

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 17 рис., 29 табл., 33 источника литературы, 14 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: РВС 5000, ручная дуговая сварка, сварка под слоем флюса, технология ремонта днища.

Объектом исследования является технология ремонта резервуара РВС-5000м³.

Цель работы – усовершенствование технологии ремонта днища резервуара РВС-5000м³, разработать последовательность операций демонтажа и монтажа поясов и днища таким образом, чтобы не требовалось дополнительных сооружений для проведения ремонта.

Проведен технико–экономический анализ процесса ремонта резервуара РВС-5000 ручной дуговой сваркой и автоматической сваркой под слоем флюса.

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 92 p., 17 fig., 29 tab., 33 sources, 14 sheets demonstration material (slides).

Keywords: RVS 5000, manual arc welding, submerged arc welding, repair technology of the bottom.

The object of research is the technology of repairing the tank RVS-5000m³.

Purpose - improving the bottom of the tank repair technology RVS-5000m³, develop a sequence of operations of dismantling and assembly zones and the bottom so that did not require additional facilities for repair.

Spend a technical and economic analysis of the process of repair of the tank RVS-5000 manual arc welding and automatic submerged arc welding.

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	12
1.1 Материал сварной конструкции	14
1.2 Технологическая свариваемость материала.....	15
2 Анализ существующих способов сварки.....	17
2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	17
2.2 Автоматическая сварка под флюсом.....	17
3 Обоснование выбора сварочных материалов.....	20
3.1 Сварочные материалы, используемые для ручной дугой сварки покрытыми электродами на предприятии	20
3.2 Выбор материалов для автоматической сварки под флюсом.....	20
4 Технология изготовления сварной конструкции	22
4.1 Общая оценка существующего технологического процесса.....	22
4.2 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	23
4.2.1 Стыковое соединение на остающейся подкладке С10	23
4.2.2 Тавровое соединение ТЗ	26
4.3 Расчет режимов автоматической сварки под флюсом	28
4.3.1 Нахлесточное соединение Н1	28
5 Обоснование выбора основного сварочного оборудования.....	34
5.1 Выбор оборудования для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	34
5.2 Выбор оборудования для автоматической сварки самозащитной порошковой проволокой.....	36
6 Технология ремонта РВС 5000	40
6.1 Существующая технология ремонта.....	40
6.2 Предлагаемая технология ремонта.....	42
6.3 Контроль качества ремонтных работ, приемка РВС после ремонта	50

6.4	Возможные дефекты при ремонте резервуара и методы их устранения ..	53
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
7.1	Исходные данные для проведения сравнительного анализа	56
7.2	Нормирование технологического процесса	56
7.3	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	60
7.4	Экономическая оценка эффективности инвестиций	64
8	Социальная ответственность.....	70
8.1	Производственная безопасность.....	70
8.1.1	Анализ выявленных вредных факторов.....	70
8.1.2	Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.....	72
8.1.3	Освещение рабочего места.....	73
8.1.4	Электробезопасность	74
8.1.4.1	Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества	75
8.1.4.2	Расчет защитного заземления	78
8.1.5	Пожарная безопасность	80
8.2	Экологическая безопасность.....	83
8.2.1	Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.....	84
8.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
8.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
	Заключение	89
	Список используемых источников.....	Ошибка! Закладка не определена.

Диск CD-R

На конверте на
обороте обложки

ФЮРА.470820.023 Презентация.

Файл Презентация Гильванов.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 470820.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Гильванов. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист

демонстрационный
лист

Общий вид резервуара	демонстрационный лист
Конструкционные и сварочные материалы	демонстрационный лист
Режимы сварки, типы соединений	демонстрационный лист
Сварочное оборудование	демонстрационный лист
Существующая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Существующая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Предлагаемая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Предлагаемая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Предлагаемая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Предлагаемая технология ремонта дна РВС	демонстрационный лист
Сравнительная оценка способов сварки	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

Введение

Стальные вертикальные резервуары и их оборудование, используют в эксплуатации длительным сроком службы. К сожалению, из-за увеличения срока эксплуатации нефтяного месторождения возникают проблемы, связанные с коррозией оборудования и его надежностью, что вызывает снижение добычи и сокращение прибыльности инвестиций. Необходимо обратить особое внимание на недостаток средств, строительство новых реконструкций действующих нефтебаз. За их состоянием и плановости в организации ремонтных работ, требуется систематический контроль, а так же обращаем внимание на периодичность и содержание мероприятий, выполняемых при ремонтных работах.

Эти работы подразделяются на 3 вида:

- осмотровый ремонт;
- текущий ремонт;
- капитальный ремонт.

Осмотровый ремонт резервуаров проводимые без освобождения их от нефтепродуктов: устранение свищей, а так же проверяют техническое состояние стенки, крышки резервуаров и оборудования.

Текущий ремонт связан с опорожнением резервуаров их от нефтепродуктов, так же зачисткой и дегазацией; очищают внутреннюю и внешнюю поверхность от коррозии, техническое состояние стенки, днища и крыши, ремонт трещин и сварных швов.

Капитальный ремонт выполняют зачисткой и дегазацией резервуара. При этом выполняются работы; замена дефектных листов, корпуса, днища, крыши, так же ремонт и замену всего оборудования. Все материалы, применяемые при ремонте резервуаров (электроды, листы, флюс и др.) должны иметь сертификат (паспорт).

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается капитальный ремонт днища стального резервуара РВС 5000 м³. Предлагается заменить существующую на предприятии технологию ремонта на новую.

Для реализации необходимо решить следующие задачи:

- выбрать более производительный способ сварки;
- подобрать сварочные материалы;
- произвести расчет режимов сварки;
- выбрать необходимое сварочное оборудование;
- разработать последовательность замены днища.

Основным требованием к технологии ремонта должна являться полное отсутствие сложных приспособлений, применяемых для демонтажа и монтажа элементов резервуара.

1 Описание сварной конструкции

В зависимости от положения в пространстве цилиндрические резервуары делят на два вида:

- резервуары вертикальные
- резервуары горизонтальные

Резервуар вертикальный стальной РВС 5000 м³ состоит из плоского днища, поясов стенки и стационарной крыши (конической).

Плоское днище крупных резервуаров состоит из двух и более монтажных элементов. Допускается монтаж днища из отдельных листов, свариваемых на песчаном основании внахлестку с одной стороны, а в местах опирания встык на подкладки.

Пояса стенки резервуара – это цилиндрический участок стенки, состоящий из листов одной толщины, при этом высота пояса равна ширине одного листа.

Коническое покрытие крыши удерживаются по периметру опиранию на стенку резервуаров, и на центральную опорную стойку. Для обеспечения прочности и устойчивости резервуаров при эксплуатации, а так же получении требуемой геометрической формы в процессе монтажа, на стенках резервуаров устанавливаются кольца жесткости. Кольца жесткости имеют неразмеченное сечение по всему периметру стенки и соединяются встык с полным проплавлением.

Емкость резервуара определяется по внутреннему диаметру нижнего пояса и высоте корпуса от поверхности днища до обушка верхнего обвязочного уголка.

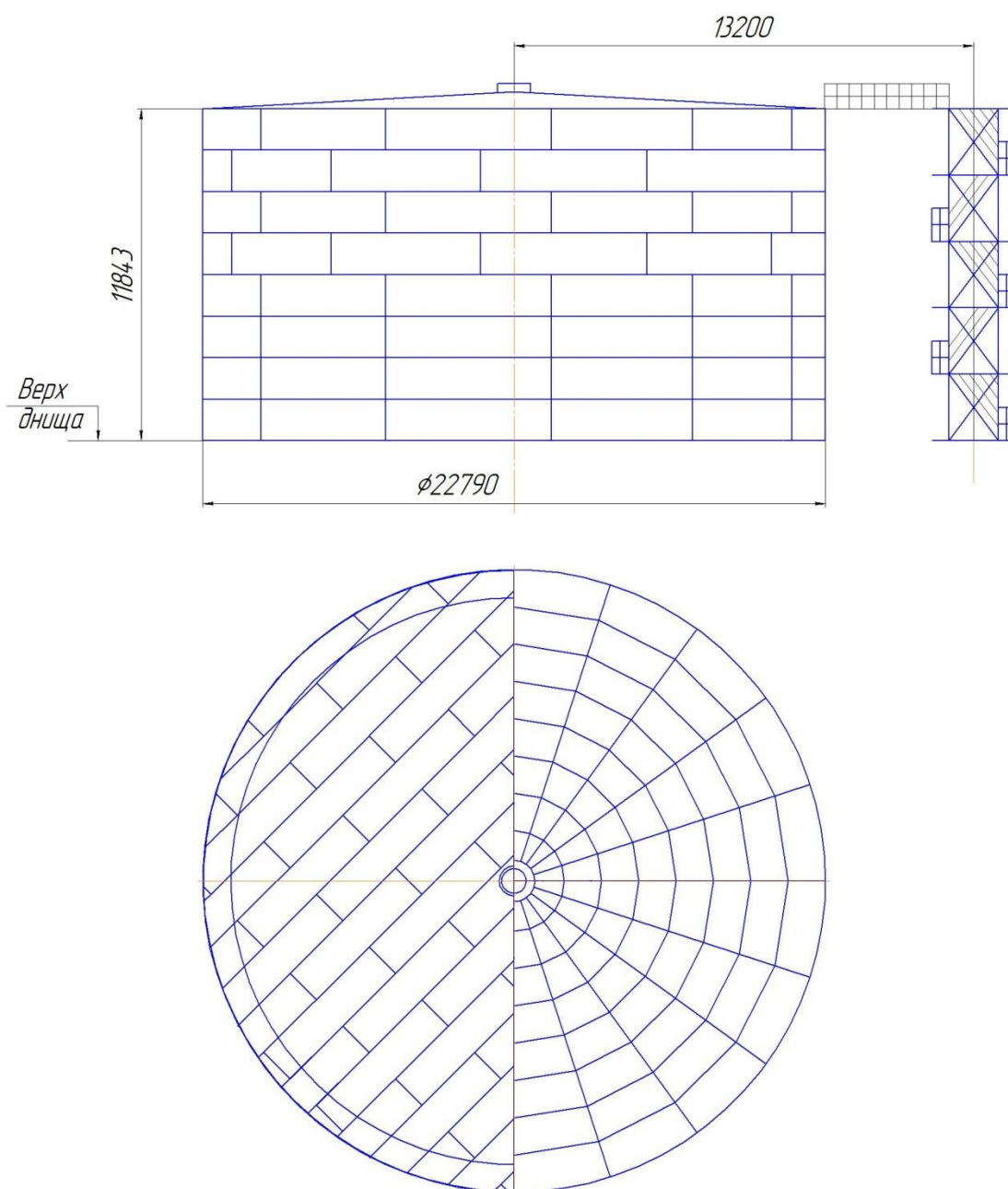


Рисунок 1 - Общий вид резервуара

Резервуар имеет антикоррозионное покрытие. В качестве основы используется грунт в два слоя, по которому наносится эмаль.

При необходимости охлаждения (подогрева) продукта может устанавливаться секционный подогреватель или теплообменная рубашка для проточной циркуляции теплоносителя. Термоизолирующая рубашка толщиной до 120 мм устанавливается для сохранения температурного режима.

Резервуар низкого давления служат для хранения воды, нефти и нефтепродуктов при малой их оборачиваемости (10-12 раз в год).

Объем вертикальных цилиндрических резервуаров колеблется от 100 до 50000 м³ и более и регламентируется нормальным рядом: 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000, 20000, 30000 и 50000 м³.

Все резервуары нормального ряда строят индустриальным методом из рулонных заготовок.

1.1 Материал сварной конструкции

Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые, низколегированные, а также легированные стали.

В нашем случае, РВС выполнен из стали 09Г2С, она относится к кремнемарганцовистым. Наличие марганца в сталях повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Позволяет получить сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках. Термообработка значительно улучшает механические свойства стали, которые, однако, зависят от толщины проката. При этом может быть достигнуто значительное снижение порога хладноломкости

Применение: различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от - 70 до +425°С под давлением.

Таблица 1- Химический состав стали 09Г2С (ГОСТ 19282-73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As	N
0,08-0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	Не более						
			0,30	0,04	0,035	0,30	0,30	0,08	0,008

Таблица 2 - Механические свойства стали 09Г2С (ГОСТ 19282-73)

Марка стали	Механические свойства стали			
Сталь 09Г2С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
	350	500	21	55

Стали этой группы для изготовления конструкции обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки.

1.2 Технологическая свариваемость материала

При сварке химический состав шва получается близким к основному металлу, резко отличается содержание углерода. Содержание углерода в шве снижено, а его отсутствие заменяется Mn.

Mn – повышает в сталях ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивает удовлетворительную свариваемость.

S, P – приводят к образованию горячих и холодных трещин.

В процессе сварки происходит деформация, в дальнейшем эти участки становятся зонами старения – самопроизвольное упрочнение с потерей пластических свойств. Отпуск 550-600 °C для снятия старения.

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод.

С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_s = (C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + V)}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}), \% \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, P - процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся. Стали первой группы хорошо свариваются без образования закалочных структур и трещин с широким диапазоне режимов, толщин и конструктивных форм.

Удовлетворительно сваривающиеся стали мало склонны к образованию холодных трещин при правильном выборе режимов сварки, в ряде случаев

требуется подогрев. Ограниченно сваривающиеся стали склонны к трещинообразованию, возможность регулирования сопротивляемости образованию трещин изменением режима ограничена, требуется подогрев. Плохо сваривающиеся стали весьма склонны к закалке и трещинам, требуют при сварке подогрева, специальных технологических приемов сварки и термообработки.

Сталь 09Г2С:
$$C_s = (0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2}) = 0,46\% .$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле [1, с.353]:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_s, \quad (2)$$

где S - толщина свариваемой стали, тогда:

$$C_p = 0,005 \cdot 8 \cdot 0,46 = 0,012 \% .$$

Находим суммарный эквивалент углерода C_s :

$$\sum C_s = C_s + C_p ; \quad (3)$$

$$\sum C_s = 0,46 + 0,012 = 0,472 \% .$$

Сталь 09Г2С относится к малоуглеродистым сталям и сваривается без ограничений и сопутствующего подогрева.

2 Анализ существующих способов сварки

2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остаётся одним из самых распространенных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки.

Достоинство:

- простота и доступность;
- возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в монтажных условиях;
- большой спектр свариваемых материалов;
- значительный спектр толщин (от двух мм и выше).

Недостатки:

- низкая производительность;
- большой расход материалов на разбрызгивание и огарки;
- самый тяжелый способ по технике исполнения;
- многофакторность качества;
- тяжелые условия труда сварщика;
- резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.

2.2 Автоматическая сварка под флюсом

Широкое применение этого способа в промышленности при производстве конструкций из сталей, цветных металлов и сплавов объясняется высокой производительностью процесса и высоким качеством и стабильностью свойств сварного соединения, улучшенными условиями работы, более низкими, чем при ручной сварке, расходом сварочных материалов и электроэнергии. К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания

расплавленного флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали более чем на $10-15^\circ$. Наиболее широко распространен процесс при использовании одного электрода – односторонняя сварка. Сварочная дуга горит между голой электродной проволокой (1) и изделием, находящимся под слоем флюса 3 (рисунок 2).

