

$$V_{пэл} = \frac{13,9 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 9,9 \text{ см/с} = 358 \text{ м/ч.}$$

Таблица 6 – Режимы сварки

Тип соединения	Номер прохода	I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	V _{пэл} , м/ч	d _{эл} , мм	q _г , л/мин
С15	1	230	27	22	358	1,2	10-12
	2			17			
Т3	1	230	27	24	358	1,2	9-11
	2			14			
С25	1	230	27	27	358	1,2	10-12
	2			17			

Т.к. шов двухсторонний режимы сварки рассчитаны для внутреннего шва, внешние режимы сварки будут аналогичны.

2.4 Обоснование выбора сварочного оборудования

2.4.1 Выбор оборудования для ручной аргодуговой сварки

В настоящее время имеется огромный выбор различного оборудования и источников питания для аргодуговой сварки. Источник питания сварочной дуги должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

Согласно литературным и интернет данным, принимаем инверторную установку аргодуговой сварки BRIMA TIG 250 AC/DC. Данная установка предназначена для сварки нержавеющей, легированной, углеродистой стали и цветных металлов в режиме постоянного тока, а в режиме переменного тока – для сварки алюминия и его сплавов.

Отличительные функции аргодуговой установки:

- поддержка дуги высокочастотной вибрацией;
- постоянный/переменный ток, доступен режим TIG и MMA;
- стабильная дуга, мягкое управление;
- малые габариты и вес, низкий уровень шума.

Основные технические характеристики установки BRIMA TIG 250 AC/DC приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные характеристики установки для аргодуговой сварки вольфрамовым электродом BRIMA TIG 250 AC/DC

Напряжение в сети, В	380
Потребляемая мощность, кВА	6,3
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10-250
Продолжительность нагрузки (ПН), % при I=250 А	60

Максимальная толщина свариваемой стали, мм	12
КПД, %	85
Габаритные размеры, мм	560x365x35
Масса, кг	30
Цена, руб	38000

Как видно из технических требований, данная установка полностью подходит для ремонта РВС, а так же соответствует всем предъявляемым требованиям для проведения качественного процесса сварки.

В комплектацию к принятому оборудованию дополнительно должны входить редуктор – расходомер и баллон с аргоном. В таблице 8 приведены все основные составляющие оборудования необходимые для сварки в защитном газе.

Таблица 8 - Оборудование для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом

Название	Цена
BRIMA TIG 250 AC/DC	38000
Редуктор – расходомер AP 40 KP1	1800
Баллон для аргона 40л	8000
Аргон высокой чистоты (99,998%) (6,2м ³)	2200
Итого, руб	50000

2.4 2 Оборудование для механизированной сварки в защитном газе

Для осуществления механизированной сварки в защитном газе аргон можно использовать полуавтомат с отдельным подающим механизмом EWM Taurus 351, так как он соответствует всем требованиям предъявляемым для качественной сварки, так же он подходит под назначенные режимы сварки.

Основные характеристики полуавтомата EWM Taurus 351 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные характеристики полуавтомата EWM Taurus 351

Напряжение в сети, В	380
Потребляемая мощность, кВА	13,9
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-350
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	0,5-24
Продолжительность нагрузки (ПН), %	100

Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,2
Габаритные размеры, мм	1100x445x1000
Масса, кг	125
Цена, руб	138000

В комплектацию к принятому оборудованию дополнительно должны входить редуктор – расходомер и баллон с аргоном. В таблице 10 приведены все основные составляющие оборудования необходимые для сварке в защитном газе.

Таблица 10 - Оборудование для механизированной сварки в аргоне

Название	Цена
EWM Taurus 351	138000
Редуктор – расходомер AP 40 KP1	1800
Баллон для аргона 40л	8000
Аргон высокой чистоты (99,998%) (6,2м ³)	2200
Итого, руб	150000

3 Технология ремонта РВС 1000

3.1 Заготовительные операции

Для замены участков стенки применяются заготовки заводского изготовления, изогнутые по радиусу резервуара.

Перед установкой элементов необходимо произвести их контроль по следующим параметрам:

- наличие паспортов (сертификатов) завода изготовителя на конструкцию РВС;
- комплектность поставки;
- соответствие данных сертификатов на металл;
- разделку кромок под сварку;
- толщину элемента (листов);
- качество поверхности листов;
- качество кромок листа;
- просвет между шаблоном (длиной 2 м по дуге и гнутой поверхностью);
- ширину детали;
- длину детали.

Толщина листового металла заготовки равна толщине пояса, на котором она устанавливается.

Замену участков стенки выполнять в следующей последовательности:

- разметить зону вырезки дефектного участка по заготовке, при этом расстояние от линии реза до границ дефектного участка должно быть не менее 100 мм;
- смонтировать вокруг вырезаемой зоны раму жесткости и закрепить ее к стенке приваркой косынок. Расстояние от линии резов до элементов рамы жесткости должно быть не более 250 мм;
- приварить к удаляемому участку упоры и ограничители для предотвращения падения при вырезке, а также скобы для строповки на кран;

- вырезать дефектную зону стенки строго по разметке, обеспечив максимальную чистоту, точность резов и припуск на дальнейшую обработку кромок. Застропить вырезаемый участок на кран, освободить от ограничителей и упоров и демонтировать;

- произвести разделку кромок под сварку. Кромки обработать шлифмашинкой до получения требуемой разделки. Поверхность свариваемых деталей должна быть зачищена до чистого металла на ширину не менее 20 мм в каждую сторону от оси стыка;

- смонтировать и закрепить поперечными гребенками стыки листовой ремонтной вставки. Добиться совпадения внутренней плоскости ремонтной вставки с плоскостью стенки. Смещение кромок не должно превышать 10 % толщины ремонтной вставки. Выставить зазоры в стыках;

- после монтажа и закрепления ремонтной вставки выполнить сварку в ремонтной зоне.

3.2 Процесс сборки и сварки

Сборка и сварка вертикальных стыков.

Вертикальный стык закрепить с помощью монтажных приспособлений. При наличии на кромках следов влаги произвести просушку стыка нагревом. Смещение кромок – не более 1,0 мм.

Проставить прихватки по периметру стыка. Высота прихваток 3 мм, длина прихватки 30 мм, прихватки проставляются через 150 мм. При сварке шва прихватки подлежат переплавлению.

Сварку корневого слоя шва выполняет один сварщик участками 150...200 мм обратно – ступенчатым способом ступенями равной длины. Последовательность расположения ступеней и участков – сверху вниз. Направление сварки на подъем. После завершения сварки корневого слоя шва следует выполнить визуальный осмотр его поверхности.

Сборка и сварка горизонтальных стыков.

Зачистить до металлического блеска поверхности кромок и прилегающие к разделке поверхности на ширину не менее 20 мм.

Зашлифовать начало вертикальных швов до получения проектной разделки кромок. Смещение кромок – не более 1,0 мм. При наличии на кромках следов влаги произвести просушку стыка нагревом.

К сварке горизонтальных стыков приступать только после завершения сварки вертикальных стыков. Сварку производить обратноступенчатым способом участками длиной 200...250 мм от середины шва влево и вправо. Зашлифовать участки начала и завершения корневого слоя шва. После завершения сварки корневого слоя шва следует выполнить визуальный осмотр его поверхности. Участки с излишним усилением (или с поверхностными дефектами) зашлифовать. Зачистить корневой слой от шлака. Выполнить сварку заполняющих и облицовочных слоев. Производить послойную очистку швов от шлака. Замки смежных слоев должны быть смещены на расстояние не менее 20 мм.



