

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
СВАРКИ КОРПУСА ТЕПЛООБМЕННИКА

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль Машиностроение и материалобработка
профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве
Идентификационный код ВКР: 952

Екатеринбург, 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ИММ

_____ Б.Н. Гузанов

«_____» _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки корпуса
теплообменника

Идентификационный номер: 952

Исполнитель:
студент группы Бр 511-СМ

У.Н. Шишигина

Руководитель
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

Нормоконтролер
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург, 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 111 листов машинописного текста, 15 рисунков, 29 таблиц, 26 использованных источников литературы, графическую часть на 8 листах

Ключевые слова: КОРПУС, ОБЕЧАЙКА, ТРУБНАЯ ДОСКА, ТРУБА, КОЖУХОТРУБНАЯ СЕКЦИЯ, ВОДОВОДЯНОЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ, СТАЛЬ 16ГС, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА, ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА, ТЕХНОЛОГИЯ, РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ОБОРУДОВАНИЕ, СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА.

В технологическом разделе дипломного проекта подобрано сборочно-сварочное оборудование и разработана технология сборки и автоматизированной сварки кожухотрубной секции водоводяного теплообменника.

В методическом разделе разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3.

В экономическом разделе дипломного проекта представлено технико-экономическое обоснование разработанной технологии сборки и автоматизированной сварки кожухотрубной секции водоводяного подогревателя.

					ДП 44.03.04.952 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шишигина У.Н.			Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки корпуса теплообменника	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Билалов Д.Х.					4	111
Н.контр.		Плаксина Л.Т.			ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО Каф. ИММ, грБр - 511			
Утв.		Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологический раздел	10
1.1 Описание конструкции	10
1.1.1 Назначение конструкции	11
1.2 Выбор конструкционного материала	12
1.2.1 Характеристика стали	13
1.2.2 Свариваемость стали	14
1.3 Технология сварки сталей	18
1.3.1 Теория технологии сварки низколегированных металлов	18
1.3.2 Особенности сварки высоколегированных сталей и сплавов	20
1.4 Анализ базовой технологии сварки	21
1.5 Выбор способа сварки	22
1.5.1 Электродуговая сварка	22
1.5.2 Автоматическая дуговая сварка под флюсом	23
1.5.3 Сварка плавящимся и неплавящимся электродом в защитных газах	25
1.6 Выбор сварочных материалов	28
1.6.1 Электродная проволока	28
1.6.2 Защитный газ	29
1.7. Расчет режимов сварки	31
1.7.1 Расчет стыкового сварного соединения по ГОСТу 14771–76 С8 для сварки продольного шва обечайки	31
1.7.2 Расчет режимов автоматической сварки таврового сварного соединения по ГОСТу 14771–76 Т6	40
1.7.3 Расчет стыкового сварного соединения труба трубная решетка	46

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		5

1.8	Выбор сварочного оборудования	50
1.8.1	Установка для сварки продольного шва	51
1.8.2	Сварочная головка Мультитрак А2 (GMAW)	52
1.8.3	Сварочный аппарат ALPHA Q 551	54
1.8.4	Орбитальная сварочная головка POINTEC 80	56
1.8.5	Программируемый источник тока для орбитальной сварки Pipemaster 515	57
1.8.6	Сварочная колонна BCZQ 2x2	59
1.8.7	Ролико-вращатель	61
1.9	Контроль качества	62
1.9.1	Контроль внешним осмотром	63
1.9.2	Ультразвуковая дефектоскопия	64
2	Экономический раздел	67
2.1	Расчет технологических норм времени на сварку	68
2.2	Расчет потребного количества оборудования	72
2.3	Расчет капитальных вложений	73
2.4	Расчет технологической себестоимости	74
2.5	Расчет полной себестоимости изделия	80
2.6	Расчет годовой экономии по технологической себестоимости	89
3	Методический раздел	95
3.1	Сравнительный анализ Профессиональных стандартов	96
3.2	Разработка учебного плана переподготовки	100
3.3	Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	102
3.4	Разработка плана - конспекта урока	103
4	Заключение	108
5	Список использованных источников	109
6	Приложение А Спецификация	111

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ВВЕДЕНИЕ

Сваркой называют технологический процесс получения механически неразъемных соединений, характеризующихся непрерывностью структур – непрерывной структурной связью.

Это технологический процесс, с помощью которого изготавливаются все основные конструкции гидротехнических сооружений, паровых и атомных электростанций, автодорожные, городские и железнодорожные мосты, вагоны, наводные и подводные корабли, строительные металлоконструкции, всевозможные подъемные краны и многие другие изделия.

Сварка является ведущим способом обработки металлов еще с середины XX века.

Известно более 50 способов сварки:

- ручная дуговая сварка;
- сварка в инертных и активных газов;
- дуговая сварка под флюсом;
- электрошлаковая сварка;
- сварка давлением;
- автоматическая сварка и др.

Сварка широко используется в производстве, так как это резко снижает расходы на металл, сроки изготовления конструкций и трудоемкость производственного процесса.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что ручная сварка в среде защитных газов слишком трудоемка, требует большого количества квалифицированных кадров, сравнительно дорога, и, естественно, не может обеспечить однородность продукции. В автоматизации дуговой электросварки за последние годы достигнуты такие успехи, что уже сейчас

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

этот процесс по степени автоматизации основных операций может считаться одним из наиболее передовых и прогрессивных технологических процессов в металлообработке.

Механизация и автоматизация сварочного производства является одним из важнейших средств повышения производительности труда, повышения качества сварных конструкций, совершенствование условий труда, уменьшение вредного воздействия на организм сварщика.