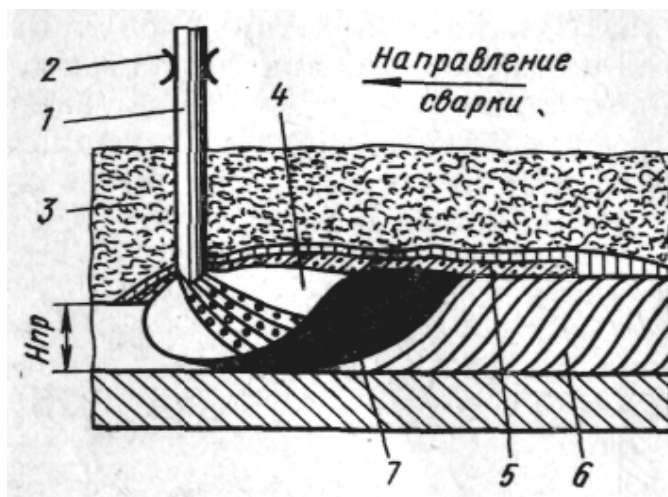


Рисунок 2 - Сварка под флюсом

В расплавленном флюсе (5) и парами флюса и расплавленного металла образуется полость – газовый пузырь (4), в котором существует сварочная дуга. Давление газов в газовом пузыре составляет $700-900 \text{ Па}$, но в сочетании с механическим давлением, создаваемым другой, его достаточно для оттеснения жидкого металла из-под дуги, что улучшает теплопередачу от нее к основному металлу. Повышение силы сварочного тока увеличивает механическое давление дуги и глубину проплавления основного металла $H_{пр}$.

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны (7) приводит к образованию сварного шва (6). Затвердевший флюс образует шлаковую корку на поверхности шва. Расплавленный флюс, образуя пузырь и покрывая поверхность сварочной ванны, эффективно защищает расплавленный металл от взаимодействий с воздухом. Металлургическое взаимодействие между расплавленным металлом и шлаком способствует получению металла шва с требуемым химическим составом.

В отличие от ручной дуговой сварки металлическим электродом при сварке под флюсом, так же как и при сварке в защитных газах, токоподвод к

электродной проволоке (2) осуществляется на небольшом расстоянии (вылет электрода) от дуги (до 70 мм). Это позволяет без перегрева электрода использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А). Плотность сварочного тока достигает 200-250 А/мм², а в то время как при ручной дуговой сварке не превышает 15 А/мм². В результате повышается глубина проплавления основного металла, и скорость расплавления электродной проволоки, т.е. достигается высокая производительность процесса.

Сварку под флюсом можно осуществлять переменным и постоянным током. В зависимости от способа перемещения дуги относительно изделия сварка выполняется автоматически и полуавтоматически. При автоматической сварке подача электродной проволоки в дугу, и перемещение ее осуществляется специальными механизмами. При полуавтоматической сварке дугу перемещает сварщик вручную.

Достоинства и недостатки по сравнению с ручной дуговой сваркой:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;

Недостатками способа является повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса;

- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования;
- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;

3 Обоснование выбора сварочных материалов

3.1 Сварочные материалы, используемые для ручной дугой сварки покрытыми электродами на предприятии

На предприятии для сварки стали 09Г2С используются электроды УОНИ-13/55.

Основное назначение

Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности.

Характеристика электродов

Покрывание - основное.

Коэффициент наплавки – 9,5 г/А·ч.

Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) - 1,4 кг/ч.

Расход электродов на 1 кг наплавленного металла - 1,7 кг.

Технологические особенности сварки

Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам. Прокалка перед сваркой: 350-400 °С; 1-2 ч.

Таблица 3 - Типичный химический состав наплавленного металла электродами УОНИ-13/55

	С	Мn	Si	Ni	Cr	Mo	N	S	P
УОНИ-13/55	0,09	0,83	0,42	-	-	-	-	0,022	0,024

Таблица 4 - Типичные механические свойства металла шва выполненного электродами УОНИ-13/55

	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²
УОНИ-13/55	540	410	29	-

3.2 Выбор материалов для автоматической сварки под флюсом

Равнопрочность сварного соединения при использовании механизированной сварки под слоем флюса достигается подбором сварочных проволок и флюса, и выбором режимов и техники сварки. При сварки

низколегированных сталей используются флюсы, например, АН-348-А, АН-22, ОСЦ-45, также электродные проволоки Св-08ГА, Св-10НМА, Св-10ГА и др. Легирование металла шва марганцем из проволок и кремнием при проворе основного металла, при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. Использование указанных материалов достигается высокая стойкость металла против образования пор и кристаллизационных трещин.

Согласно рекомендации [3, с.103], принимаем для сварки стали 09Г2С под слоем флюса электродную проволоку Св-10ГА (ГОСТ 2246-70) и флюс АН-348-А (ГОСТ 9087-69).

Таблица 5 – Химический состав сварочной проволоки Св-10ГА по ГОСТ 2246-70

С, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
0,12	0,06	1,1 -1,4	До 0,2	До 0,3	0,025	0,03

Таблица 6 – Флюс сварочный плавный по ГОСТ 9087-69

Марка флюса	Содержание, %								
	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S не более	P не более
АН-348-А	41-44	34-38	4,5	6,5	5-7,5	4-5,5	2	0,15	0,12

4 Технология изготовления сварной конструкции

4.1 Общая оценка существующего технологического процесса

Завоз материалов для ремонта резервуара РВС-5000, согласно спецификации, осуществляется автотранспортом к месту расположения РВС. Нарезка заготовок производится согласно рабочей документации. Мелкие партии заготовок нарезаются УШМ отрезным диском диаметром 230 или ацетиленокислородной резкой. Крупные партии заготовок в основном из листового проката нарезаются плазменным резак, данный резак расположен на территории резервуарного парка.

Разметка и погрузка заготовок осуществляется монтажниками (одним или двумя) из числа бригады, которой необходимы эти заготовки.

Для замены днища резервуара, производится комплекс подготовительных мероприятий.

Устанавливаются 4 стойки по периметру резервуара. К стенке резервуара и стойкам крепятся балки, которые будут удерживать резервуар на весу. После этого отрезается нижний пояс РВС от днища. Резервуар приобретает подвешенное состояние, т.е. держится за счет балок и стоек. Затем демонтируется днище РВС. Сначала одна половина, потом вторая.

Лист за листом укладывается новое днище. Листы укладываются на подкладную пластину. Затем выставляют необходимый зазор (ГОСТ 5264-80 тип соединения С10) и производят сварку на выбранных режимах. Приварку стенки резервуара к днищу производят типом соединения ТЗ. Все швы выполняются ручной дуговой сваркой.

После сварочных работ производится зачистка швов с использованием УШМ шлифовальным кругом и металлической щеткой.

Так как ремонт резервуара производится сварочным выпрямителем ВДМ-1201 при сварочном токе около 100 А электродами УОНИ-13/55 диаметром – 3 мм, то было принято решение заменить ручную дуговую сварку прямолинейных участков днища с типом соединения С10 на более

производительный способ – автоматическую сварку под слоем флюса сплошной проволокой, и изменить тип соединения на Н1.

4.2 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

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

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрического строения шва. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 5264-80. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рассчитаем основные типы соединений используемых в данном изделии, а именно стыковое, тавровое и нахлесточное соединения.

4.2.1 Стыковое соединение на остающейся подкладке С10

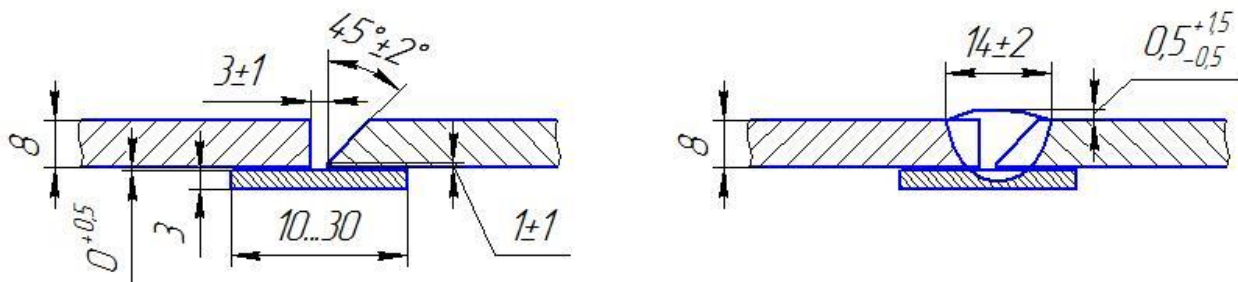


Рисунок 3 - Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – С10)

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = 0,5 \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e = 0,5 \cdot 7^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 3 \cdot 8 + 0,75 \cdot 1 \cdot 18 = 62 \text{ мм}^2, \quad (4)$$

где S, b, e, g, h, α – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

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

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g) = 0,73 \cdot 18 \cdot (8 + 1) = 118 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{пп}} = F - F_H = 118 - 62 = 56 \text{ мм}^2 \quad (6)$$

Сварку выполняем электродом диаметром 3 мм за два прохода.

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплаваемого за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более 30 мм² для первого прохода (при сварке корня шва) и не более 40 мм² для последующих проходов.

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [4]:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \cdot j, \quad (7)$$

где $d_{\text{э}}$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Тогда согласно формуле (7):

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (13 \dots 18,5) = 92 \dots 130 \text{ А},$$

принимаем $I_{\text{св}} = 110 \text{ А}$.

Для приближённого расчёта напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}} = 20 + 0,04 \cdot 110 = 24,4 \text{ В}, \quad (8)$$

принимаем $U_{\text{д}} = 24 \text{ В}$.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (9)$$

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

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для нержавеющей стали $\gamma=7,8$ г/см³).

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 30 \cdot 10^{-2}} = 0,14 \text{ см / с} = 4,7 \text{ м / ч.}$$

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для второго прохода:

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 32 \cdot 10^{-2}} = 0,12 \text{ см / с} = 4,4 \text{ м / ч.}$$

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж/см).

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}}, \quad (10)$$

где $q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

$U_{д}$ – напряжений на дуге, В;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (10) и получаем:

$$q_n = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,16} = 13200 \text{ Дж / см.}$$

При ручной дуговой сварке плавящимся электродом размеры сварного шва в большинстве случаев определяются размерами разделки кромок соединений, подготовленных под сварку. Поэтому необходимости определения глубины провара при ручной дуговой сварке, как правило, не возникает.

4.2.2 Тавровое соединение ТЗ

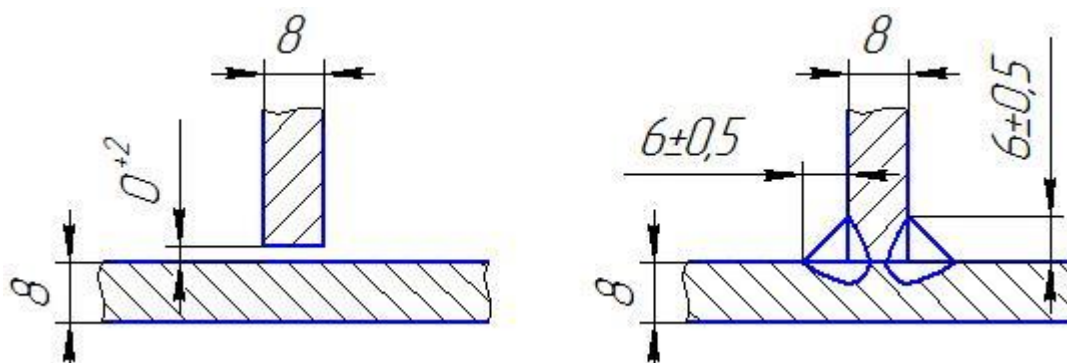


Рисунок 4 - Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – ТЗ)

Для определения числа проходов при сварке угловых тавровых и нахлесточных соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного вычисляется по формуле:

$$F = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, \quad (11)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм;

K – катет шва, мм.

K_y – коэффициент, учитывающий усилие шва выбирают в зависимости от катета шва [4]: $K_y=1,25$.

Тогда подставив значения в формулу (11), получим:

$$F = \frac{1,25 \cdot 36}{2} = 22,5 \text{ мм}^2 \approx 0,23 \text{ см}^2.$$

Исходя из рекомендаций [5], осуществляем сварку за один проход.

2) Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке определяется в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j, \quad (12)$$

где $d_{э}$ – диаметр электрода мм ;

j – допускаемая плотность тока А/мм² [4].

Тогда подставив все известные значения в формулу (12), получаем:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 16}{4} \cdot 13 = 163,3 \text{ А},$$

принимаем силу сварочного тока $I_{св} = 160 \text{ А}$.

3) Напряжение дуги:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}} = 20 + 0,04 \cdot 160 = 26,4 \text{ В} . \quad (13)$$

принимая напряжение дуги $U_{\partial} = 26 \text{ В}$.

4) Скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} , \quad (14)$$

где α_n – коэффициент наплавки выбранных электродов, (г/А×ч);

γ – плотность наплавленного металла равная 7,8 г/см³;

F – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А.

Тогда используя формулу (14) найдем скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,23} = 0,24 \text{ см / с} = 8,5 \text{ м / ч} .$$

5) Погонная энергия:

$$q_n = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\partial} \cdot \eta_u}{V_{\text{св}}} , \quad (15)$$

где $I_{\text{св}}$ - сила сварочного тока, А;

U_{∂} - напряжение дуги, В;

$V_{\text{св}}$ - скорость сварки;

$\eta_u=0,8-0,85$ - эффективный КПД для дуговых методов.

Тогда используя формулу (15) найдем значение погонной энергии:

$$q_n = \frac{160 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,23} = 14470 \text{ кДж / см} .$$

6) Определение глубины проплавления

Максимальную температуру на расстоянии r рассчитывают по формуле:

$$T_{\text{max}} = \frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c \rho \cdot r_0^2} , \quad (16)$$

где q -эффективная тепловая мощность источника, Вт;

V -скорость сварки, см/с;

$c\rho=4,9 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{град}$ - объемная теплоемкость;

r_0 – расстояние до изотермы плавления $T_{пл}$.

Эффективная тепловая мощность находится по формуле:

$$q = I_{св} \cdot U_o \cdot \eta_u = 160 \cdot 26 \cdot 0,8 = 3328 \text{ Вт} . \quad (17)$$

Тогда выразив из формулы (16) расстояние r находим его значение:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c \rho \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot 3328}{3,14 \cdot 0,23 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 0,67 \text{ см} .$$

При ручной дуговой сварке глубина провара находится по формуле:

$$H_{пр} = (0,5 - 0,7) \cdot r = (0,5 - 0,7) \cdot 0,67 = 0,34 - 0,47 \text{ см} ,$$

принимаем $H_{пр} = 0,4 \text{ см}$.

Можно сделать допущение, что фактическая форма провара представляет собой полуэллипс.

Площадь полуэллипса может быть определена по формуле:

$$F_{ш} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} , \quad (18)$$

где a, b полуоси эллипса.

Тогда общая площадь шва равна согласно формуле (18) будет равна:

$$F_{ш} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 8,2}{2} = 109 \text{ мм}^2 .$$

Площадь проплавления находится по формуле:

$$F_{пр} = F_{ш} - F_n = 109 - 23 = 86 \text{ мм}^2 . \quad (19)$$

4.3 Расчет режимов автоматической сварки под флюсом

4.3.1 Нахлесточное соединение Н1

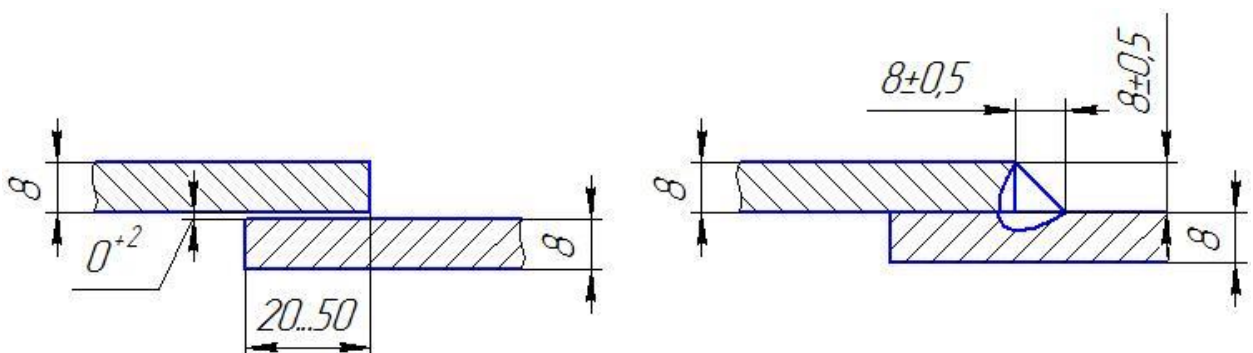


Рисунок 5 - Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Н1)

Последовательность расчета режима сварки угловых швов следующая:

1) Устанавливаем требуемую глубину провара при сварке с одной стороны:

Для угловых швов глубина провара определяется по формуле:

$$H_{np} = 0,6 \cdot \delta , \quad (20)$$

где δ - толщина металла.