Рисунок 8 – Обратноступенчатый способ сварки

К сварке уторного шва приступать только после окончания сварки горизонтального стыка стенки. Выполнять сварку уторного шва параллельно с наружной и внутренней стороны резервуара с опережением наружного шва. Сварку производить одновременно двумя сварщиками расположенным на противоположных участках утора обратноступенчатым способом (длина ступени до 500 мм). Начало и окончание каждой ступени зашлифовать. Производить послойную зачистку от шлака и брызг. Участки с излишним усилением зашлифовать, обеспечив одинаковую высоту валика по всей длине сварного соединения. При сварке облицовочных слоев обеспечить плавное сопряжение металла шва с основным металлом.

В процессе сборки и сварки ремонтной вставки производить контроль по следующим параметрам:

- разделка кромок стенки под сварку;
- соответствие зазоров в собираемых кромках между вставкой и стенкой;
- смещение кромок в стыках после сварки;
- угловатость кромок в стыках после сварки;
- местные отклонения стенки в горизонтальном и вертикальном направлении в месте установки ремонтной вставки;
- визуально – измерительный контроль качества сварных швов;
- контроль качества сварных швов физическими методами;
- контроль качества мест удаления сборочных приспособлений.

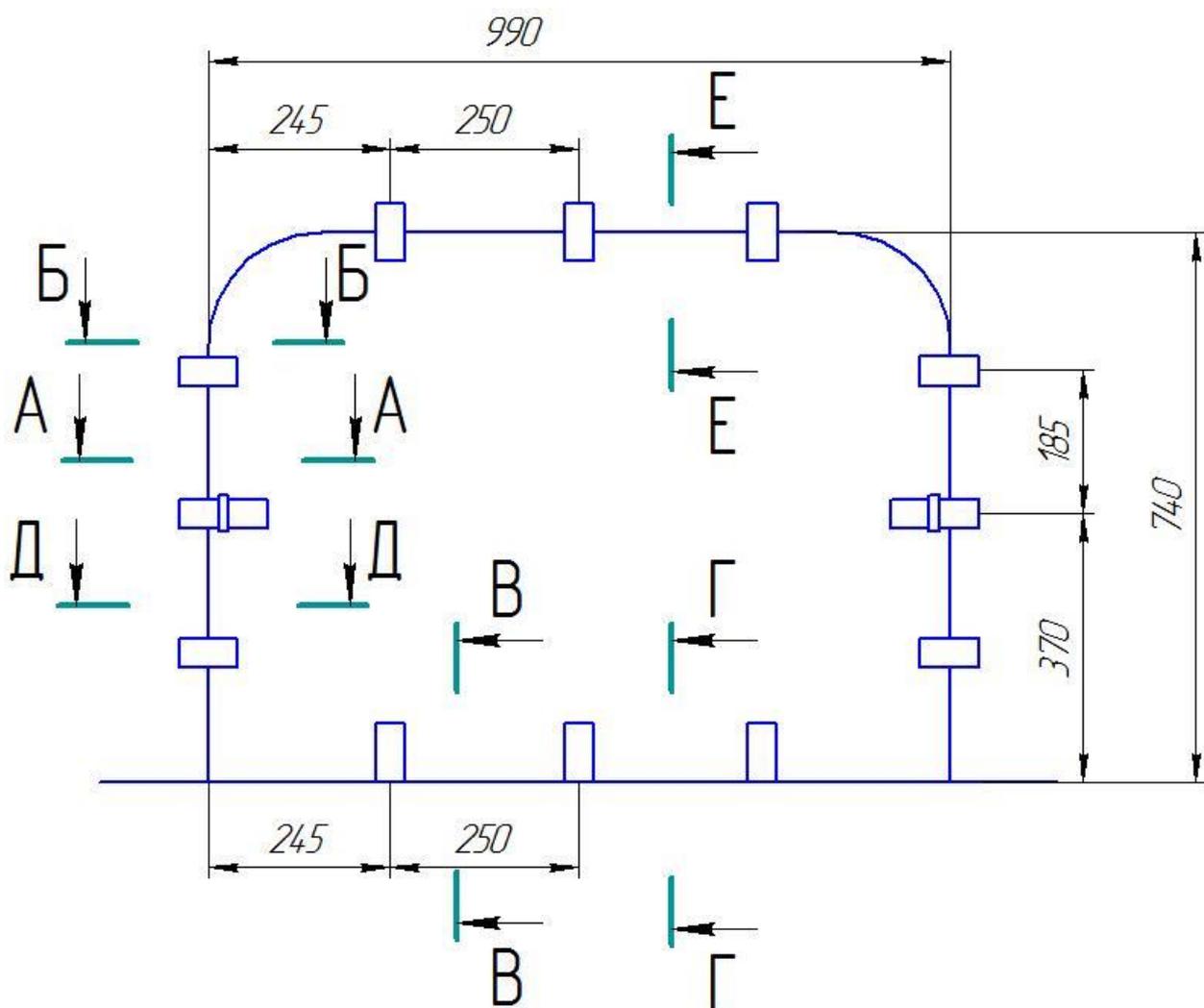


Рисунок 9 – Схема расстановки монтажных приспособлений на ремонтном участке стенки резервуара

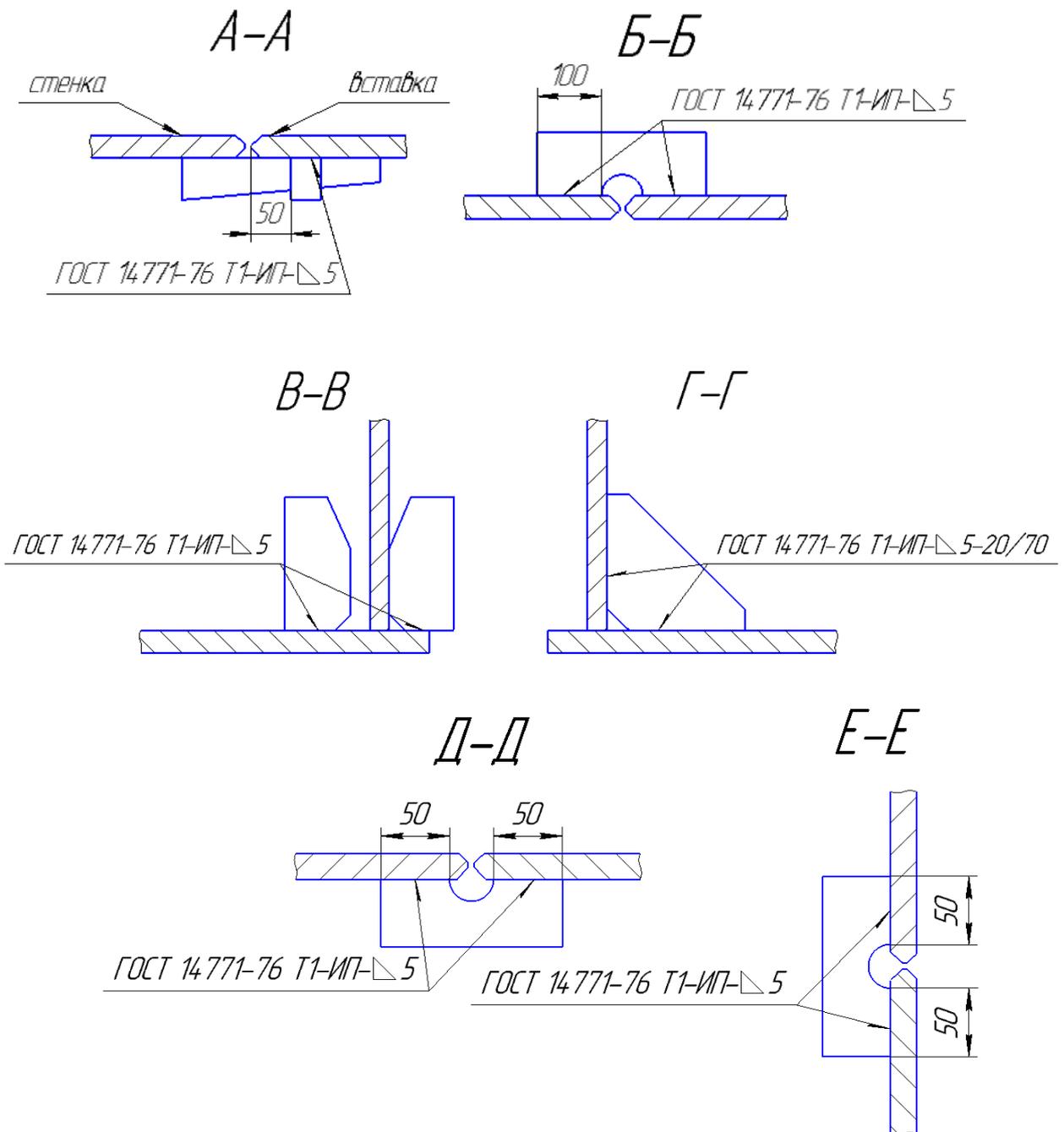


Рисунок 10 - Схема установки монтажных приспособлений.

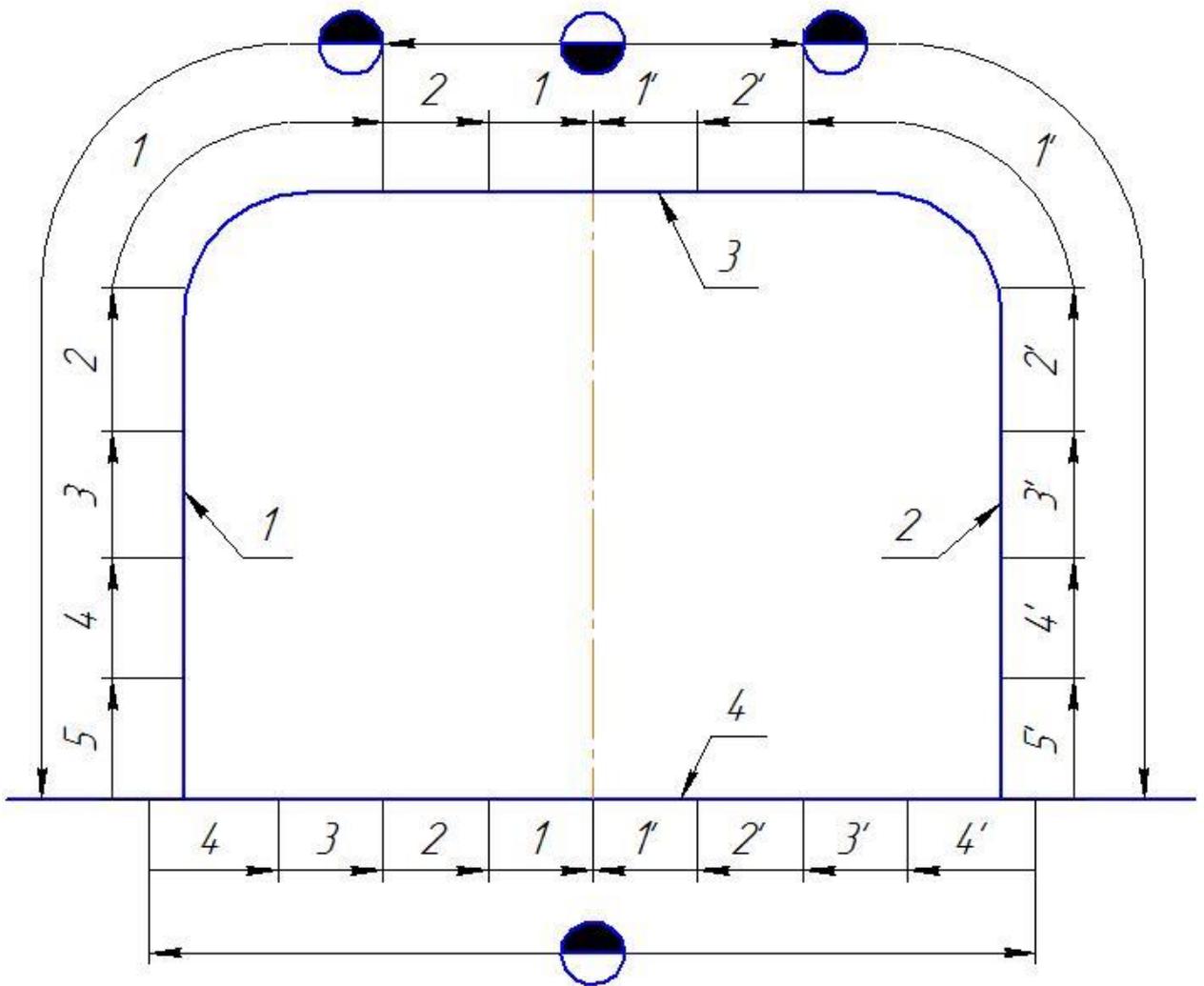


Рисунок 11 - Схема сварки ремонтной вставки

Условные обозначения:

1 – номер шва;

$\overleftarrow{1'}$ – технологический участок шва, направление и порядок его сварки;

$\overleftarrow{(\quad)}$ – общее направление сварки;

$\swarrow 1$ – номер шва в технологической последовательности.

3.3 Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними

Различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температуры при сварке;

- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений, сопровождающихся переохлаждением аустенита в околосшовной зоне и образования продуктов закалки мартенсита.

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций различают:

- остаточные, остаются в изделии после снятия нагрузки;
- временные, существующие в конструкции лишь в определенный момент времени.

В зависимости от размеров области, в пределах которой имеют место и взаимно уравниваются внутренние напряжения, различают:

- напряжения I рода – уравниваются в крупных объемах соизмеримых с размерами изделий или отдельных его частей;
- напряжения II рода – уравниваются в микрообъеме тела в пределах одного или нескольких зерен;
- напряжения III рода – уравниваются в объемах соизмеримых с атомной решеткой и связаны с искажениями атомной решетки.

Напряжения также можно разделить по направлению действия:

- продольные вдоль оси шва;
- поперечные перпендикулярно оси шва.

По виду напряженного состояния сварочные швы бывают:

- линейные (одноосные);
- плоскосные (двуосные);
- объемные (трехосные).

Меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями. Весь комплекс борьбы со сварочными напряжениями и деформациями можно разделить на две группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающих влияние: к таким мероприятиям можно отнести: последовательность сварки, закрепление,

предварительный обратный выгиб; подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых изделий;

- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие напряжений: к таким мероприятиям можно отнести: механическая правка, проковка шва, термообработка, также можно предотвратить сварочные деформации за счет правильного выбора сварочных материалов, режимов сварки, минимальное вложение погонной энергии и правильное определение способа сварки.

3.4 Контроль качества сварных швов резервуара

Контроль качества сварных швов при ремонте и замене металлоконструкций резервуара должен производиться в соответствии с требованиями РД-23.160.10-КТН-283-09 «Руководство по ремонту железобетонных и стальных вертикальных резервуаров объемом 1000 – 50000 м³» и РД 25.160.10-КТН-001-12 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров».

Методы контроля качества сварных соединений приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Методы контроля качества сварных соединений резервуара

Типы сварных соединений	Способ контроля качества
Все сварные соединения	Визуальный и измерительный (ВИК)
Стыковые соединения стенки 1-го пояса	Ультразвуковой (УЗК) – для всех стыковых сварных соединений стенки 1-го пояса Радиографический (РК) - для всех вертикальных и горизонтальных соединений стенки 1-го пояса
Уторный сварной шов сопряжения стенки с днищем	Визуально – измерительный контроль (ВИК) Вакуумирование (ПВТ) – наружный шов до наложения внутреннего шва
Зоны приварки монтажных приспособлений к стенке	Капиллярный контроль (ПВК)

Визуальный и измерительный контроль сварных швов выполнять согласно требованиям РД 03-603-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».

Контроль непроницаемости, герметичности швов сварных соединений следует производить пузырьковым или капиллярным методом в соответствии с ГОСТ 3242-79 «Соединения сварные. Методы контроля».