Тогда:

$$\delta = 0,6 \cdot 8 = 4,2 \text{ мм} .$$

Иногда глубину провара при сварке с одной стороны задают на 2-3 мм больше или меньше половины сечения. Принимаем глубину провара 4 мм.

2) Выбираем силу сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления:

$$I_{св} = \frac{H_{np}}{K_h} \cdot 100 , \quad (21)$$

где H_{np} - необходимая глубина провара при сварке с одной стороны, мм;

K_h - коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

Значения коэффициента K_h , характерные для средних значений тока при механизированной сварке проволокой данного диаметра под кислыми высокомарганцовистыми флюсами ОСЦ-45 и АН-348А приведены в [4,стр.193] $K_h=0,9$ для флюса АН-348А при сварке на постоянном токе обратной полярности. Тогда подставив все известные значения в формулу (21), получим:

$$I_{св} = \frac{4}{0,9} \cdot 100 = 440 \text{ А} .$$

3) Выбираем диаметр электродной проволоки. Ориентировочно диаметр электродной проволоки может быть определен по формуле:

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{I_{св} / j} , \quad (22)$$

где j -допускаемая плотность тока.

Допускаемая плотность тока при автоматической сварке под флюсом зависит от диаметра электрода:

Таблица 7 – Допускаемые плотности тока при автоматизированной сварке под флюсом

Диаметр электрода, мм	5	4	3
Допустимая плотность тока, А/мм ²	30-40	35-55	45-85

В некоторых случаях возможны незначительные отклонения за пределы вышеуказанных диапазонов. Найдем диаметр электродной проволоки, подставив значения в формулу (22):

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{440 / 80} = 2,67 \text{ мм},$$

принимаем $d_{эл} = 3 \text{ мм}$.

Режим сварки угловых нахлесточных швов необходимо выбирать с учетом специфических особенностей их формирования. При получении плоских или выпуклых швов ширина шва всегда должна быть равна расстоянию по горизонтали между свариваемыми деталями. Если ширина будет больше этого расстояния, то неизбежны подрезы. Поэтому коэффициент формы шва нахлесточного соединения, равный отношению ширины шва к общей высоте его, должен быть не больше 2. Вместе с этим слишком глубокие и узкие швы склонны к образованию горячих трещин из-за неблагоприятных условий кристаллизации.

4) При расчете режима сварки технолог должен обеспечить получение катета шва, назначенного конструктором при расчете прочности или по конструктивным соображениям. По заданному катету шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла при получении плоского шва:

$$F_n = \frac{K^2}{2} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2. \quad (23)$$

5) Коэффициент расплавления

$$\alpha_p = \alpha_p^o + \alpha_p^m, \quad (24)$$

где α_p^o - составляющая коэффициента расплавления, обусловливаемая тепловложением дуги;

α_p^m - составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током.

Согласно [5, с.16] принимаем $\alpha_p^0 = 11,6 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч}$.

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (25)$$

где l_6 - величина вылета.

Величина вылета электрода рассчитывается следующим образом:

$$l_6 = 10 \cdot d_{эл} \pm 2 \cdot d_{эл} = 10 \cdot 3 \pm 2 \cdot 3 = 30 \pm 6 \text{ мм}, \quad (26)$$

принимаем $l_6 = 30 \text{ мм}$.

Тогда подставив значения в формулу (25), получим:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{440} \cdot \frac{3}{0,3^2} = 2,17 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч} ..$$

Коэффициент наплавки определим по формуле (24):

$$\alpha_n = 11,6 + 2,17 = 13,8 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч} .$$

6) Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{13,8 \cdot 440}{3600 \cdot 7,8 \cdot 32 \cdot 10^{-2}} = 1,2 \text{ см} / \text{с} = 43 \text{ м} / \text{ч} . \quad (27)$$

7) Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{F_{эл} \cdot \gamma} = \frac{13,8 \cdot 440}{0,071 \cdot 7,8} = 10964 \text{ см} / \text{ч} = 110 \text{ м} / \text{ч} . \quad (28)$$

8) Напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} \cdot 440 \pm 1 = 33 \text{ В} . \quad (29)$$

9) Погонная энергия:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{св}} = \frac{440 \cdot 33 \cdot 0,9}{0,43} = 30390 \text{ Дж} / \text{см} .$$

10) Коэффициент формы провара

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (30)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности;

d_3 – диаметр электродной проволоки, мм.

Для того чтобы найти K' определим плотность тока по формуле:

$$j = \frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{440 \cdot 4}{3,14 \cdot 3^2} = 62 \text{ А} / \text{мм}^2. \quad (31)$$

Тогда согласно [5, с.14] коэффициент K' определяется следующим образом:

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 62^{0,1925} = 0,81. \quad (32)$$

Подставляем все известные значения в формулу (30) и получаем:

$$\psi_{np} = 0,81 \cdot (19 - 0,01 \cdot 440) \cdot \frac{3 \cdot 33}{440} = 2,7.$$

Полученное значение коэффициента формы провара попадает в допустимый диапазон значений $0,8 \leq \psi_{np} \leq 4$, следовательно, режимы оптимальны и подобраны верно.

11) Глубина провара для низкоуглеродистых и низколегированных сталей при сварке под флюсом низкоуглеродистой проволокой

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{q_n / \psi_{np}} = 0,0076 \cdot \sqrt{30390 / 2,7} = 0,55 \text{ см}. \quad (33)$$

12) Ширина шва:

$$e = \psi_{np} \cdot H = 2,7 \cdot 0,55 = 1,49 \text{ см}. \quad (34)$$

13) Высота валика:

$$q = \frac{F_n}{0,73 \cdot e}, \quad (35)$$

где e - ширина валика.

Тогда подставив значения в формулу (35) найдем:

$$q = \frac{32}{0,73 \cdot 14,9} = 1,7 \text{ мм}.$$

14) Общая высота шва

$$C = H + q = 5,5 + 1,7 = 7,2 \text{ мм}. \quad (36)$$

где H – глубина провара при сварке стыкового соединения без скоса кромок.

15) Полагая, что при сварке на принятом режиме с разделкой общая высота шва C остается неизменной, можно определить H'_0 :

$$H'_0 = C - q', \quad (37)$$

где H'_0 - глубина провара при сварке нахлесточного соединения;

q' – высота заполнения разделки одним проходом при отсутствии зазора, находится по следующей формуле:

$$q' = \sqrt{F_H} = \sqrt{32} = 5,6 \text{ мм} . \quad (38)$$

Тогда подставив значения в формулу (30) найдем:

$$H'_0 = 10,1 - 5,6 = 4,5 \approx 5 \text{ мм} .$$

16) Величина проплавления вертикальной стенки:

$$S_g = (0,8 - 1) \cdot H'_0 = (0,8 - 1) \cdot 0,5 = 0,4 - 0,5 \text{ см} . \quad (39)$$

Таблица 8 - Режимы сварки для используемых типов соединений

№	Тип соединения	$F_H, \text{мм}^2$	Катет, мм	Режимы сварки				
				$I_{св}, \text{А}$	$U_d, \text{В}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$V_{пэп}, \text{м/ч}$	$\alpha_H, \text{г/А}^*\text{ч}$
1	С10 - ГОСТ 5264-80	62	-	110	24	4,7 4,4	-	9,5
2	ТЗ- $\backslash$ 6 - ГОСТ 5264-80	22,5	6	160	26	8,5	-	9,5
3	Н1- $\backslash$ 8 - ГОСТ 8713-79	32	8	440	33	43	110	13,8

5 Обоснование выбора основного сварочного оборудования

5.1 Выбор оборудования для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Для реализации современных технологий сварки резервуаров и обеспечения качества сварных соединений, источники сварочного тока должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечение возможности ручной дуговой сварки электродами с различным типом покрытия;
- устойчивая работа источника при ручной дуговой сварке во всем диапазоне рабочих токов, в том числе при минимальных, начиная с 40 А;
- возможность регулирования внешних вольтамперных характеристик и настройки тока короткого замыкания в зависимости от типа покрытия электрода при сварке различных слоев шва и в разных пространственных положениях;
- высокие динамические свойства, обеспечивающие время перехода от короткого замыкания к рабочему режиму не более 0,01 секунды;
- наличие малогабаритных дистанционных регуляторов сварочного тока, удобно размещаемых в руке сварщика и обеспечивающих возможность регулирования тока, не обрывая дуги;
- эффективное регулирование сварочного тока с пульта дистанционного управления при длине кабеля подключения до 40 метров;
- минимальные колебания установленных значений сварочного тока и напряжения из-за взаимного влияния постов (не более $\pm 10\%$ от установленных значений) при использовании источников тока для компоновки многопостовых систем питания сварочным током;
- возможность эксплуатации источников в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 40 °С;
- номинальный сварочный ток при ПВ = 60 % должен составлять не менее 250 А [18].

Т.к. работы осуществляются на открытом воздухе, к источникам

питания предъявляются дополнительные требования по стойкости к воздействию внешних климатических и механических факторов:

- степень защиты IP23 по ГОСТ 14254-96;
- относительная влажность окружающей среды 80 % при $t = 20^{\circ}\text{C}$;
- стойкость к воздействию механических факторов внешней среды – группа M18 по ГОСТ 17516.1-90.

Сварочный выпрямитель состоит из двух основных узлов: понижающего трансформатора с регулирующим устройством и блока вентилей. В общий комплект источника питания часто также включается секционированный дроссель, обеспечивающий необходимые динамические характеристики для нормального переноса электродного металла в шов. Этот дроссель предназначен для снижения скорости нарастания тока короткого замыкания и соединен последовательно с дугой в цепи выпрямленного тока.

В качестве понижающего трансформатора в сварочных выпрямителях используют чаще всего трехфазные трансформаторы с нормальным или повышенным магнитным рассеянием. Особенно широкое распространение получили трансформаторы с подвижными катушками. Они просты по устройству и обладают достаточно высоким к.п.д. В таких трансформаторах два диапазона сварочных токов, обеспечиваемых соответствующим соединением первичных и вторичных обмоток [6].

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами выбираем многопостовой сварочный выпрямитель ВДМ–1201.

Основные технические характеристики выпрямителя ВДМ–1201 представим в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики выпрямителя многопостового сварочного ВДМ-1201

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение питающей сети, В (50Гц)	380
Номинальный сварочный ток, А	1250

Номинальное рабочее напряжение, В	85
КПД при номинальном режиме, %	не менее 80
Напряжение холостого хода, В	не более 80
Номинальная продолжительность работы, ПВ, %	100
Продолжительность включения поста, ПН, %	60
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	1010х690х810
Масса, кг	не более 400

Сварочный выпрямитель имеет следующие преимущества:

- возможность регулирования сварочного тока балластным реостатом непосредственно на рабочем месте, удаленном от центрального источника;
- выпрямитель обеспечивают непрерывную нагрузку (100 %) на своем номинальном токе;
- одновременно могут работать до 8 постов.

Сварочный ток непосредственно регулируется на каждом сварочном посту с помощью балластного реостата РБ–306.

5.2 Выбор оборудования для автоматической сварки самозащитной порошковой проволокой

Для автоматической сварки под слоем флюса применяем источник питания Lincoln Electric IDEALARC DC-600.



Рисунок 6 – Сварочный источник питания IDEALARC DC-600

Аппарат имеет плавную регулировку выходной мощности, что упрощает процесс эксплуатации и обеспечивает точную установку сварочных параметров. Переключатель для выбора требуемого сварочного

процесса. Внутренние элементы источника защищены от влаги и возможной коррозии. Плоские поверхности корпуса и небольшие опоры позволяют размещать аппарат под рабочей консолью или устанавливать друг на друга до 3-х источников. Технические характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики Lincoln Electric Idealarc DC-600

Напряжение сети, В	380
Напряжение дуги, В	13-44
Номинальный сварочный ток, А	780
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	781x565x965
Вес, кг	237



Рисунок 7 – Сварочный трактор Lincoln Electric LT-7 Tractor

Сварочный трактор для сварки на постоянном токе Lincoln Electric LT-7 Tractor - автоматический механизм подачи на самоходном шасси, разработанный для сварки под флюсом и порошковыми проволоками. Это самоуправляемый и очень простой в эксплуатации механизм подачи, для работы которого достаточно одного оператора. Так же присутствует возможность установки на направляющие рельсы. Используется совместно с источником DC600 производства Lincoln Electric.

Сварка сплошной проволокой диаметром от 2,4 до 4,8 мм со скоростью подачи от 2,5 до 10,2 мм.

Скорость перемещения трактора от 0,12 до 1,8 м/мин.

Вертикальный позиционер, позволяющий регулировать вылет проволоки от 12,7 до 127мм.

Угол сварки – 50 град. от вертикали с каждой стороны, угол подачи - до 30 град. от вертикали.

Система управления может располагаться с левой или с правой стороны трактора, что позволяет менять параметры, не подходя к источнику тока.

Образует стыковые, угловые и нахлесточные швы с левой или с правой стороны трактора.

Прост в обращении, требует не более одного оператора, имеет устройства самоцентрирования относительно стыка.

Имеет прочную рамы и малый вес, что обеспечивает быструю перенастройку на новый стык.

Компактность конструкции трактора позволяет использовать его в условиях ограниченного пространства.

Способен выполнять сварку стыковых и угловых соединений, а так же швы со сквозным проплавлением. Работает со сталями различных толщин – от массивных панелей до листов 12 калибра (2,5 мм).

Ёмкость бункера для флюса - 6,8 кг. Оснащен ручным клапаном-дозатором расхода флюса. Закрепляется в одном из четырех возможных положений с правой или с левой стороны рамы.

Механизм регулировки положения головки по вертикали. Используется при необходимости изменения вылета электрода.

Механизм регулировки поперечного положения головки. Ускоряет настройку аппарата и позволяет оператору корректировать положение головки при сварке швов переменного профиля в процессе работы.

Калиброванный привод движения трактора. Скорость перемещения плавно регулируется в пределах от 0,15 до 1,8 м/мин (6 – 70 IPM).

Возвращение фронтального ролика в предварительно установленное положение (соответствующее прямолинейному или криволинейному движению) после его ручной коррекции.

Соответствует требованиям стандартов IEC974-1 и CE.

Таблица 11 - Технические характеристики сварочного трактора Lincoln Electric LT-7 Tractor

Характеристика	Значение
Напряжение, В	115
Ток сварки, А	до 1000
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	2,5 - 10,2
Ø проволоки, сплошная, мм	2,4-4,8
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	698x838x360
Вес, кг	54
Цена, руб	796463

Для резки листов используем кислородную разделительную резку. В качестве оборудования для кислородной резки принимаем резак инжекторного типа «Факел», изготавливаемый по ГОСТ 5191-79.

Таблица 12 - Технические характеристики резака «Факел»

Параметры	«Факел»
Толщина разрезаемого металла, мм	3÷300
Расход газа, м ³ /ч: кислорода ацетилена	3÷40 0,4÷1,2
Давление газа, кПа кислорода ацетилена	300÷1200 1
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	535x72x159

6 Технология ремонта РВС 5000

6.1 Существующая технология ремонта

Существующая технология предполагает следующую последовательность операций.

По периметру резервуара, который нуждается в ремонте, устанавливаются опоры, к которым приваривается верхняя часть резервуара (рисунок 8).