По внешнему виду сварные швы, выполненные при сварочно – монтажных работах, должны удовлетворять следующим требованиям:

- по форме и геометрическим размерам швы должны соответствовать требованиям таблицы 12 РД 25.160.10-КТН-001-12 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров», таблице 1 приложения «Ж» РД 25.160.10-КТН-001-12, ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;

- металл шва должен иметь плавный переход к основному металлу;

- швы не должны иметь недопустимых внешних дефектов (трещины всех видов и направлений, несплавлений, наплывов, грубой чешуйчатости, пористости, прожогов, свищей, незаваренных кратеров).

Не допускаются подрезы основного металла длиной, превышающей 10 % длины шва, глубиной более величин, указанных в таблице 12, причем под длиной шва следует понимать длину в пределах отдельного листа.

Таблица 12 – Допустимые величины подрезов РД 25.160.10-КТН-001-12 [29]

Характеристика сварного соединения	Допустимая величина подреза
Вертикальные швы стенки, швы стенки с днищем	Не более 0,2 мм
Горизонтальные соединения стенки	5 % толщины, но не более 0,3 мм
Прочие соединения	5 % толщины, но не более 0,5 мм

Смещение свариваемых кромок относительно друг друга для стыковых соединений из деталей одной толщины допускается не более: для деталей толщиной до 10 мм – 1,0 мм; для деталей толщиной более 10 мм – 10 % толщины, но не более 3 мм.

Выпуклость, вогнутость углового шва не должна превышать более чем на 20 % величину катета шва. Уменьшение катета углового шва допускается не более 1,0 мм. Увеличение катета углового шва допускается не более 1,0 мм для катетов до 5 мм и не более 2,0 мм для катетов свыше 5 мм.

Радиографический контроль должен выполняться в соответствии с ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод».

Снимки должны иметь длину не менее 240 мм. Чувствительность снимков должна соответствовать 3 классу по ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод».

При контроле пересечений швов стенки рентгеновские пленки (не менее двух пленок на каждое пересечение) должны обеспечивать контроль примыкающих участков горизонтальных и вертикальных швов на расстояние не менее 120 мм в каждую сторону.

Оценка внутренних дефектов сварных швов при радиографическом контроле должна производиться по РД 25.160.10-КТН-001-12 [29].

Ультразвуковая дефектоскопия должна проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». Квалификация дефектоскопистов при ультразвуковом контроле должна быть не ниже II уровня по ГОСТ Р ИСО 9712-2009.

Контроль качества сварных швов резервуара производить с применением ультразвукового дефектоскопа «УИУ-СКАНЕР».

Контроль герметичности сварных швов с использованием пробы «мел – керосин» следует производить путем обильного смачивания швов керосином. На противоположной стороне сварного шва, предварительно покрытой водной суспензией мела или каолина, не должно появляться пятен. Продолжительность контроля капиллярным методом зависит от толщины металла, типа сварного шва и температуры испытания. Заключение о наличии в сварном соединении сквозных дефектов делается не ранее чем через 1 ч после нанесения на шов индикатора сквозных и поверхностных дефектов.

При вакуумном способе контроля герметичности сварных швов вакуум – камеры должны создавать разряжение над контролируемым участком с

перепадом давления не менее 250 мм вод. ст. Перепад давления должен проверяться вакуумметром. Неплотность сварного шва обнаруживается по образованию пузырьков в нанесенном на сварное соединение мыльном или другом пенообразующем растворе.

3.5 Исправление дефектов сварных швов

Удалять дефектные участки сварных швов надлежит механизированной шлифовкой абразивным инструментом. Запрещается выплавлять дефекты сваркой.

При выполнении ремонтных работ по устранению дефектов сварных соединений произвести предварительный подогрев зоны ремонта до 100-120 °С независимо от температуры окружающего воздуха.

Отремонтированные участки сварных соединений должны быть вновь подвергнуты визуальной проверке и ультразвуковой дефектоскопии или радиографии. Если на отремонтированном участке шва вновь будут выявлены недопустимые дефекты, ремонт таких участков должен выполняться под непосредственным контролем руководителя сварочных работ.

Все сведения о выполнении ремонта внутренних дефектов сварных швов должны быть занесены в «Журнал пооперационного контроля качества монтажно – сварочных работ».

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решениям относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: ручная аргодуговая сварка и механизированная сварка в аргоне.

4.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа

Данная конструкция представляет собой РВС в котором необходимо провести замену дефектных участков, как показано на рисунке 12.

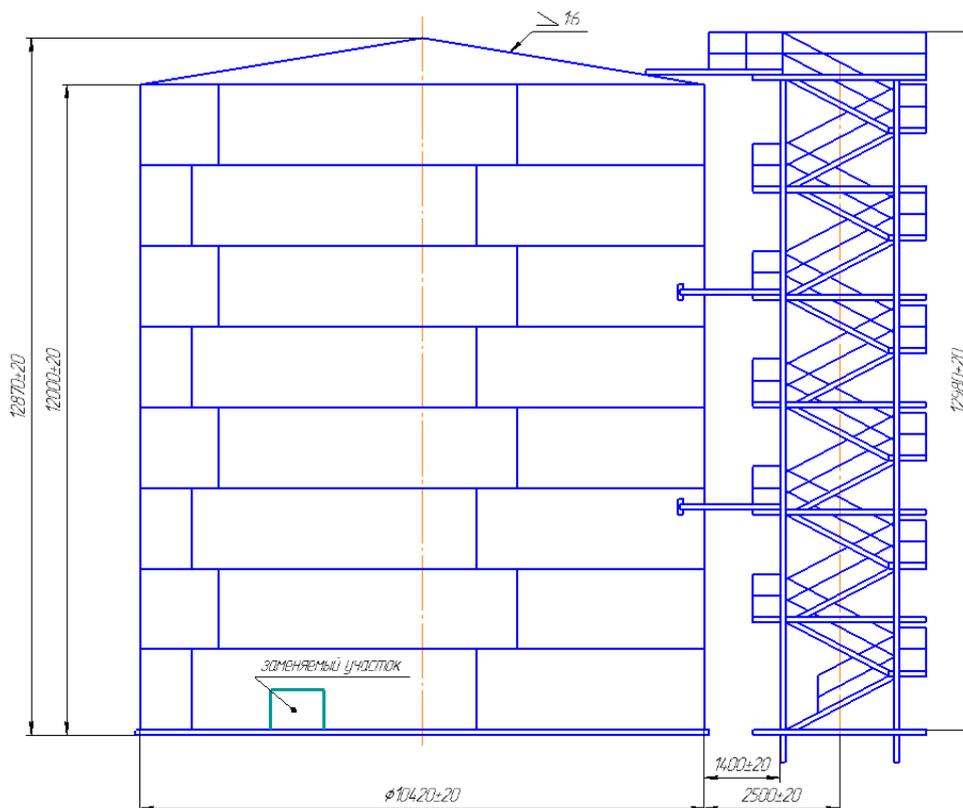


Рисунок 12 - Схема РВС-1000

4.2 Сварочные материалы

Для сварки стали 12Х18Н10Т используется сварочная проволока Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-60*, диаметром 1,2 мм. В качестве защитного газа применяется аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79.

4.3 Оборудование и приспособления

Для сварки применяется полуавтомат с отдельным подающим механизмом EWM Taurus 351.

4.4 Нормирование технологического процесса

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (аргодуговой сварки неплавящимся электродом и механизированной аргодуговой сварки с использованием приспособления для сборки и сварки).

Определение норм времени для аргодуговой сварки неплавящимся электродом [16] и механизированной аргодуговой сварки с приспособлением.

Таблица 13 – Основное время для сварки в среде защитных газов

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	ИП+приспособление	РАД	
Скорость сварки $V_{св}$, м/ч	4,32	4,32	
Расчетная формула $t_0 = \frac{60}{V_{св}}$	$t_0 = \frac{60}{4,32} \cdot 3 = 41,7$	$t_0 = \frac{60}{4,32} \cdot 3 = 41,7$	-

Вспомогательное время связанное со швом $t_{в,ш}$ (мин/м) приведем в таблице 14.

Таблица 14 - Вспомогательное время связанное со швом $t_{в,ш}$

Элементы, зависящие от длины шва	ИП+приспособление	РАД	Разница
1. Зачистка свариваемых кромок от налета ржавчины перед сваркой	0,4	0,4	-
2. Смена электродов, электродной проволоки	0,2	0,2	-
3. Осмотр и промер шва	0,6	0,6	-
Итого:	1,2	1,2	-

Вспомогательное время связанное с изделием и типом оборудования $t_{в,из}$ (мин/изделие) приведем в таблице 15.

Таблица 15 - Вспомогательное время связанное с изделием и типом оборудования $t_{в.из}$

Элементы, зависящие от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования	ИП+приспособление	РАД	Разница
1. Установка, поворот и снятие свариваемых деталей или узлов вручную, краном или с помощью приспособлений	1,5	10	-
2. Крепление деталей прижимными приспособлениями и их открепление	0,7	2	-
3. Перемещение сварщика в процессе сварки многопроходных швов	0,1	0,1	-
Итого:	2,3	12,1	0

Подготовительно-заключительное время $t_{н.з}$ (мин/партия) приведем в таблице 16.

Таблица 16 - Подготовительно-заключительное время $t_{н.з}$

Содержание работ	ИП+приспособление	РАД	Разница
1. Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	6,0	6,0	-
2. Ознакомление с работой	4	4	-
3. Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	4	4	-4
4. Подготовка рабочего места и приспособлений к работе	2	6	-
5. Сдача работы	3	3	-
Итого:	19	23	-

Таблица 17 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	ИП+приспособление	РАД	
t_o – основное время на сварку, мин/м	41,7	41,7	-
$t_{всп}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,2	1,2	-
l – длина шва	1,26	1,26	–
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	2,3	12,1	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,15	1,15	–
Расчетная формула	$T_{шт} = [(t_o + t_{всп}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$		

Для ИП+приспособление $T_{шт} = [(41,7+1,2) \times 1,26 + 2,3] \times 1,15 = 65$

Для РАД $T_{шт} = [(41,7+1,2) \times 1,26 + 12,1] \times 1,15 = 76$

Таблица 18 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	ИП+приспособление	РАД	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	–
$T_{шт}$ – штучное время	65	76	–
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \cdot 60}{65} \approx 7$ шт	$n = \frac{8 \cdot 60}{76} \approx 6$ шт	-

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

Таблица 19 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	ИП+приспособление	РАД	
$T_{шт}$ – штучное время	8	6,5	-

t_{n3} – подготовительно – заключительное время	19	23	–
n – размер партии	7	6	-
Расчетная формула $T_{штк} = T_{штм} + \frac{t_{n3}}{n}$	$T_{штк} = 65 + \frac{19}{7} = 68$	$T_{штк} = 76 + \frac{23}{6} = 80$	+12

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 20 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	ИП+приспособление	РАД	
F_n – площадь наплавленного металла, см ²	0,67		-
L – длина шва, см	1,26		–
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8		–
Расчетная формула $G = F \cdot L \cdot \gamma$	$G = 0,67 \cdot 1,26 \cdot 7,8 = 0,7$		-

4.5 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении РАД и ИП с приспособлением нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала [30].

Таблица 21 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	ИП+приспособление	РАД	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	0,7	0,7	-
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,08	1,08	-
C_{cm} – цена электродов/электродной проволоки, за кг Св-03Х12Н9М2С-ВИ	277,00	277,00	-
Расчетная формула $C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot C_{cm}$	$C_{cm} = 0,7 \cdot 1,08 \cdot 277 = 209$		-

Таблица 22 - Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	ИП+приспособление	РАД	
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	5,00	5,00	-10,00
t_0 - основное время на сварку, мин/м	41,7	41,7	-
l - длина сварного шва, м/издел	1,26	1,26	-
$C_{газ}$ - цена за единицу газа, руб/л Аргон (Ar)	0,1	0,1	-
Расчетная формула $C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot C_{газ}$	26,3		-

Таблица 23 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	ИП+приспособление	РАД	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000	-
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172	-

$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	68	80	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60}$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 68}{172 \cdot 60} = 263$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 80}{172 \cdot 60} = 310$	-47

Изменение затрат произошло из-за штучно–калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 24 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение руб/изд
	ИП+приспособление	РАД	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%	–
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих	263	310	–
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 263}{100} = 79$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 310}{100} = 93$	-14

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	ИП+приспособление	РАД	
U – напряжение, В	10,00	10,00	–
I – сила тока, А	90,00	90,00	–
t_o - основное время сварки, мин/м	41,7	41,7	–
l – длина сварного шва, м/изд	1,26	1,26	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,85	0,85	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	3,7	3,7	–
Расчетная формула $C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{эм} = \frac{10 \cdot 90 \cdot 37 \cdot 1,26}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 3,7 = 3$ руб/изд		-

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки и сварочного тока.

Таблица 26 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб\изд
	ИП+приспособление	РАД	
C_j – цена оборудования соответствующего вида	80000	30000	–
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	68	80	–
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2016 при 8 часовом р. д.)	1974	1974	–
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	–
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{80000 \cdot 0,25 \cdot 68}{1974 \cdot 0,8 \cdot 60} = 14,4$	$C_p = \frac{30000 \cdot 0,25 \cdot 80}{1974 \cdot 0,8 \cdot 60} = 6,3$	+8,1

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки, цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 27 – Результаты расчетов

Наименование	ИП+приспособление	РАД	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Электродная проволока	209	209	0
Защитный газ	26,3	26,3	0
2. Основная зарплата	263	310	-47
3. Социальные цели	79	93	-14
4. Электроэнергия	3	3	0
5. Ремонт	14,4	6,3	+8,1
Итого	594,7	647,6	-52,9

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [30]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{\text{ШК}_{\text{ПР}}}}, \quad (24)$$

где $t_{\text{ШК}_{\text{ПР}}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_{\Gamma} = \frac{1974 \cdot 0,8 \cdot 60}{68} = 1393 \text{ ед/руб.}$$

Годовой экономический эффект от применения сварки в аргоне можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \times \overline{\Delta c} = 1393 \times 52,9 = 73711 \text{ руб/год} \quad (25)$$

где $\overline{\Delta c}$ – изменение затрат руб\изд;

Итак, более выгоден второй вариант, то есть механизированная сварка в аргоне с приспособлением. Этот вариант нам обходится дешевле на 52,9 руб/изд и годовой экономический эффект от применения данного варианта составляет 73711 руб/год.

4.6 Экономическая оценка эффективности инвестиций

В процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Худший из вариантов имеется, а другой вариант будет внедряться (он раньше отсутствовал). Исходим из того, что РАД применяется, а предлагается ИП с приспособлением.

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводиться к экономической оценке инвестиций. В соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

– NPV – чисто текущая стоимость;

- PP – срок окупаемости;
- PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый.

Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (26)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предлагаемого (нового) процесса (в дипломной работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{ч_t}$ – изменение чистой прибыли, получаемой в t –м году, руб/год;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t –м году, руб/год;

I_0 – инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%).

Изменение чистой прибыли, получаемой в t –м году, определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{ч_t} = (\overline{\Delta C}_t \cdot Q_{Г_t} - \Delta C_{a_t}) \cdot (1 - N_{пр}), \quad (27)$$

где $\overline{\Delta C}_t$ – изменение текущих расходов в t –м году, руб/год;

$Q_{Г_t}$ – годовой объем производства продукции, в t –м году;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t –м году, руб/год;

$N_{пр}$ – ставка налога на прибыль ($N_{пр} = 20\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t -м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (28)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Затраты на амортизацию оборудования

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{ПИ}}} \quad (29)$$

где C_j – цена оборудования соответствующего вида;

$T_{\text{ПИ}}$ – срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{ПИ}} = 5 - 7$ лет)

$$C_a = 80000/5 = 16000 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 28.