Крыша резервуара условно не показана

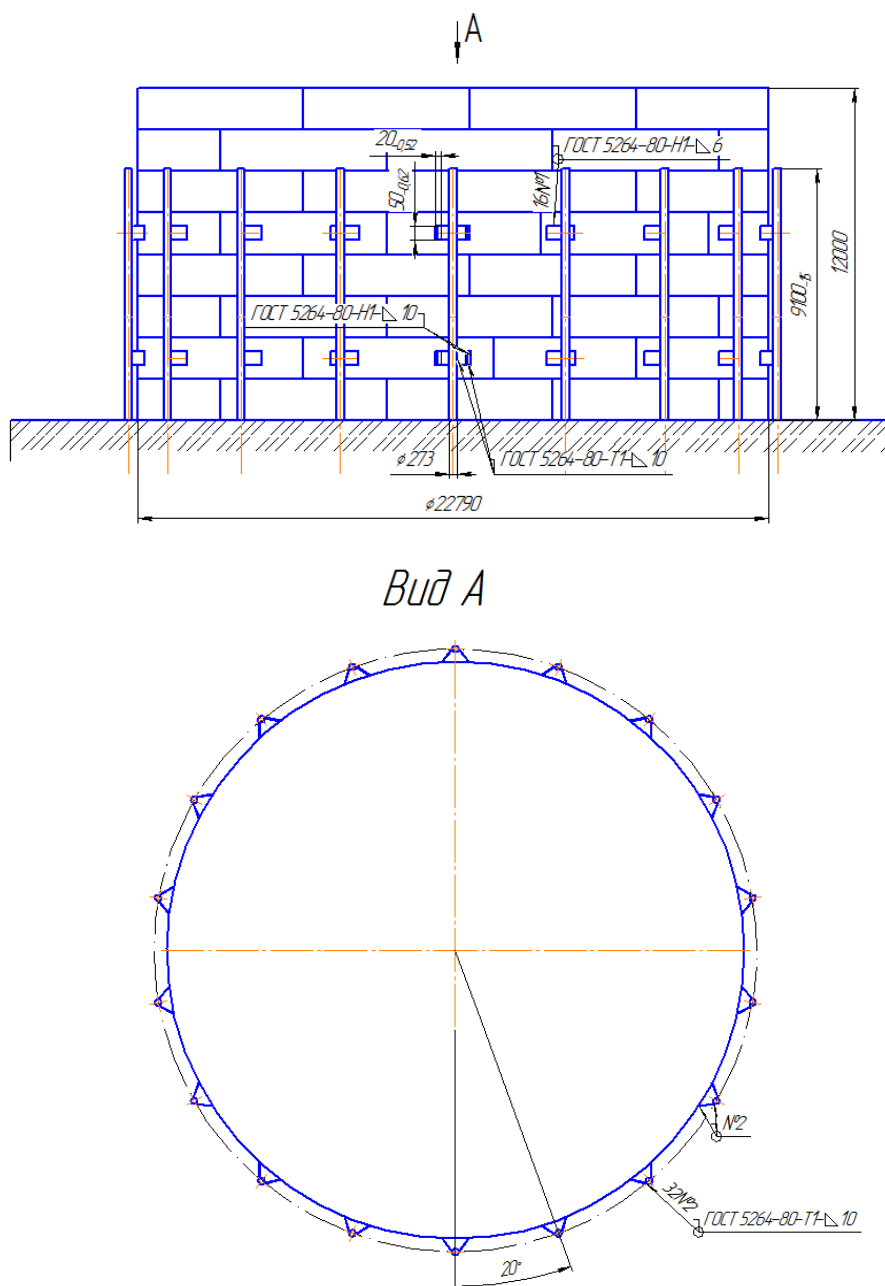


Рисунок 8 – Резервуар с опорами

После того как резервуар закреплен к опорам, производится демонтаж днища РВС (рисунок 9).

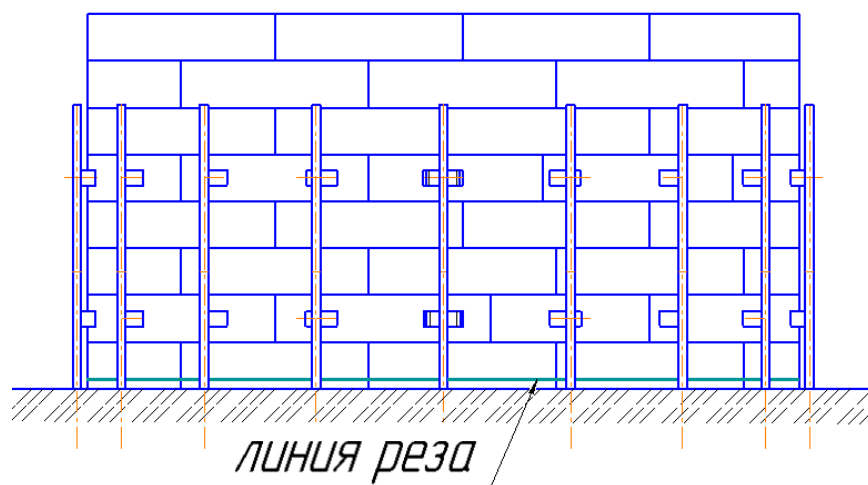


Рисунок 9 – Демонтаж нижней части резервуара

После того как пояс отделен от днища, демонтируется сначала одна половина днища, затем другая.

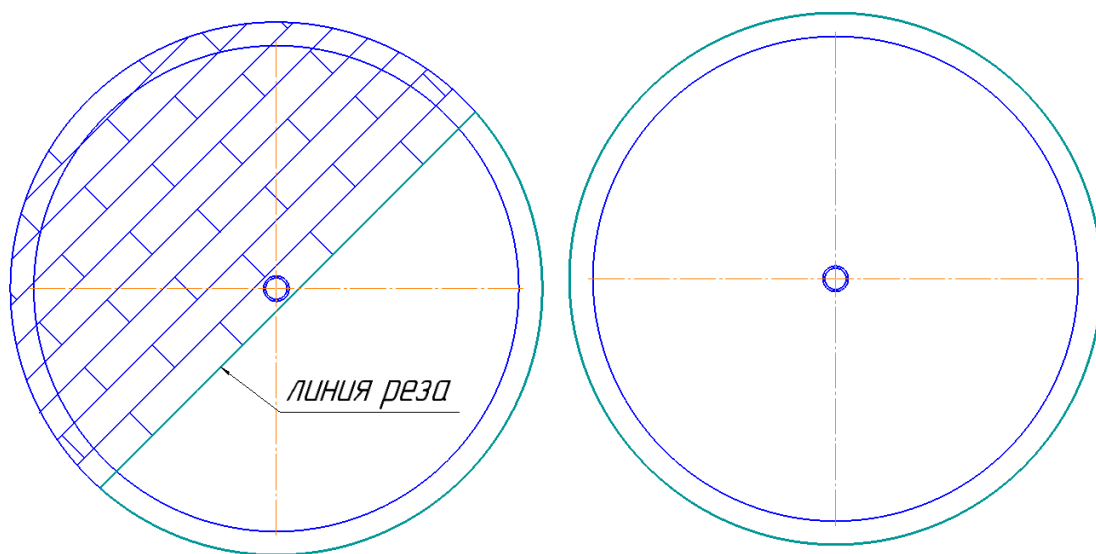


Рисунок 10 – Демонтаж старых листов

Монтаж днища производился в следующей последовательности.

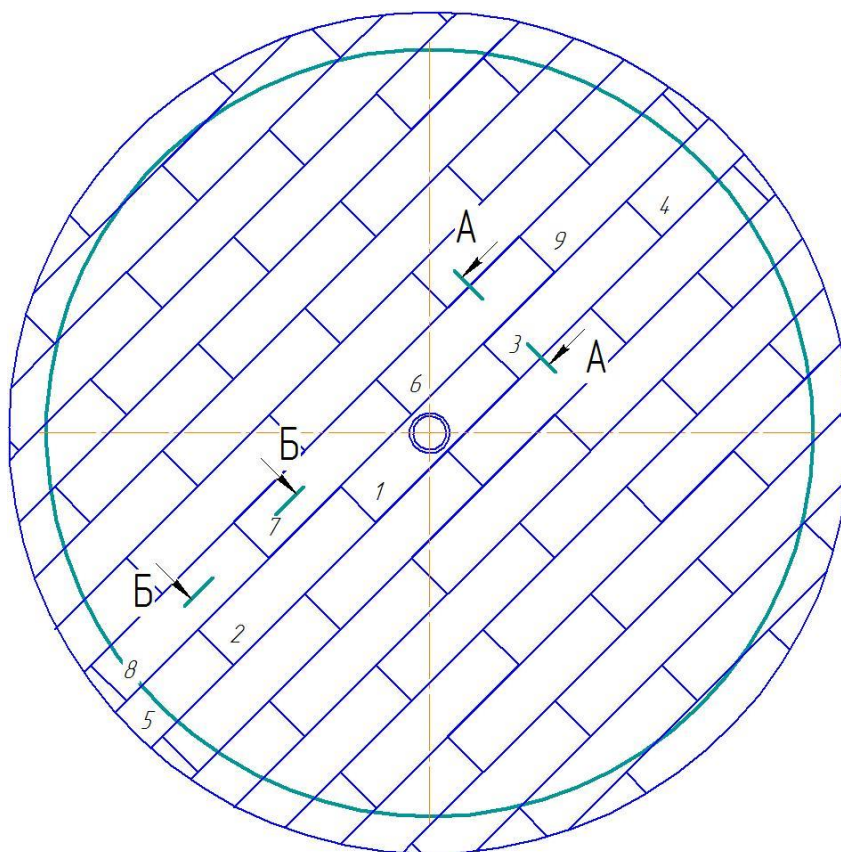
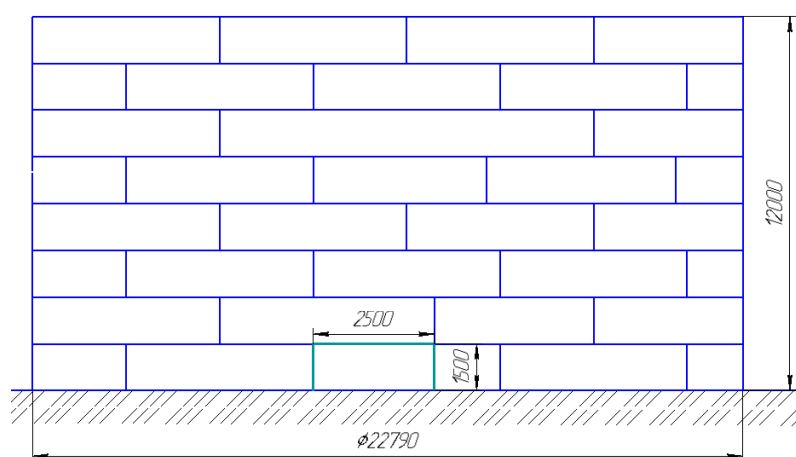


Рисунок 11 – Последовательность монтажа днища (старая технология)

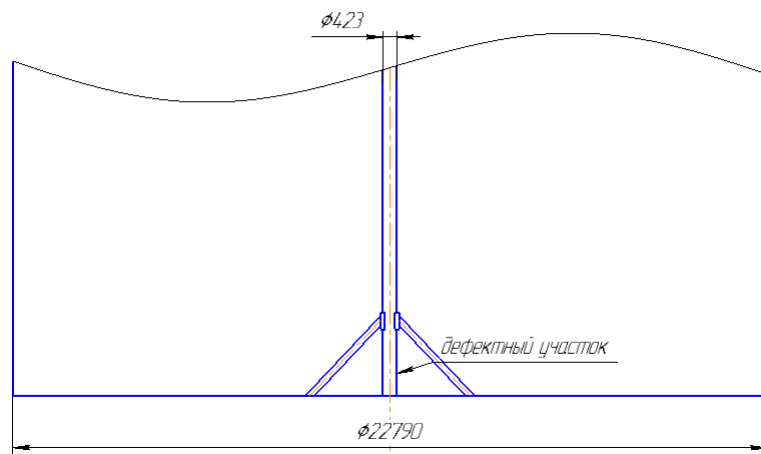
6.2 Предлагаемая технология ремонта

Предлагаемая технология осуществляется в следующей последовательности.

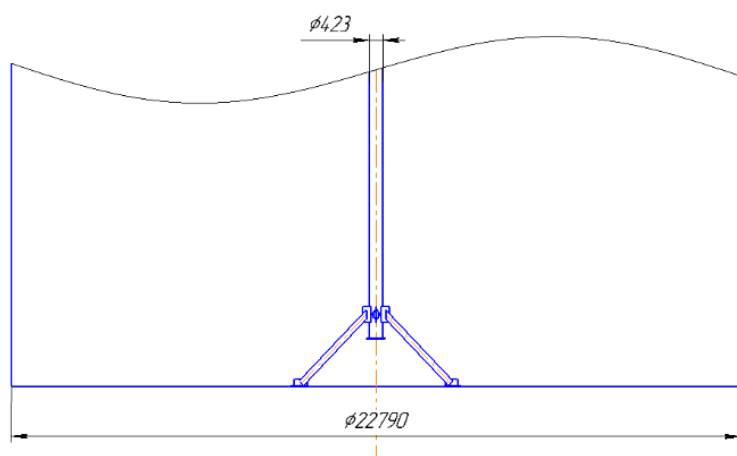
1. Вырезается монтажное окно.



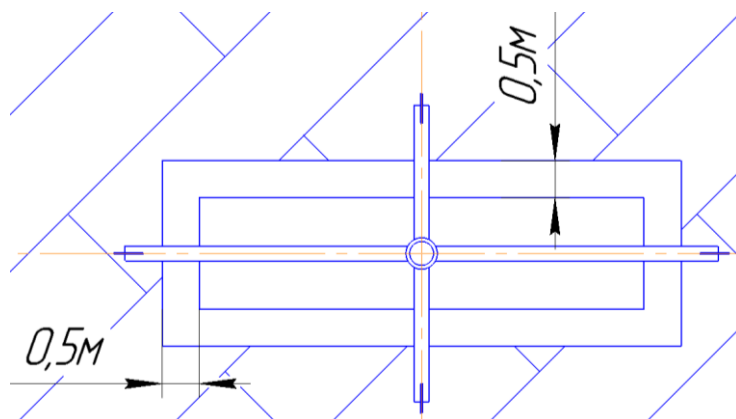
2. Ставятся опоры для замены центральной стойки.



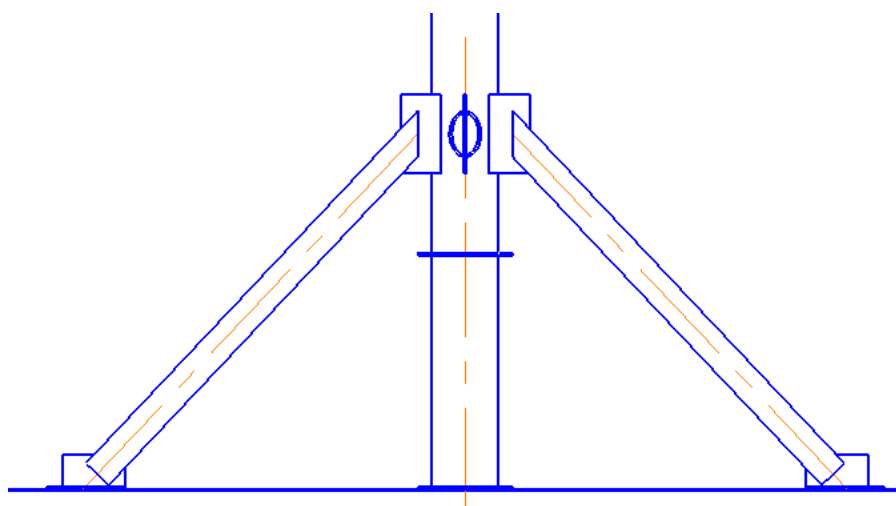
3. Демонтируется нижняя (дефектная) часть стойки и лист под ней.