Таблица 28 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1. Коэффициент загрузки, k_3	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_r , ед/год	0	870	1045	1219	1393	1742
3. Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед	0	52,9	52,9	52,9	52,9	52,9
4. Годовая экономия на текущих издержках, руб/год ($C_2 \cdot C_3$)	0	46023	55281	64485	73690	92152

5. Амортизация ΔC_a , руб./год	0	16000	16000	16000	16000	16000
6. Изменение годовой прибыли (C4-C5), руб/год	0	30023	39281	48485	57690	76152
7. Налог на прибыль (20% от C6), руб./год	0	6004,6	7856,1	9697	11538	15230
8. Изменение чистой прибыли, руб./год (C6 – C7)	0	24018	31424	38788	46152	60921
9. Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год (C5+C8)	0	40018	47424	54788	62152	76921
10. Инвестиции, руб.	-80000	-	-	-	-	-
11. Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12. Дисконтированный денежный поток (C9 и C10)C11	-80000	36377	39173	41146	42450	47768
13. Накопленный дисконтированный денежный поток	-80000	-43623	-4451	36695	79145	126913

Чистая текущая стоимость равняется

$$NPV = \left[\frac{36377}{(1+0,1)^1} + \frac{39173}{(1+0,1)^2} + \frac{41146}{(1+0,1)^3} + \frac{42450}{(1+0,1)^4} + \frac{47768}{(1+0,1)^5} \right] - 80000 = 126913 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (30)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

D_n – непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года n ;

D_{n+1} – денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

$$n_{ок} = 1 + (4451/41146) = 2,1 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI=1+(NPV/I_0)=(126913/80000)+1=2,6. \quad (31)$$

Формально проект признается эффективным, если $PI > 1.0$.

Построим график окупаемости.

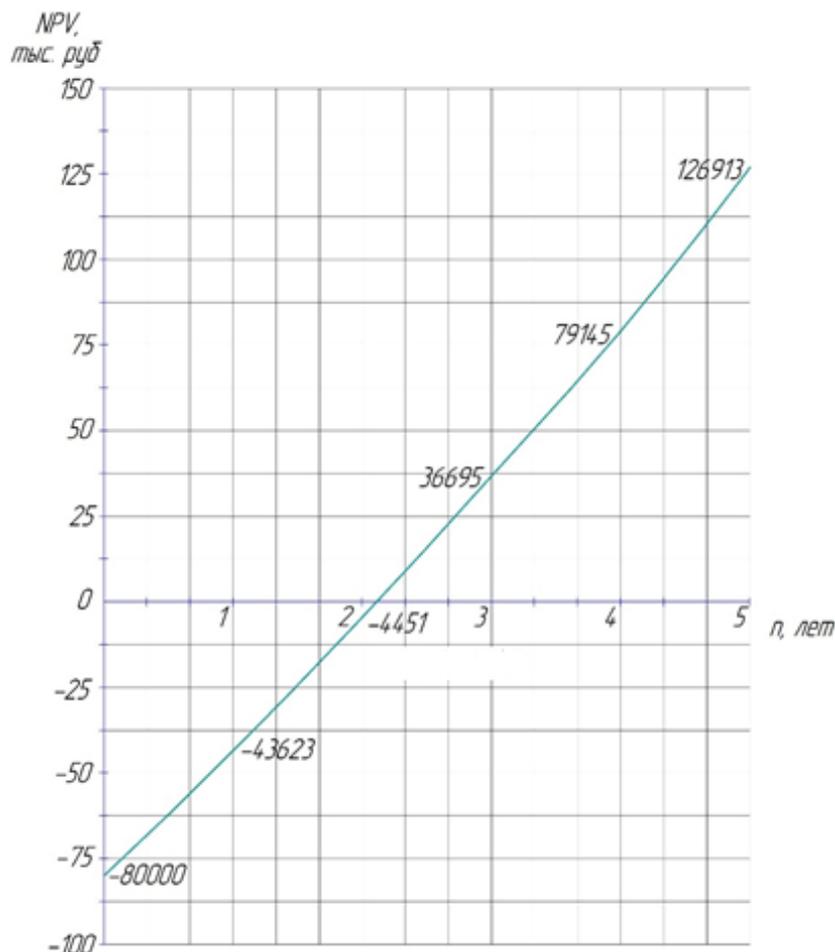


Рисунок 13 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Экономическое сравнение двух способов сварки показало, что при использовании приспособления и механизированной аргонодуговой сварке затраты на ремонт дефектной части РВС меньше на 52,9 руб./шт., чем при ручной аргонодуговой сварке без приспособления. Срок окупаемости при ставке дисконтирования $I=10\%$ составляет 2,1 года. Индекс доходности при ставке дисконтирования $I=10\%$ составляет 2,5. Чистая текущая стоимость NPV составляет 126912 руб., что говорит о доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет). Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение в производство приспособления для ремонта РВС выгодно.

5 Социальная ответственность

5.1 Производственная безопасность

В этом разделе приводится анализ технологического процесса сварки с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов, а также воздействия их на работающих.

Разработаны мероприятия по технике безопасности (ТБ) и производственной санитарии, направленные на снижение или устранение опасных факторов.

Произведен расчет защитного заземления.

Разработаны мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

5.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Требования промышленной безопасности должны соблюдаться согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и Постановлению Правительства РФ «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах» с использованием «Методических рекомендаций по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах» РД 04-355-00.

Резервуарные парки входят в состав опасных производственных объектов и подлежат регистрации в государственном реестре в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Эксплуатация резервуаров и технологических трубопроводов, отработавших расчетный срок службы, допускается при получении технического заключения о возможности его дальнейшей работы и разрешения в порядке, установленном нормативными документами.

5.1.2 Освещение рабочего места

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория резервуарного парка в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» и СНиП 2.11.03-93. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок».

Для освещения резервуарных парков следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

Осветительные устройства, установленные в пределах обвалования резервуаров, должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями.

При необходимости отбора проб или измерения уровня кислоты в резервуаре в ночное время для освещения следует применять только взрывозащищенные аккумуляторные фонари, включать и выключать которые необходимо за пределами обвалования. Применение карманных фонарей запрещается. Запрещается ремонтировать фонарь и заменять лампу непосредственно в резервуарном парке.

5.1.3 Электробезопасность

Для резервуаров актуальны несколько вопросов электробезопасности это:

- молниезащита;
- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

5.1.3.1 Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества

Комплекс мероприятий по молниезащите резервуаров и конструкции молниеотводов должны соответствовать требованиям «Инструкции по

устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87, с учетом требований ПБ 09-224-98 «Правила безопасности для производств, использующих неорганические кислоты и щелочи».

На каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должен быть паспорт, содержащий схему устройства, основные технические данные, результаты проверки его состояния, сведения о характере ремонтов и изменениях, внесенных в конструкцию заземлителя.

Для защиты резервуаров от вторичных проявлений молний корпус (стенка) должен быть присоединен к заземлению защиты от прямых ударов молний.

Защита от заноса высокого потенциала по трубопроводам выполняется путем присоединения их на вводе в резервуар к ближайшему заземлителю защиты от прямых ударов молнии $R_3 \leq 10 \text{ Ом}$

При устройстве в процессе эксплуатации нового молниеотвода необходимо сначала сделать заземлитель и токоотводы, затем установить молниеприемник и немедленно присоединить его к токоотводу.

Во время грозы приближаться к молниеотводам ближе, чем на 4 м запрещается, о чем должны быть вывешены предупредительные надписи около резервуара или отдельно стоящего молниеотвода.

При эксплуатации устройств молниезащиты должно осуществляться систематическое наблюдение за их состоянием, в график планово-предупредительных работ должны входить техническое обслуживание (ревизии), текущий и капитальный ремонт этих устройств.

Ежегодно перед наступлением грозового сезона необходимо осмотреть состояние наземных элементов молниезащиты (молниеприемников, токоотводов), обращая особое внимание на места соединения токоведущих элементов.

Недопустимо в грозовой сезон оставлять молниеприемники без надежного соединения с токоотводами и заземлителем.

После каждой грозы или сильного ветра все устройства молниезащиты должны быть осмотрены, а повреждения устранены.

Заземляющие устройства должны соответствовать «Правилам устройства электроустановок» и СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства».

Для защиты от статического электричества все металлические и электропроводные неметаллические части оборудования резервуаров должны быть заземлены независимо от того, применяются ли другие меры защиты от статического электричества.

Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должно быть не выше 100 Ом.

Для защиты от статического электричества необходимо заземлять металлическое оборудование, резервуары, сливноналивные устройства, предназначенные для транспортирования, хранения и отпуска кислот.

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, сливноналивные устройства должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая должна быть присоединена к контуру заземления не менее чем в двух точках.

5.1.3.2 Расчет защитного заземления

При проведении сварочных ремонтных работ используется следующее оборудование:

- полуавтомат EWM Taurus 351;
- отрезной электроинструмент УШМ.

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали.

Заземляющий проводник одним концом присоединяется к корпусу оборудования, а другим концом к заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно

закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлений применяют сталь.

В данном подразделе проведен расчет защитного заземления для оборудования, которое работает под напряжением 380 В. Для заземления используем трубы диаметром $d_3 = 15$ см; длиной $l_3 = 160$ см, заложенные вертикально в чернозем на глубине $h_3 = 200$ см и соединенные металлической полоской шириной $b = 5$ см. Климатическая зона I. Защитное заземление рассчитываем по методике изложенной в [17].

Для установок с напряжением до 1000В с изолированной нейтралью при мощности менее 100 кВА сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом, а в противном случае - не более 4 Ом.

Сопротивление одного электрода:

$$r_3 = \frac{0,366\rho K_B}{l_3} \left(\lg \frac{2l_3}{0,95d_3} + 0.5 \lg \frac{4h_3 + l_3}{4h_3 - l_3} \right), \text{ Ом} \quad (45)$$

где ρ_3 - удельное сопротивление грунта, определяемое по табл. 1; K_B - коэффициент, учитывающий сезонные изменения ρ_3 для вертикально помещенных в грунт проводников, который определяется по таблице 2 по [19].

$$\rho_3 = 25 \cdot 10^4 \text{ Ом} \quad K_B = 1,8$$

$$r_3 = \frac{0,366 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 1,8}{160} \left(\lg \frac{2 \cdot 160}{0,95 \cdot 15} + 0.5 \lg \frac{4 \cdot 200 + 160}{4 \cdot 200 - 160} \right) = 1467,78 \text{ Ом.} \quad (46)$$

Предварительно требуемое количество электродов определяется:

$$n^* = \frac{r_3}{R_3}, \quad (47)$$

где R_3 - требуемая величина заземляющего устройства.

$$n^* = \frac{1467,78}{4} = 366,945.$$

Принимаем $n^* = 400$

Далее определяется окончательное число электродов :

$$n = \frac{r_3}{R_3 \cdot \eta_3} \quad (48)$$

где η_3 коэффициент использования электрода по таблице 3,

η_3 принимаем исходя из того что отношение $\alpha:l=1$ и электроды расположены по контуру: $\eta_3 = 0,5$.

$$n = \frac{1467,78}{4 \cdot 0,5} = 733,89.$$

Принимаем количество электродов $n = 740$ штук.

Сопротивление полосы, соединяющей электроды, определяется как:

$$r_{\Pi} = \frac{0,366 \rho_3 K_{\Gamma}}{l_{\Pi}} \lg \frac{2l_{\Pi}^2}{h_{\Pi} b} \quad (49)$$

где K_{Γ} - определяется по табл. 2; l_{Π} - длина полосы для соединения в ряд:

$l_{\Pi} = \alpha \cdot (n-1)$, а для соединения по контуру - $l_{\Pi} = \alpha \cdot n$; h_{Π} - глубина залегания полосы, $h_{\Pi} = h_3 - l_3/2$.

Находим l_{Π} для соединения по контуру: $l_{\Pi} = \lg 740 = 740$

$$h_{\Pi} = 200 - 160 / 2 = 120 \text{ см}; K_{\Gamma} = 4,5.$$

$$r_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 4,5}{740} \lg \frac{2 \cdot 740^2}{120 \cdot 5} = 1814,67 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление контура защитного заземления определяется как:

$$R_{\Sigma} = \frac{r_3 r_{\Pi}}{r_3 z_{\Pi} + r_{\Pi} z_3 n}, \text{ Ом} \quad (50)$$

η_{Π} принимаем исходя из того что отношение $\alpha:l=1$ и электроды расположены по контуру: $\eta_{\Pi} = 0,12$.

$$R_{\Sigma} = \frac{1467,78 \cdot 1814,67}{1467,78 \cdot 0,12 + 1814,67 \cdot 0,5 \cdot 740} = 3,965 \text{ Ом.}$$

При правильно рассчитанном устройстве заземления должно выполняться условие: $R_{\Sigma} \leq R_{\text{з}}$. Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого. Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам.

5.1.4 Пожарная безопасность

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации» ППБ 01-03 и ПБ 09-224-98 «Правила безопасности для производств, использующих неорганические кислоты и щелочи»

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

При проведении огневых работ в резервуаре все люки (лазы) должны быть открыты.

Все работы в резервуаре должны контролироваться снаружи работниками (не менее двух), прошедшими инструктаж и имеющими шланговый противогаз.

При проведении огневых работ баллоны со сжатым, сжиженным и растворенными газами не должны иметь контактов с электропроводящими кабелями.

Огневые работы должны проводиться исправным инструментом и заземленным сварочным оборудованием. Запрещено использовать приставные лестницы.

Во время проведения огневых работ в резервуаре любые другие работы запрещены.

Огневые работы должны быть немедленно прекращены при обнаружении несоблюдения мер безопасности, предусмотренных в наряде-допуске на огневые работы, появления в воздухе рабочей зоны паров кислоты или горючих газов, а также возникновении опасной ситуации.

По окончании огневых работ место их должно быть тщательно проверено и очищено от раскаленных огарков, окалины или тлеющих предметов, а при необходимости залито водой.

По периметру и внутри резервуарных парков должны быть вывешены знаки безопасности, выполненные в соответствии с ГОСТ 12.4.026 и определяющие противопожарный режим на их территории (запрещение разведения открытого огня, ограничение проезда автотранспорта и др.)

Проведение огневых работ на территории резервуарного парка допускается только в строгом соответствии с требованиями ПБ 09-224-98

Противопожарное оборудование подразделяется на устройства пенного тушения и устройства охлаждения резервуаров.

Оборудование пенного тушения должно быть установлено на резервуарах в соответствии с требованиями ПБ 09-224-98 в составе стационарных автоматических или передвижных установок пожаротушения.

Оборудование пенного тушения состоит из генераторов пены, трубопроводов для подачи раствора пенообразователя, выведенных за обвалование, площадок обслуживания генераторов пены. Генераторы пены должны устанавливаться в верхнем поясе стенки резервуаров со стационарной крышей или на кронштейнах выше стенки для резервуаров с плавающей крышей.

При реконструкции резервуарного парка противопожарное оборудование необходимо привести в соответствие с требованиями ПБ 09-224-98.

Стационарные установки охлаждения должны быть установлены на резервуарах в соответствии с требованиями ПБ 09-224-98 при выводе резервуара на капитальный ремонт.