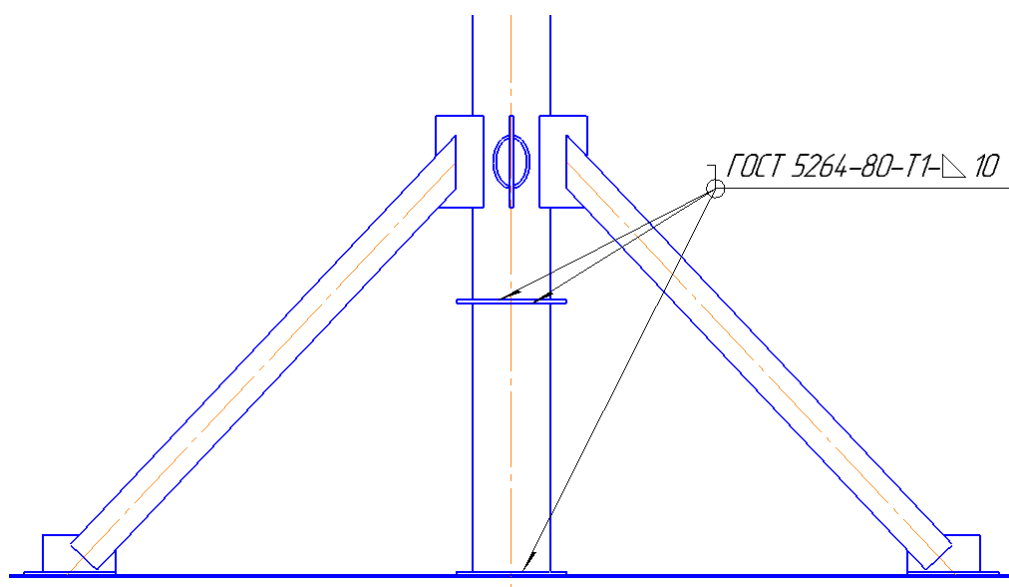
4. Укладывается новый лист под стойку.



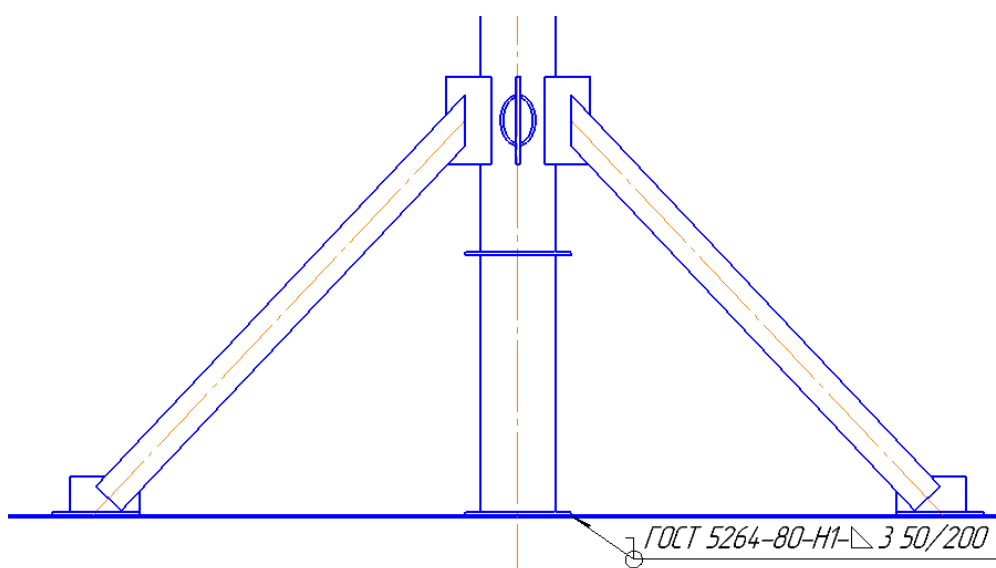
5. Устанавливается новая стойка и подкладные пластины под нее.
Разрезаем трубу вставляем в нее пластину и обвариваем.



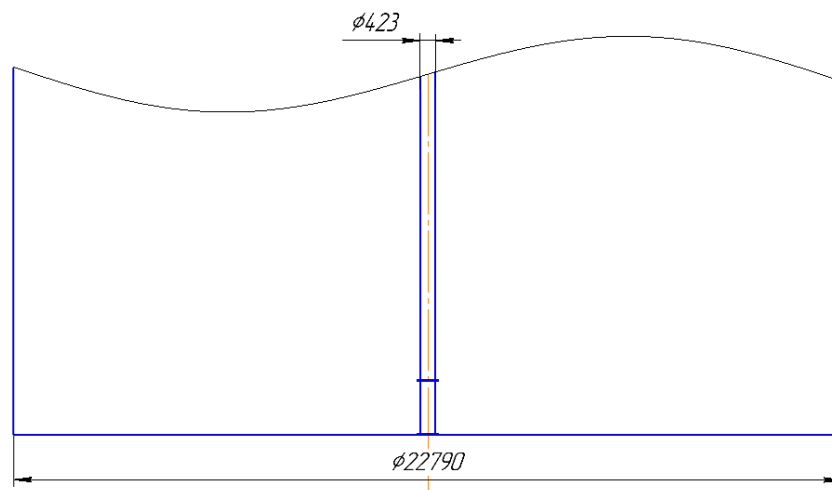
6. Приваривается новая стойка к пластинам.



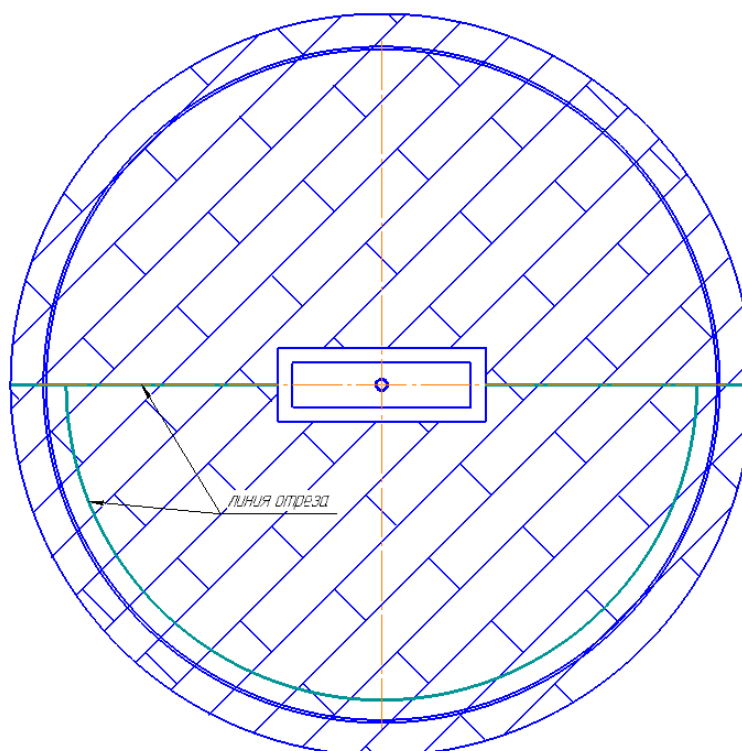
7. Прихватывается нижняя пластина к листу.



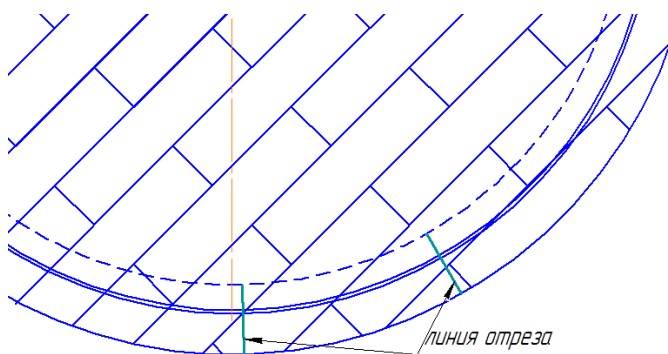
8. Демонтируются опоры для замены центральной стойки.



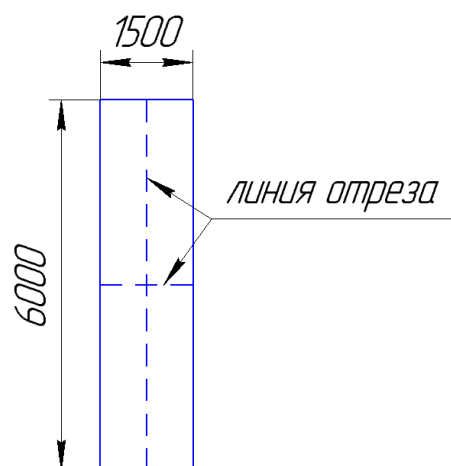
9. Вырезается по кругу днище РВС.



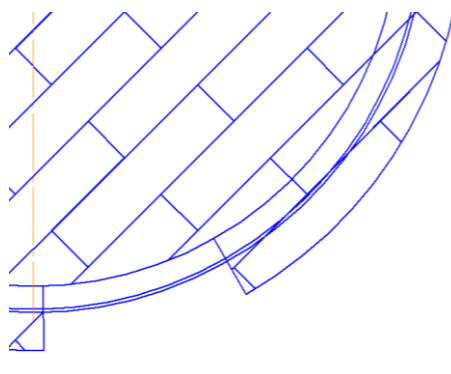
10. Вырезается окрайка 4 м.



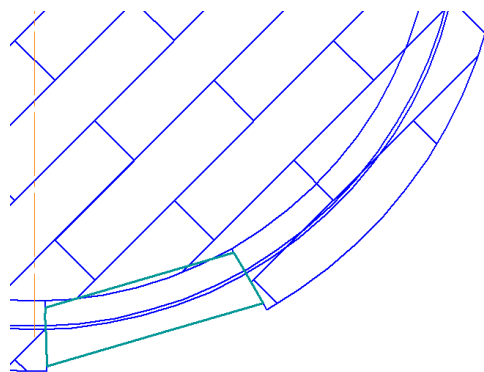
11. Новый шести метровый лист делится на 4 части (3x0,75 м)



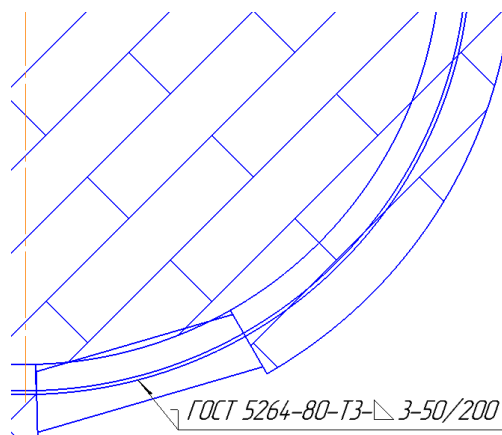
12. Демонтируется вырезанный участок.



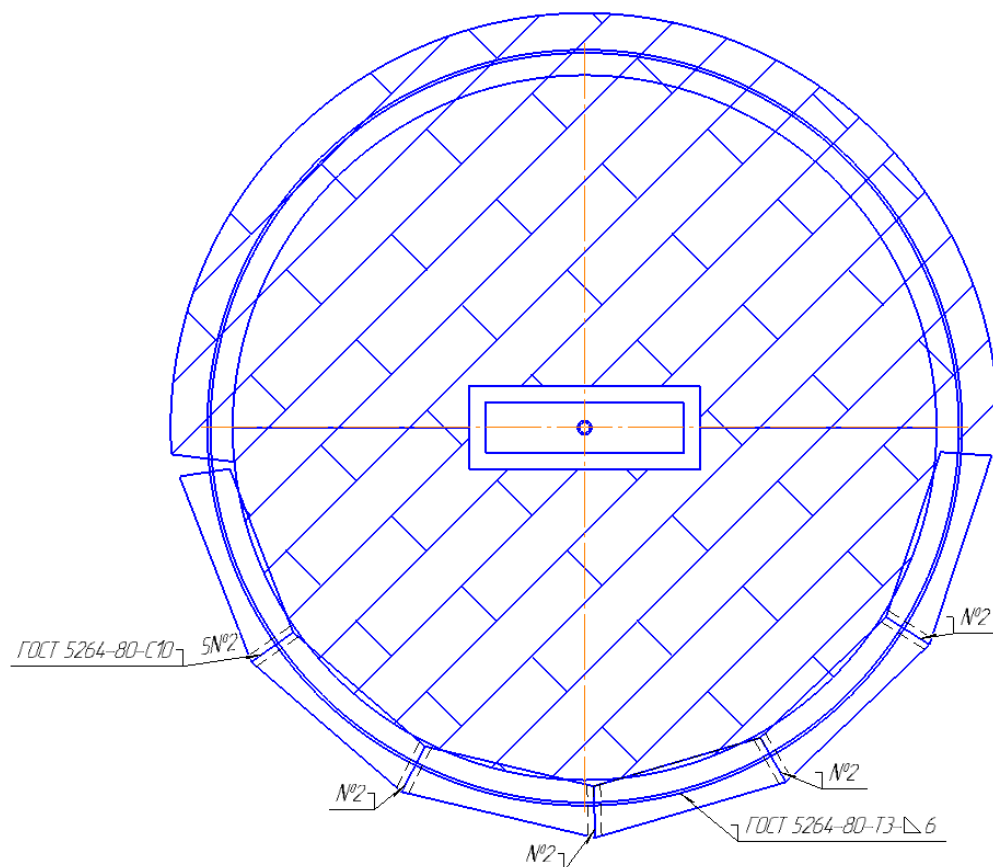
13. Укладывается новая окрайка на демонтированный участок.



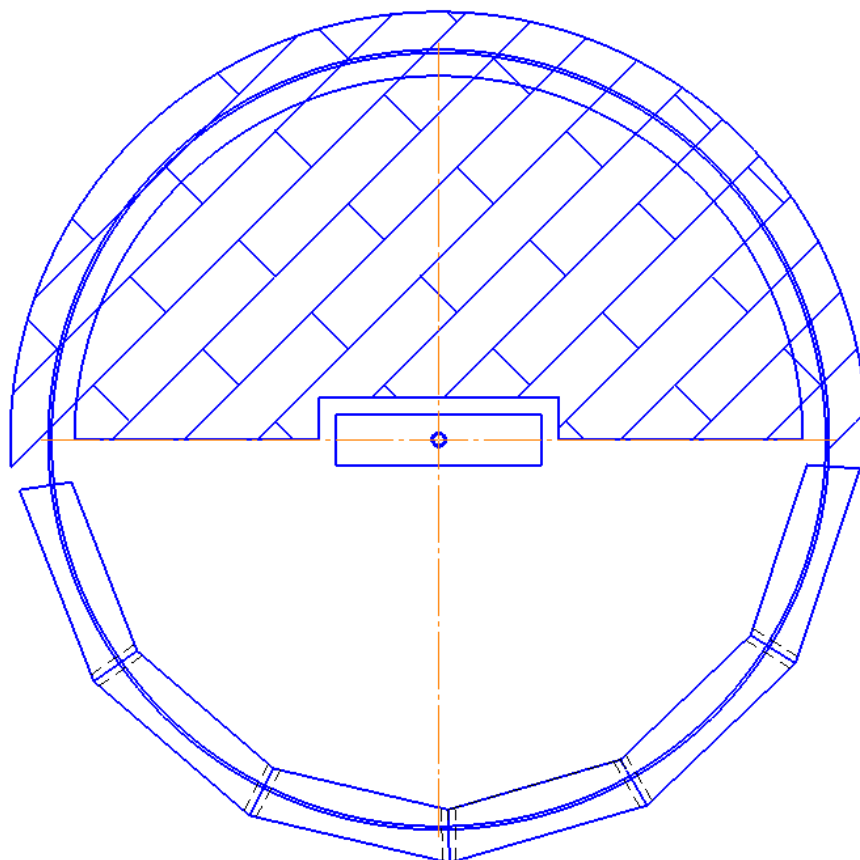
14. Расставляются прихватки на окрайке.