Устройства охлаждения состоят из верхнего горизонтального кольца орошения - оросительного трубопровода с устройствами распыления воды (перфорация, спринклерные или дренчерные головки), сухих стояков и нижнего кольцевого трубопровода, соединяющих кольцо орошения с сетью противопожарного водопровода.

5.2 Экологическая безопасность

Эксплуатация стальных вертикальных и горизонтальных резервуаров не должна приводить к загрязнению окружающей среды (воздуха, поверхностных вод, почвы) загрязняющими веществами выше допустимых норм.

К числу основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу из резервуаров, относятся пары азотной кислот, образующиеся вследствие испарения во время приема, хранения и отпуска кислоты.

При расчетах выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров следует руководствоваться; законом РФ «Об охране

окружающей природной среды»; ГОСТ 17.2.3.02; «Методическими указаниями по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров» и Дополнением к «Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров».

Методические указания с Дополнением являются основным методическим документом, который устанавливает порядок определения выбросов загрязняющих веществ из резервуаров расчетным методом, в том числе на основе удельных показателей выделения.

Предельно допустимым выбросом считается суммарный выброс загрязняющего вещества в атмосферу от всех источников данного предприятия, определенный с учетом перспектив развития предприятия и характера рассеивания выбросов в атмосфере. Выбросы загрязняющего вещества из всех источников (с учетом фоновых концентраций того же вещества) не должны создавать приземную концентрацию, превышающую предельно допустимую концентрацию в воздухе ближайших населенных пунктов (или ПДК для растительного и животного мира, установленную в данном районе, если ее значение меньше ПДК в воздухе).

После установления норм ПДВ (ВСВ) загрязняющих веществ в атмосферу на предприятии должен быть организован контроль за их соблюдением, который должен проводиться в соответствии с требованиями ОНД-90 «Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы».

К числу основных веществ, загрязняющих производственные сточные воды, относятся тетраэтилсвинец и взвешенные вещества.

Нормы ПДС этих веществ со сточными водами должны устанавливаться в разрешениях на специальное водопользование на основании лицензии и договора пользования водным объектом в соответствии с Водным кодексом РФ.

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии необходимо планировать и осуществлять

мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий в резервуарном парке.

На каждом производственном участке должна находиться аптечка с необходимым запасом медикаментов и перевязочных материалов по установленному перечню, согласованному с медицинскими службами.

Весь производственный персонал должен быть обучен способам оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях.

Для борьбы с паводковыми водами необходимо заготовить запас инструмента и инвентаря (лопаты, мешки с песком, лодки и т.п.). Период прохождения весеннего паводка уточняется в местных отделениях гидрометеорологической службы.

5.2.1 Вредные вещества в воздухе

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами паров кислоты необходимо осуществлять мероприятия по сокращению их потерь, указанные в таблице 29.

Таблица 29 – Мероприятия для снижения загрязнения атмосферы выбросами паров кислоты

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
Герметизация резервуаров и дыхательной арматуры, своевременный профилактический ремонт трубопроводов и запорной арматуры	30 - 50
Окраска наружной поверхности резервуаров покрытиями с низким коэффициентом излучения	27 - 45
Одновременная окраска внутренней и внешней поверхностей резервуара	30 - 65
Герметизация налива в транспортные средства с использованием установки улавливания и рекуперации паров кислот из резервуаров	80 - 90

Для достижения норм ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо осуществлять мероприятия по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть обеспечено за счет повторного использования очищенных сточных вод на производственные нужды и сокращения общего потребления воды для этих целей, предотвращения утечек кислоты из-за неплотностей запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов и т. п.

Должен осуществляться постоянный надзор за герметичностью технологического оборудования, фланцевых соединений, съемных деталей, люков и т.п.

Во избежание потерь кислоты от переливов следует применять предохранительные устройства, автоматически прекращающие подачу кислоты по достижении заданного уровня в резервуарах или при разгерметизации коммуникаций.

Для предупреждения загрязнения окружающей среды при эксплуатации резервуаров необходимо вести систематический контроль за выполнением природоохранных мероприятий.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий включающих в себя три способа защиты:

- укрытие людей в защитных сооружениях;
- рассредоточения и эвакуация;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространство возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва является то, что постоянно происходит спад радиации во времени вследствие распада радиоактивных веществ выпавших при ядерном взрыве. Заражения человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную защиту от радиации в случае заражения местности и воздуха.

Предельно допустимая величина зараженности оборудования – 200млр./час [20]. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- сметанием радиоактивных веществ подметально-уборочными машинами с участков, имеющих стальное или бетонное покрытие;
- смыванием пыли;
- срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5 - 10 см;
- засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом слоем 8 – 10 см;
- в зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед.

При проектировании объекта строительства резервуарного парка необходимо предусмотреть строительства убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а так же средствами отчистки воздуха от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище

необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, медицинскую камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. В убежищах должно предусматриваться отопление.

В мирное время предусматривается использование убежища под учебный пункт гражданской обороны. Перевод таких помещений на режим чрезвычайных ситуаций должен осуществляться в кратчайший срок [24].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования по охране труда при эксплуатации резервуаров и резервуарных парков определяются законом «Об основах охраны труда в РФ», «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов», другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» резервуары и резервуарные парки относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к промышленной безопасности резервуаров и резервуарных парков.

К работам по эксплуатации резервуаров допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств резервуаров и резервуарных парков должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями цехов, участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

Основным документом, нормирующим деятельность и безопасность территории резервуарного парка с неорганическими кислотами, является ПБ 09-224-98 «Правила безопасности для производств, использующих неорганические кислоты и щелочи».

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был изменён способ сварки на более производительный, разработаны монтажные приспособления установки ремонтной вставки при ремонте резервуара РВС 1000 м³ предназначенного для хранения азотной кислоты.

Также в результате работы были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

Проведен технико-экономический анализ процесса ремонта резервуара РВС-1000 ручной аргонодуговой сваркой и механизированной сваркой в среде защитных газов плавящимся электродам.

Срок окупаемости инвестиций при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 4,8$ года. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,1$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде аргона плавящимся электродом выгодно.

Список используемых источников

- 1 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с.
- 2 Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 3 Б.Е.Патон Технология электрической сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 1962.- 663с.
- 4 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.
- 5 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
- 6 Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений.– М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997.-319 с.: ил.
- 7 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.
- 8 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
- 9 А.Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974. - 240с.
- 10 Г.И. Лесков. Электрическая сварочная дуга. - М.: Машиностроение, 1970. - 335с.
- 11 РД 04-355-00 «Методические рекомендации по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах»

- 12 СТО-СА-03-002-2009 Правила проектирования стальных резервуаров. – М.: Ростехэкспертиза. ООО «НПК Изотермик», ООО «Глобалтэнксинжиниринг», 2009. – 212 с.
- 13 Резервуаростроение в нефтяной, химической и газовой промышленности. Современные технологии и инновационные решения. – Болгария, г. Поморие, 2012.
- 14 СНиП II-23-81 «Стальные конструкции». – М.: ГУП «ЦПП», 2006. – 90 с.
- 15 Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко М.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров. – Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.
- 16 Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко М.А. Определение степени концентрации напряжений в стенке резервуара при наличии дефектов металлоконструкций. – Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2011. – № 1. – С. 55–58.
- 17 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»
- 18 ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности
- 19 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
- 20 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- 21 ГОСТ 12.4.123-83 Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования
- 22 СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях
- 23 Правила устройства электроустановок (ПУЭ)
- 24 ГОСТ 12.1.004 - 76 «Пожарная безопасность»
- 25 ГОСТ 12.1.010 - 76 «Взрывобезопасность. Общие требования»
- 26 СН-245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий

- 27 П-92-76 Строительные нормы и правила проектирования вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий
- 28 Санитарные правила по организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию № 1042-73
- 29 РД 25.160.10-КТН-001-12 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров
- 30 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз,1962.
- 31 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.
- 32 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.