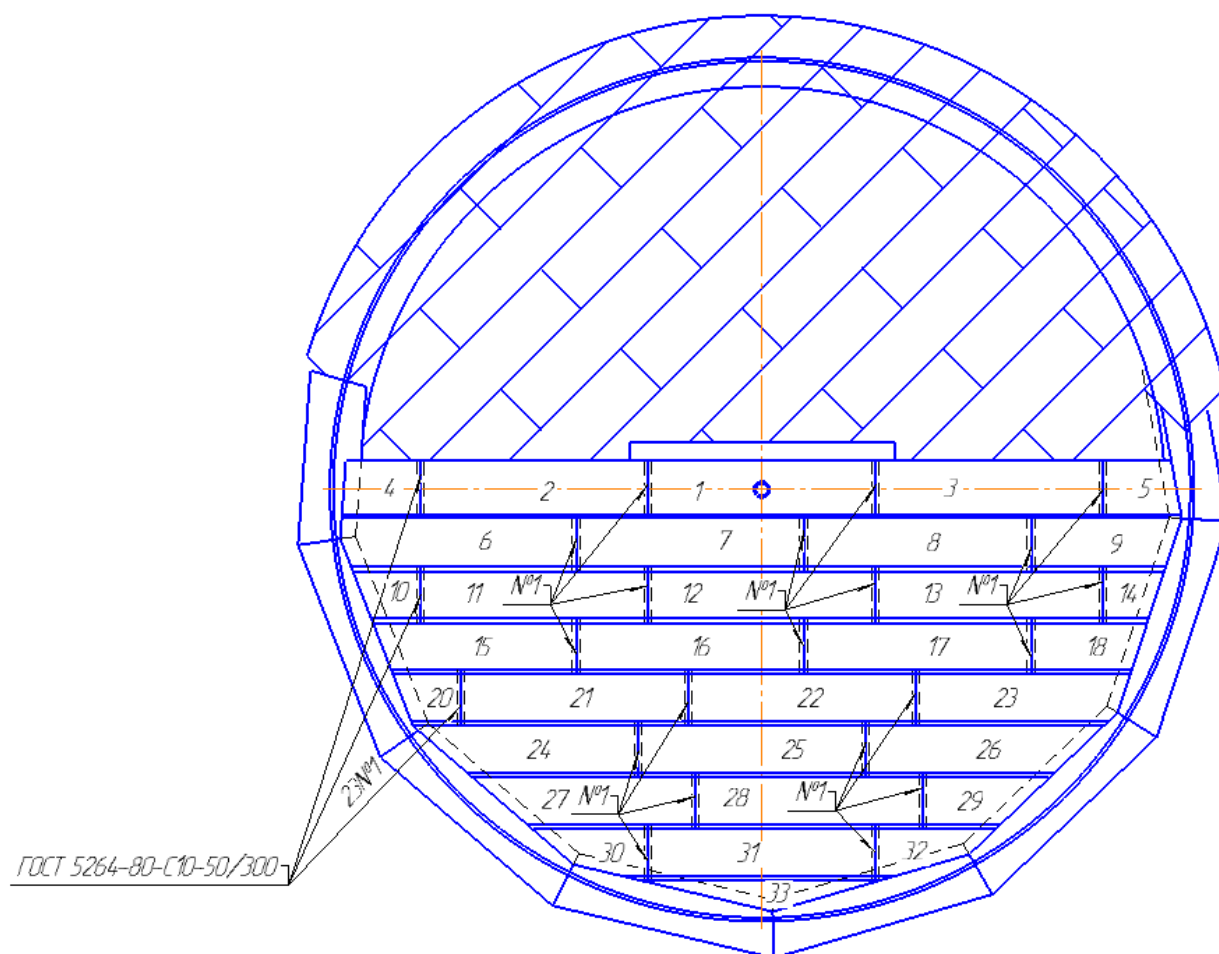
15. Процесс повторяется на половину периметра РВС.



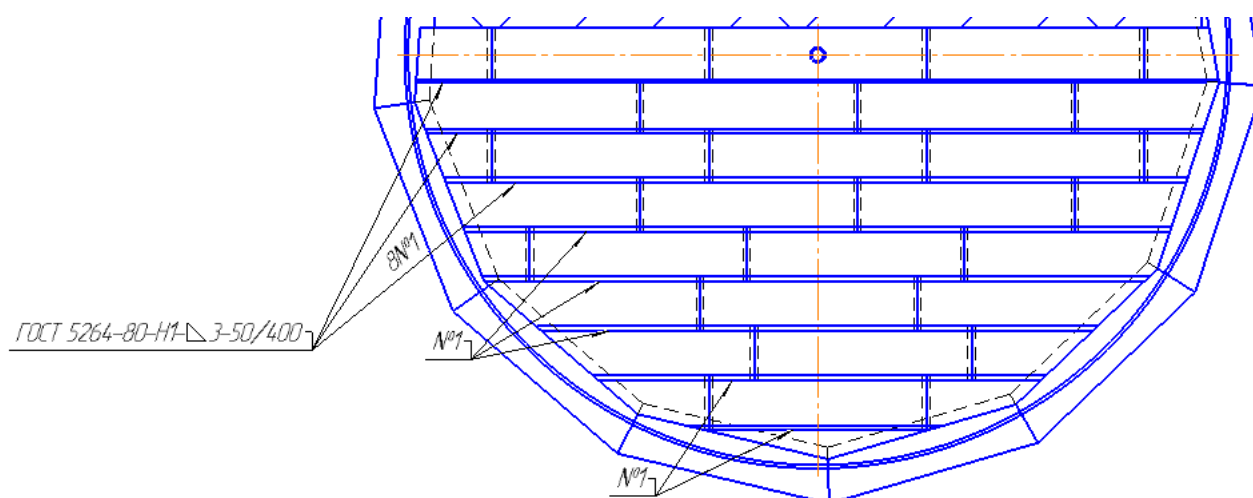
16. Производится демонтаж половины днища РВС.



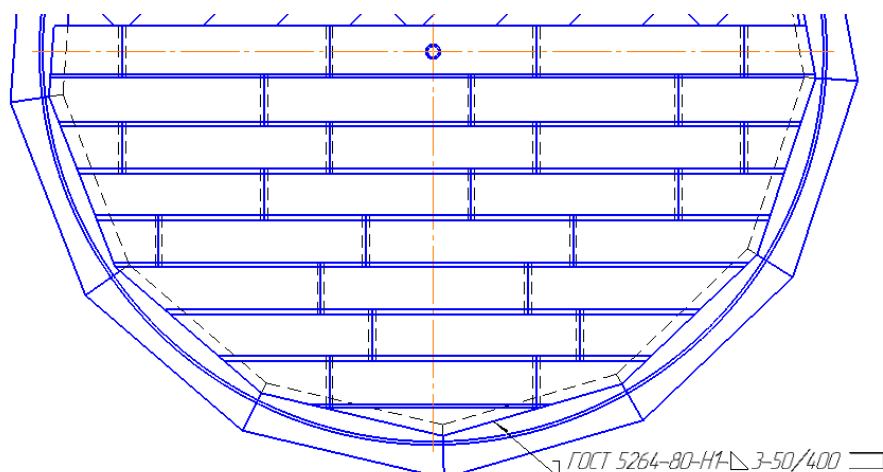
17. Укладываются новые листы на демонтированный участок (тип соединения листов Н1 и С10), расставляются прихватки, согласно технологии укладки по меньшей длине листов (С10).



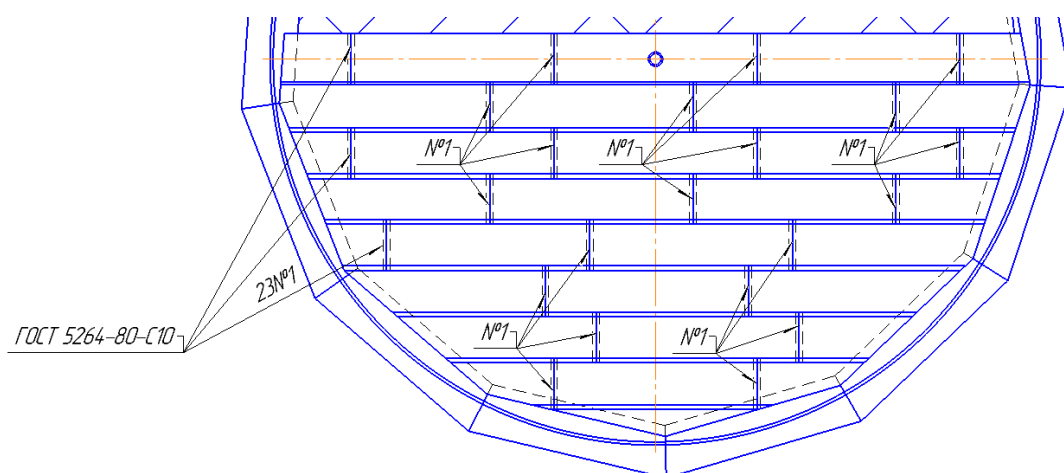
18. Расставляются прихватки, согласно технологии укладки по большей длине листов (Н1).



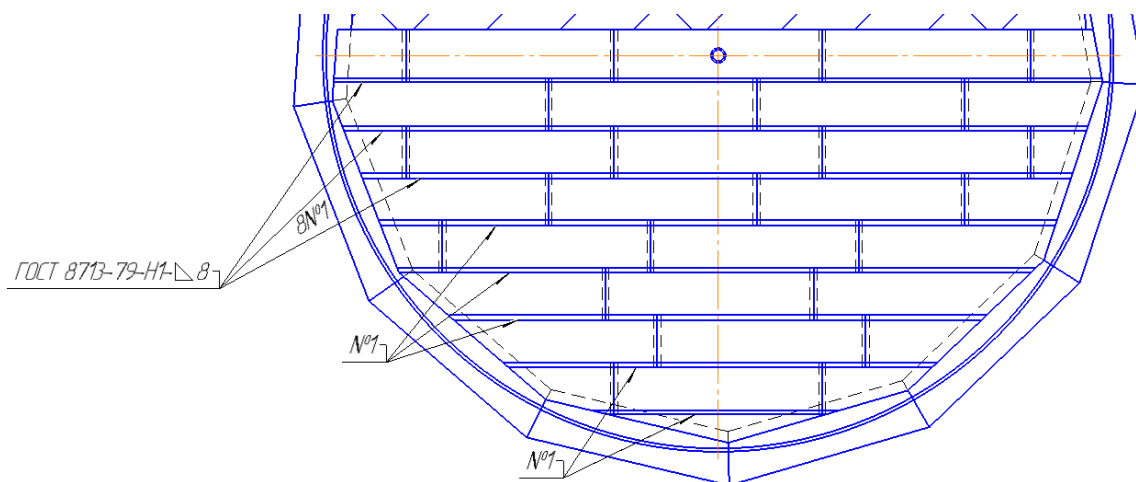
19. Проставляем прихватки по дуговому контуру днища ручной дуговой сваркой.



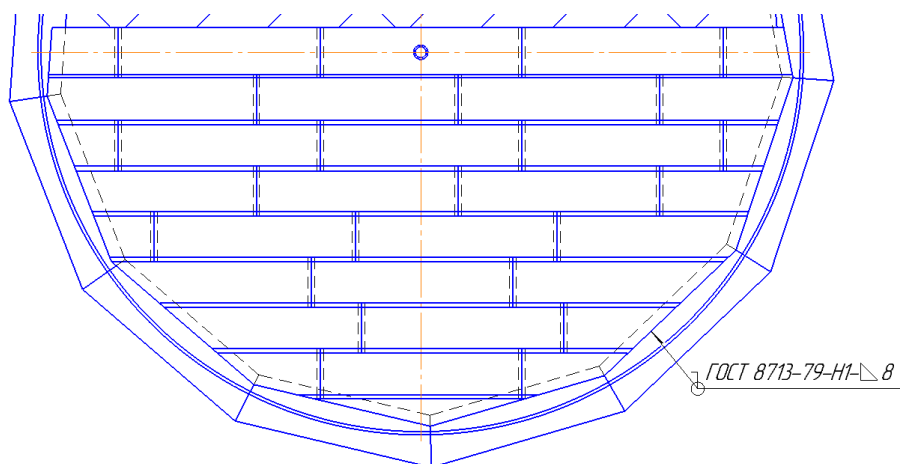
20. Производим сварку участков стыков листов по меньшей стороне (С10).



21. Настраиваем трактор для сварки и производим сварку под флюсом прямолинейных нахлесточных швов (Н1).



22.Провариваем по дуговому контуру днище с окрайкой дуговой сваркой под слоем флюса.



23. Вторая половина РВС меняется аналогичным способом.

6.3 Контроль качества ремонтных работ, приемка РВС после ремонта

Нормы дефектности устанавливаются СНиП 3.03.01-87 и Правилами технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту.

При полном обследовании РВС, при контроле сварных соединений днища, окراек и уторного шва, для обнаружения сквозных дефектов применяют вакуум-метод.

Для проведения обследования днища резервуара необходимо следующее оборудование и материалы:

- вакуум-насос;
- вакуум-камера плоская (рисунок 12) для обследования монтажного, заводского шва и листов основного полотнища днища;
- вакуум-камера угловая (рисунок 13) для обследования уторного шва резервуара;
- кислородный шланг для соединения вакуум-насоса с камерой;
- диэлектрический коврик;
- мыльный раствор;

Вакуум-камера плоская состоит из прямоугольного листа прозрачного оргстекла толщиной 10-20 мм, имеющего по периметру стенку высотой 15-40 мм и шириной 30-50 мм, на нижнюю плоскость которой приклеен слой

специальной вакуумной резины толщиной 20-40 мм. Слой резины служит для обеспечения герметичности во время создания вакуума внутри камеры. При попадании в поле обследования сквозного дефекта сварного шва, на мыльной пленке образуется пузырь, который легко наблюдается через верхнюю прозрачную крышку камеры. На верхней поверхности камеры находятся два патрубка. К одному из них подсоединяется шланг от вакуум-насоса, а к другому кран для стравливания давления. Устройство угловой вакуум-камеры аналогично плоской. Разница в том, что лист оргстекла в угловой камере загнут под углом 90°.

Перед началом обследования сварные швы и днище резервуара тщательно зачищаются. Обследуемый участок обильно смачивается мыльным раствором, приготовленным из хозяйственного мыла. В зимнее время в раствор вводятся специальные добавки.

Уторный шов проверяется угловой вакуум-камерой или керосиновой пробой. Вакуум-камера плотно прижимается к стенке и днищу резервуара в обследуемом месте так, чтобы исключить доступ воздуха внутрь камеры. Через кислородный шланг вакуум-насосом внутри камеры создается вакуум, и по состоянию мыльного раствора на обследуемом участке определяется наличие дефектов.

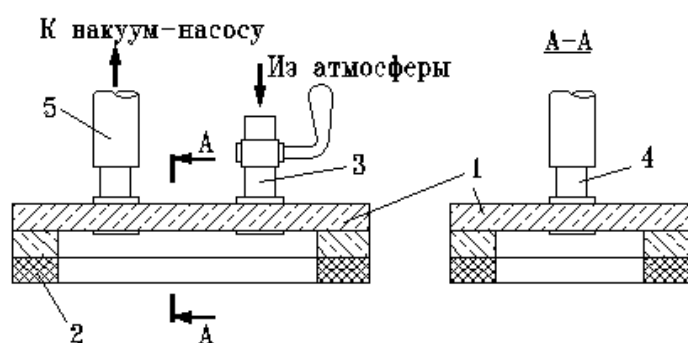


Рисунок 12 - Вакуум-камера плоская для испытания герметичности сварных швов: 1 – корпус из оргстекла; 2 – губчатая резина; 3 – кран; 4 – патрубок; 5 – шланг

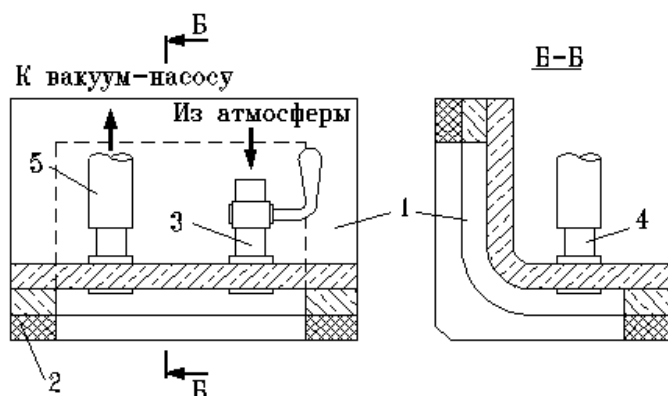


Рисунок 13 – Вакуум-камера угловая для испытания герметичности сварных швов: 1 – корпус из оргстекла; 2 – губчатая резина; 3 – кран; 4 – патрубок; 5 – шланг

В местах где имеются трещины, сквозные нарушения сплошности сварного шва мыльный раствор обильно пузырится. Обследование монтажного и заводских швов днища производится плоской вакуум-камерой аналогично проверке уторного шва.

Для переноса камеры на новый участок открывается кран для подачи воздуха. Камера переносится на новый участок так, чтобы ее рабочая поверхность перекрывала ранее проверенный участок днища.

При полном или частичном обследовании РВС для обнаружения и определения глубины трещин, имеющих выход на поверхность, а также подобных им дефектов рекомендуется использовать магнитные методы контроля. Вакуумметрического метода часто оказывается недостаточно, при контроле сплошности полотнища днища. Известны случаи, когда после вакуум контроля и приемки отремонтированного днища появлялись течи при гидроиспытаниях. Дело в том, что даже при разряжении 80 кПа не удастся обнаружить негерметичности сварного шва, заполненные шлаком. При проведении гидроиспытаний в металлоконструкциях возникают изгибающие напряжения, которые приводят к растрескиванию шлака и раскрытию дефекта. Поэтому рекомендуется обязательное использование этих, или подобных приборов при окончательной дефектоскопии отремонтированных швов полотнища днища и первого пояса стенки.

Для проведения магнитного контроля рекомендуется использовать следующий прибор:

- вихретоковый индикатор трещин ВИТ-3 (НПО “Интротест” г.Екатеринбург).

Предназначен для обнаружения поверхностных трещин на изделиях из электропроводящих ферромагнитных и неферромагнитных материалов.

Принцип действия прибора — вихретоковый.

Имеется ручная отстройка от колебаний зазора, реализуемая при переходе с одного материала на другой. Возможен контроль по грубой поверхности, а также под слоем диэлектрического покрытия со снижением чувствительности в зависимости от его толщины.

Индикация двух типов:

- световая, совмещенная с датчиком, работает в динамическом режиме при пересечении трещины;

- стрелочная, работающая в статическом режиме, позволяет оценивать глубину трещины при наличии специально подготовленных образцов.

Таблица 13 - Технические характеристики ВИТ-3

Наименование параметра	Значение
Минимальные размеры обнаруживаемой трещины (при Rz 40 и лучше), мм	
глубина	0,2
длина	3,0
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	140х90х35
Масса, кг	0,3

6.4 Возможные дефекты при ремонте резервуара и методы их устранения

При ремонте днища резервуара, наиболее часто встречающиеся дефекты - это трещины в сварных швах и основном металле сегментов и

окраек днища, вызванные концентрацией напряжений в нижнем узле резервуара. Для устранения таких трещин срезают уторный уголок (если он есть) длиной 250 мм в каждую сторону от трещины и выявляют границу трещины путем травления дефектного шва 10%-ным раствором азотной кислоты. Концы трещины засверливают сверлом диаметром 6 – 8 мм, после чего разделяют трещину под сварку.

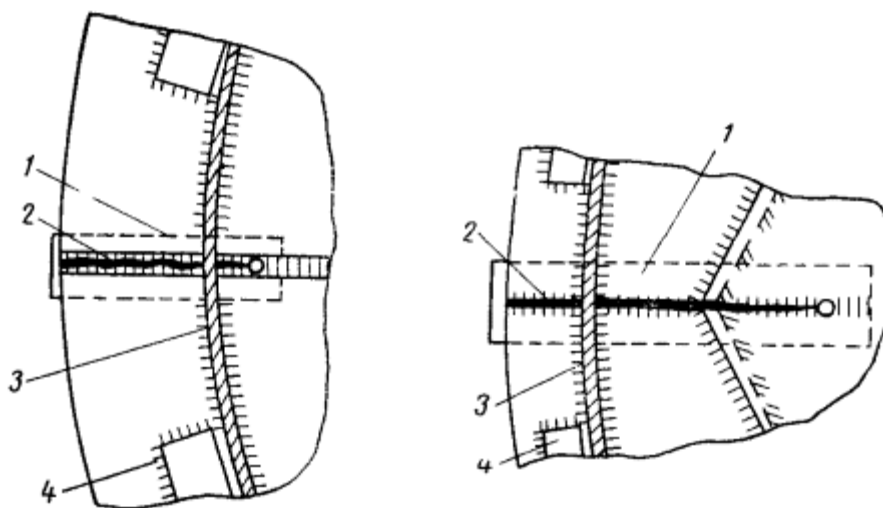


Рисунок 14 – Трещины в сварных швах сегментов и их устранение

1 – подкладка; 2 – место трещины; 3 – шов, прикрепляющий сегмент к корпусу; 4 – уторный уголок.

Трещины в швах и основном металле полотнища днища наблюдаются редко. Они появляются в местах пересечения швов. Причина образования таких трещин – отклонение от нормальной технологии сварки днищ резервуаров при их ремонте.

Дефекты, по размерам превышающие допустимые, удалить и заварить вновь. Допускается исправление одного и того же дефектного участка не более двух раз.

Если под днищем выявлены пустоты или выпучины (рисунок 15) размерами, превышающими допустимые, в днище вырезают отверстие диаметром 20 – 25 см, засыпают в пустоты изолирующую смесь и уплотняют ее.

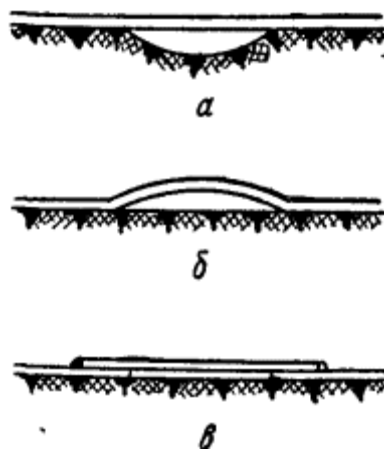


Рисунок 15 - Методы ремонта пустот под днищем и выпучин в днище
а – местная просадка основания; б – выпучина в днище; в – участок,
отремонтированный методом установки накладки

После этого на вырезанное отверстие устанавливают и приваривают накладку из листа толщиной 5 мм. Размеры накладки выбирают так, чтобы обеспечивался нахлест 30 – 40 мм.

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решения относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: ручная дуговая сварка покрытыми электродами и комбинированный способ - ручная дуговая сварка покрытыми электродами и автоматическая сварка под слоем флюса.

7.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа

Основные параметры сварных швов, а так же общая протяженность швов стыков резервуара определялись по рисунку 14.



Рисунок 16 – Общий вид резервуара

7.2 Нормирование технологического процесса

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (комбинированный способ сварки ручной дуговой сварки покрытыми электродами и автоматической под слоем флюса) при ремонте резервуара РВС-5000.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки, автоматической под слоем флюса [16].

Таблица 14 – Основное время для сварки в среде защитных газов и ручной дуговой сварки (на один стык)

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	РДС+АФ	
Скорость сварки $V_{св}$, м/ч			
С10	4,7	4,7	
Н1	-	43	
Т3	6,1	6,1	
Расчетная формула			
$t_0 = \frac{60}{V_{св}}$	$t_0 = \frac{60}{4,7} = 12,8$	$t_0 = \frac{60}{4,7} = 12,8$	
С10	-	$t_0 = \frac{60}{43} = 1,4$	-
Н1	$t_0 = \frac{60}{6,1} = 9,8$	$t_0 = \frac{60}{6,1} = 9,8$	
Т3			

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$, а также коэффициента $k_{об}$ получены из [16].

Таблица 15 - Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	РДС+АФ	
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,4	0,5	-
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,4	0,2	-
Откусывание огарков проволоки	-	0,1	-
Установка и смена электродов, мин	0,39		-
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25	-
Всего	1,49	1,35	+0,14

Таблица 16 - Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы
-----------------	-----------------------

	РДС	РДС+АФ
Время на установку, мин	7,4	3,7
Снятие и транспортировка, мин	6,4	3,2
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	7,31

Таблица 17 - Подготовительно-заключительное время для комбинированной сварки и РД сварки

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
		Время на партию, мин		
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Для РДС+АФ $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$ мин;

Для РДС $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$ мин.

Таблица 18 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	РДС	РДС+АФ	
t_o – основное время на сварку, мин/м С10 Н1 Т3	$t_o = \frac{60}{4,7} = 12,8$ - $t_o = \frac{60}{6,1} = 9,8$	$t_o = \frac{60}{4,7} = 12,8$ $t_o = \frac{60}{43} = 1,4$ $t_o = \frac{60}{6,1} = 9,8$	-
$t_{всп}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на	1,49	1,35	-

1 пог. м шва, мин			
l – длина шва С10 Н1 ТЗ	304,5 - 71,5	34,5 270 71,5	—
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	7,31	—
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,10	1,15	—
Расчетная формула	$T_{ум} = [(t_o + t_{ви}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$		

Для РДС:

$$C10 - T_{ум1} = [(12,8+1,49) \times 304,5 + 14,21] \times 1,1 = 4802$$

$$ТЗ - T_{ум2} = [(9,8+1,49) \times 71,5 + 14,21] \times 1,1 = 904$$

$$\text{Общее штучное время } T_{ум1} = T_{ум1} + T_{ум2} = 4802 + 904 = 5706 \text{ мин}$$

Для РДС+АФ

$$C10 - T_{ум1} = [(12,8+1,49) \times 34,5 + 14,21] \times 1,1 = 558$$

$$Н1 - T_{ум2} = [(1,4+1,35) \times 270 + 7,31] \times 1,15 = 862$$

$$ТЗ - T_{ум3} = [(9,8+1,49) \times 71,5 + 14,21] \times 1,1 = 904$$

$$\text{Общее штучное время } T_{ум} = T_{ум1} + T_{ум2} + T_{ум3} = 558 + 862 + 904 = 2324 \text{ мин}$$

Таблица 19 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	РДС	Комб. сварка	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	—
$T_{ум}$ – штучное время, мин	5706	2324	-
Расчетная формула $n = \frac{T_{ум}}{T_{см} \cdot 60}$	$n = \frac{5706}{8 \cdot 60} \approx 12 \text{ смен}$	$n = \frac{2324}{8 \cdot 60} \approx 5 \text{ смен}$	-7

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

Таблица 20 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	РДС+АФ	
$T_{шт}$ – штучное время	5706	2324	-
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время	11	20	–
n – количество смен	12	5	-
Расчетная формула $T_{шк} = T_{шт} + t_{пз} \cdot n$	$T_{шк} = 5706 + 12 \cdot 11 = 5838$	$T_{шк} = 2324 + 5 \cdot 20 = 2424$	-3414

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 21 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы	
	РДС	РДС+АФ
F_n – площадь наплавленного металла, см ² С10 Н1 Т3	62 - 22,5	62 18 22,5
l – длина шва, см С10 Н1 Т3	304,5 - 71,5	34,5 270 71,5
γ – плотность наплавленного металла, г/см ³	7,8	7,8
Расчетная формула $G = F \cdot L \cdot \gamma$	РДС $G_1 = 0,62 \cdot 30450 \cdot 7,8 = 147,3 \text{ кг}$ $G_2 = 0,225 \cdot 7150 \cdot 7,8 = 12,6 \text{ кг}$ $G_{общ} = 160 \text{ кг}$ РДС+АФ $G_1 = 0,62 \cdot 3450 \cdot 7,8 = 16,7 \text{ кг}$ $G_2 = 0,18 \cdot 27000 \cdot 7,8 = 37,9 \text{ кг}$ $G_3 = 0,225 \cdot 7150 \cdot 7,8 = 12,6 \text{ кг}$ $G_{общ} = 67,2 \text{ кг}$	

7.3 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 РДС и РДС+АФ нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала [20].

Таблица 22 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменени е затрат руб/изд
	РДС	РДС+АФ	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	160	29,3/37,9	-
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,60	1,08	—
Π_{cm} – цена электродов/ электродной проволоки, за кг УОНИ 13/55 СВ-10Г2	96 -	96 58,4	—
Расчетная формула $C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{cm}$	$C_{cm} = 160 \cdot 1,6 \cdot 96 = 24576$	$C_{cm} = 29,3 \cdot 1,6 \cdot 96 + 37,9 \cdot 1,08 \cdot 58,4 = 6891$	+17685

Таблица 23 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменен ие затрат руб/изд
	РДС	РДС+АФ	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000	—
F_{mp} – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{mp} \approx 172$ часов/месяц	172	172	—
$t_{ук}$ – шпучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	5838	2424	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{ук}}{F_{mp} \cdot 60}$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 5838}{172 \cdot 60} = 22628$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 2424}{172 \cdot 60} = 9395$	+13232

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
	РДС	РДС+АФ	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30 %	30 %	–
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих	22628	9395	–
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 22628}{100} = 6788$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 9395}{100} = 2819$	+3969

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
	РДС	РДС+АФ	
U – напряжение, В	24	33	–
I – сила тока, А	110	440	–
t_o – основное время сварки, мин/м	22,6	24	–
l – длина сварного шва, м/изд	376	376	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,80	0,85	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	3,7	3,7	–
Расчетная формула $C_{эл} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{эл} = \frac{24 \cdot 110 \cdot 22,6 \cdot 376}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 3,7 = 1729$ руб/изд	$C_{эл} = \frac{33 \cdot 440 \cdot 24 \cdot 376}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 3,7 = 9506$ руб/изд	-7777

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
	РДС	РДС+АФ	
Π_j – цена оборудования соответствующего вида	77075	1097568	–
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–
$t_{штк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	5838	2424	–
$F_{ГО}$ – 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 $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{штк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{77075 \cdot 0,25 \cdot 5838}{1974 \cdot 0,8 \cdot 60} = 1187$	$C_p = \frac{1097568 \cdot 0,25 \cdot 2424}{1974 \cdot 0,8 \cdot 60} = 13415$	-12228

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	РДС	РДС+АФ	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	24576	6891	+17685
2. Основная зарплата	22628	9395	+13232
3. Социальные цели	6788	2819	+3969
4. Электроэнергия	1729	9506	-7777
5. Ремонт	1187	13415	-12228
Итого	56908	42026	+14882

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [6]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{штк, пр}}, \quad (40)$$

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

$$Q_{\Gamma} = \frac{1974 \cdot 0,8 \cdot 60}{2424} = 39 \text{ ед/руб.}$$

Годовой экономический эффект от применения комбинированной сварки РДС+АФ можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \times \overline{\Delta c} = 39 \times 14882 = 580398 \text{ руб/год} \quad (41)$$

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

Итак, более выгоден второй вариант, то есть комбинированная сварка РДС+АФ. Этот вариант нам обходится дешевле на 14882 руб/изд и годовой экономический эффект от применения данного варианта составляет 580398 руб/год.

7.4 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 РДС применяется, а предлагается сварка двумя способами РДС и автоматическая под слоем флюса.

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:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{\text{ч}t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (42)$$

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);

$\Delta\Pi_{\text{ч}t}$ – 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:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}t} = \left(\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{\Gamma t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - N_{\text{пр}}), \quad (43)$$

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

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

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

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

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

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (44)$$

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

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j}{T_{\text{пи}}} \quad (45)$$

где Π_j – цена оборудования соответствующего вида;

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

$$C_a = 1097568/5 = 219513 \text{ руб/год.}$$

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_z	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_r , ед/год	0	24	29	34	39	49
3. Удельная экономия на текущих	0	14882	14882	14882	14882	14882

издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед						
4.Годовая экономия на текущих издержках, руб/год ($C_2 \cdot C_3$)	0	357168	431578	505988	580398	729218
5.Амортизация ΔC_a , руб./год	0	219513	219513	219513	219513	219513
6.Изменение годовой прибыли (C_4-C_5), руб/год	0	137655	212065	286475	360885	509705
7.Налог на прибыль (20% от C_6), руб./год	0	27531	42413	57295	72177	101941
8.Изменение чистой прибыли, руб./год ($C_6 - C_7$)	0	110124	169652	229180	288708	407764
9.Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год (C_5+C_8)	0	329637	389165	448693	508221	627277
10.Инвестиции, руб.	-1097568	-	-	-	-	-
11.Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12.Дисконтированный денежный поток (C_9 и C_{10}) C_{11}	-1097568	299640	321450	336968	347115	389539
13.Накопленный дисконтированный денежный поток	-1097568	-797928	-476478	-139509	207606	597145

Чистая текущая стоимость равняется

$$NPV = \left[\frac{299640}{(1+0,1)^1} + \frac{321450}{(1+0,1)^2} + \frac{336968}{(1+0,1)^3} + \frac{347115}{(1+0,1)^4} + \frac{389539}{(1+0,1)^5} \right] - 1097568 = 597145 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (46)$$

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.

$$n_{ок} = 3 + (139509/347115) = 3,4 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV/I_0) = (597145/1097568) + 1 = 1,5. \quad (47)$$

Формально проект признается эффективным, если $PI > 1,0$.

Построим график окупаемости.

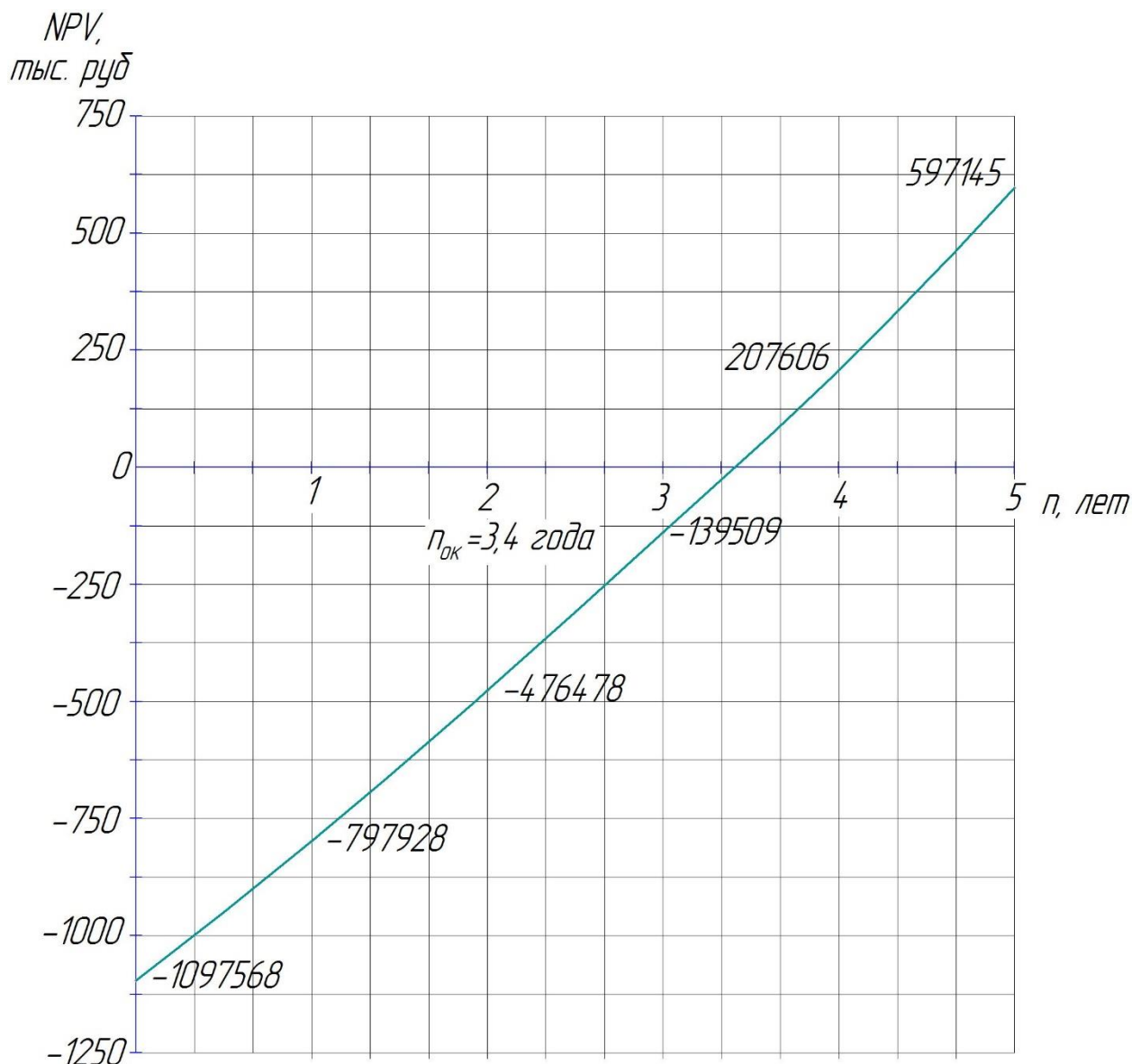


Рисунок 17 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Проведен технико–экономический анализ процесса ремонта резервуара РВС-5000 ручной дуговой сваркой и ручной дуговой сваркой с автоматической сваркой под слоем флюса.

По затратам на сварку изделия РДС+АФ более выгодна, чем ручная дуговая. Он нам обходится дешевле на 14882 руб./изд.

Учитывая условия, когда ручная дуговая сварка имеется на предприятии, а РДС+АФ будет внедряться, такая ситуация тоже выгодна. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 3,4$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокие. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,5$ а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение ручной дуговой сваркой с автоматической сваркой под слоем флюса выгодно.

8 Социальная ответственность

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Резервуар располагается на ЦППН на территории города Мегион. В районе водосбора реки Обь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.

Проводился ремонт днища РВС-5000. В результате работы была произведена частичная замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на автоматическую сварку под слоем флюса.

Оборудование: выпрямитель ВДМ–1000, балластный реостат РБ–306, источник питания Lincoln Electric IDEALARC DC-400, сварочный трактор Lincoln Electric LT-7 Tractor.

В этом разделе приводится анализ технологического процесса ремонта РВС-5000 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.

8.1 Производственная безопасность

8.1.1 Анализ выявленных вредных 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.

Нефтебазы 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, надзор, ревизия и ремонт технологических трубопроводов должны производиться в соответствии с инструкцией, разработанной на основе требований ПБ 03-108-96 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».

При эксплуатации резервуаров и резервуарных парков возможно наличие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- образование взрывоопасной среды;
- загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- выполнение работ на высоте;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- недостаточная освещенность на рабочем месте;
- воздействие на организм человека электрического тока;
- повышенная или пониженная влажность воздуха.

Надзор за правильной эксплуатацией технологических трубопроводов ежедневно осуществляет лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию резервуаров и трубопроводов; периодически - служба технического надзора совместно с руководством цеха и лицом, ответственным за безопасную работу резервуаров и трубопроводов, не реже одного раза в год.

Применяемая трубопроводная арматура (в том числе приобретенная по импорту) должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2-063-81* «Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности». Арматура должна поставляться с эксплуатационной документацией, в том числе с паспортом, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

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.

8.1.2 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

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 нефтепродуктов, образующиеся вследствие испарения во время приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

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 для нефтепродуктов 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 нефтепродукты, 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.

8.1.3 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 нефтепродукта 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.

8.1.4 Электробезопасность

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000 В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000 В (1 кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование (выпрямитель ВДМ–1000, балластный реостат РБ–306, источник питания Lincoln Electric IDEALARC DC-400, сварочный трактор Lincoln Electric LT-7 Tractor) работает от напряжения 380 В, следовательно, относиться к 1 категории опасности. [52]

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к неизолированным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;
- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000 В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;
- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для резервуаров наиболее актуальны:

- молниезащита;

- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

8.1.4.1 Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества

Комплекс мероприятий по молниезащите резервуаров с нефтепродуктами и конструкции молниеотводов должны соответствовать требованиям «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87, с учетом требований ПБ 03-381-00 и РД 153-39.4-041-99. [53, 54]

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.

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. [55]

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.

Максимальные скорости движения электризующихся нефтепродуктов в трубопроводах и резервуарах в зависимости от их электрических свойств ограничивают в соответствии с РД 153-39.4-041-99 и «Рекомендациями по предотвращению опасной электризации нефтепродуктов при наливе в вертикальные и горизонтальные резервуары».

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

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.

На резервуарах с плавающими крышами или понтонами необходимо устанавливать не менее двух гибких стальных перемычек сечением не менее 6 мм² между плавающей крышей или понтоном и корпусом резервуара или токоотводами, установленных на резервуаре молниеотводов.

Во избежание опасности искровых разрядов наличие на поверхности нефтепродуктов незаземленных электропроводных плавающих предметов не допускается.

На применяемых поплавковых или буйковых уровнемерах поплавки должны быть изготовлены из электропроводного материала и надежно заземлены.

При эксплуатации резервуаров с металлическими или изготовленными из неметаллических материалов понтонами электропроводящие элементы понтонов должны быть надежно заземлены.

Осмотр и текущий ремонт защитных устройств необходимо проводить одновременно с осмотром и текущим ремонтом технологического оборудования, электрооборудования и электропроводки.

Ответственность за периодическую проверку заземляющих устройств, ведение паспортов на заземляющие устройства, проверку переходных сопротивлений контактных соединений, заземление плавающих крыш и понтонов, за техническое состояние молниеотводов, устройств защиты от статического электричества несет служба Главного энергетика на всех уровнях управления. Ответственные лица обязаны обеспечить эксплуатацию и ремонт устройства защиты в соответствии с действующими нормативными документами.

Проверку электрической связи понтона с землей проводят не реже одного раза в год, одновременно с проверкой заземления резервуара путем измерения омического сопротивления заземляющего устройства, предназначенного для защиты понтона исключительно от статического электричества. Сопротивление не должно превышать 100 Ом. Для

электрической связи понтона с корпусом резервуара применяют гибкий медный провод типа МГ сечением не менее 6 мм².

8.1.4.2 Расчет защитного заземления

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 [19].

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:

$$r_3 = \frac{0,366 \rho K_B}{l_3} \left(\lg \frac{2l_3}{0,95d_3} + 0,5 \lg \frac{4h_3 + l_3}{4h_3 - l_3} \right), \text{ Ом} \quad (48)$$

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].

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

$$r_3 = \frac{0,366 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 1,8}{160} \left(\lg \frac{2 \cdot 160}{0,95 \cdot 15} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 200 + 160}{4 \cdot 200 - 160} \right) = 1467,78 \text{ Ом.} \quad (49)$$

Предварительно требуемое количество электродов определяется:

$$n^* = \frac{r_3}{R_3}, \quad (50)$$

где R_3 - требуемая величина заземляющего устройства.

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

Принимаем $n^* = 400$

Далее определяется окончательное число электродов :

$$n = \frac{r_3}{R_3 \cdot \eta_3} \quad (51)$$

где η_3 коэффициент использования электрода,

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:

$$r_{\Pi} = \frac{0,366 \rho_3 K_{\Gamma}}{l_{\Pi}} \lg \frac{2l_{\Pi}^2}{h_{\Pi} b} \quad (52)$$

где K_{Γ} - определяется по табл. 2 [19]; 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:

$$R_{\Sigma} = \frac{r_3 r_{\Pi}}{r_3 r_{\Pi} + r_{\Pi}^2}, \text{ Ом} \quad (53)$$

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: $R_{\Sigma} \leq R_3$. Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого. Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам.

8.1.5 Пожарная безопасность

Источники зажигания, приводящие к пожарам на взрывопожароопасных объектах, весьма разнообразны:

- разряды атмосферного электричества;
- фрикционные искры;
- самовозгорание пирофорных отложений;
- открытое пламя и искры;
- короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от резервуарных парков;
- преступные действия людей.

Ремонт днища РВС осуществляется с применением следующего ряда оборудования выпрямитель ВДМ–1000, балластный реостат РБ–306,

источник питания Lincoln Electric IDEALARC DC-400, сварочный трактор Lincoln Electric LT-7 Tractor, газовый резак.

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации» ППБ 01-03, ВППБ 01-03-96, СНиП 2.11.03-93, «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения» ВППБ 01-01-94. [56, 57, 58]

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 не имеющей следов нефтепродуктов, 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 нефтепродукта 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 РД 09-364-00, ППБ 01-93, ВППБ 01-03-96.

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

Оборудование пенного тушения должно быть установлено на резервуарах в соответствии с требованиями СНиП 2.11.03-93 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 СНиП 2.11.03-93.

Стационарные установки охлаждения должны быть установлены на резервуарах в соответствии с требованиями СНиП 2.11.03-93 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.

По пожарной и взрывопожарной опасности резервуарный парк относится к категории повышенная взрывопожароопасность (А).

В качестве средств пожаротушения на территории резервуарного парка:

- баки-дозаторы «Гобсек»
- генератор пены ГПС-2000
- пожарная вышка ПВ-10 "Феникс" У по ТУ 4854-011-54883547-11
- огнетушители воздушно-пенные ОВП-4.

8.2 Экологическая безопасность

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.

8.2.1 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо осуществлять мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов, указанные в таблице 29.

Таблица 29 – Мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
Оснащение резервуаров с бензинами, имеющих большую оборачиваемость, понтонами	80 - 90
Оборудование резервуаров со светлыми нефтепродуктами, имеющих большую оборачиваемость, дисками-отражателями	20 - 30
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 нефтепродуктов 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 нефтепродуктов из-за неплотностей запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов, что приведет к уменьшению количества загрязненных нефтепродуктами производственно-ливневых стоков, сбрасываемых в канализационную сеть.

Для сокращения потерь нефтепродуктов и предотвращения загрязнения почвы при разливах, отборе проб и ремонтах необходимо устраивать закрытые дренажи в заглубленные резервуары с автоматической откачкой нефтепродукта.

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

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

Нефтешламы, образующиеся при зачистке резервуаров, трубопроводов и при ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, должны перерабатываться на специальных установках по переработке шлама. Установки должны обеспечивать переработку нефтешламов на нефтепродукт и шлам, позволяющий использовать его в качестве добавки к строительным или дорожным материалам. При отсутствии установок по переработке нефтешламов они должны вывозиться в места складирования (захоронения) в

соответствии с договорами с владельцами объектов размещения этих шламов.

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

8.3 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 [27]. 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].

8.4 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, входящие в состав НПС, 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.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была усовершенствована технология ремонта днища резервуара РВС 5000 м³.

Разработана последовательность операций демонтажа и монтажа днища таким образом, что для проведения работ не требуется дополнительных сооружений для проведения ремонта.

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-5000 ручной дуговой сваркой и автоматической сваркой под слоем флюса.

Срок окупаемости инвестиций при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 3,4$ года. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,5$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение автоматической под слоем флюса выгодно.