Развитие технологии и оборудования сварочных процессов идет в настоящее время достаточно быстрыми темпами. Это вызвано все более возрастающей потребностью создания качественных неразъемных соединений путем внедрения автоматизированных сварочных аппаратов.

Благодаря своей относительной простоте применения, скорости соединения различных материалов сварка находит широкое применение, и является одним из ведущих технологических процессов, как в области машиностроения, так и в строительной индустрии.

Перспективы сварки, как и в научном, так и в техническом плане, безграничны.

Цель дипломной работы- разработка технологии автоматизированного процесса сборки и сварки кожухотрубной секции водоводяного подогревателя.

Объект дипломной работы – технология изготовления кожухотрубной секции водоводяного подогревателя.

Предмет дипломной работы – процесс сборки и сварки кожухотрубной секции водоводяного подогревателя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать условия работы кожухотрубной секции;

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- разработать технологию сборки-сварки корпуса кожухотрубной секции;
- выбрать и обосновать заготовительное, сварочное и сборочное оборудование;
- разработать программу переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления корпуса теплообменника, включающий автоматическую сварку плавящимся электродом в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства реторты;

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

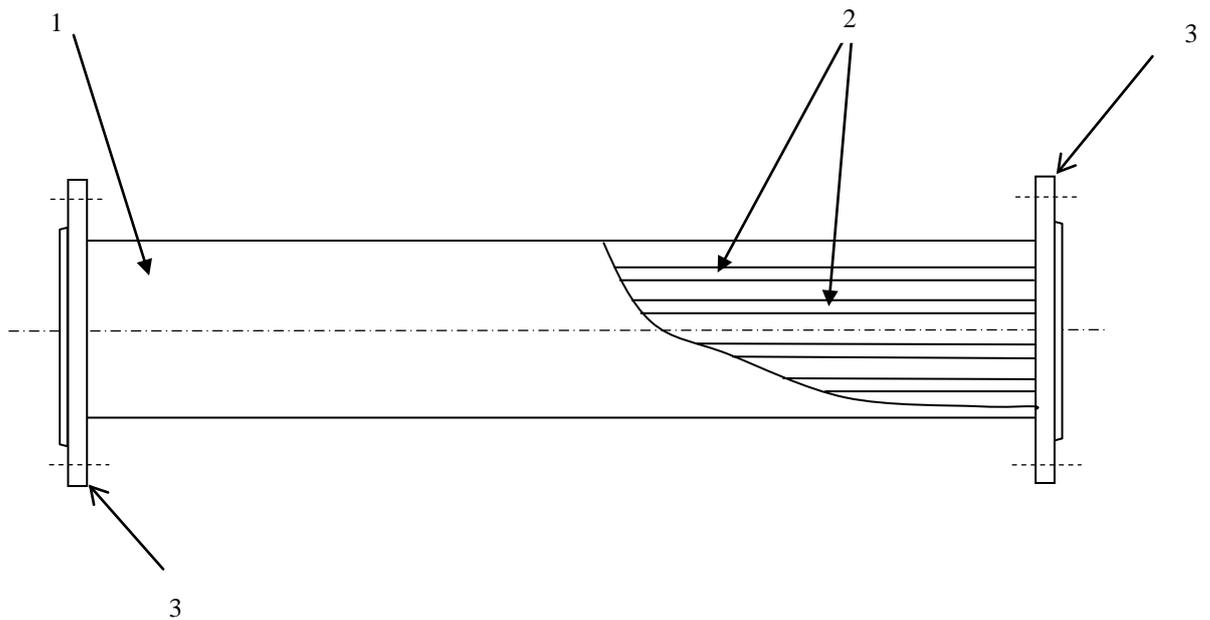
1 Технологический раздел

1.1 Описание конструкции [1]

Кожухотрубная секция является составной частью водоводяного подогревателя, работающего под давлением, и под воздействием среднеагрессивной среды.

Кожухотрубная секция состоит из:

- обечайки,
- двух патрубков с фланцами,
- трубок поверхности,
- трубных досок.



1-обечайка, 2 – трубки, 3 – трубная доска
Рисунок 1 – Общий вид кожухотрубной секции

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		10

1.1.1 Назначение конструкции [1],[2]

Водоводяной теплообменник – это устройство, которое применяется в системах общественного отопления, горячего водоснабжения, в производственных и коммунально-бытовых зданиях, предназначенного для осуществления теплообмена между двумя средами, имеющими различные температуры, причем средой нагрева является вода, обладающая высокой температурой, а обогреваемой средой является вода с меньшей температурой.

В большинстве случаев подогревающей водой является вода взятая с центральной системы отопления, а обогреваемой водой является холодная вода с центральной системы подачи воды.

Таблица 1 - Техническая характеристика кожухотрубной секции [2]

Параметры	Значение
Тип аппарата	ТН-с жестким кожухом и неподвижными трубными решетками
Рабочее давление, МПа	1,6
Давление расчетное, МПа	1,8
Давление при гидроиспытании, МПа	2,3
Греющая среда	Вода с центральной системы отопления
Подогреваемая среда	Вода с центральной системы холодной воды
Материал основных деталей	Сталь 16ГС ГОСТ 5520-79 Сталь 08Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
Диаметр кожуха, мм	Наружный 325
	Внутренний 305
Температура греющей и нагреваемой сред, °С	0 - 150
Длина теплообменных труб, мм	2000
Наружный диаметр и толщина стенки теплообменных труб, мм	20×2
Число ходов по трубам	2
Схема размещения труб в трубных решетках и перегородках	По вершинам равносторонних треугольников

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.2 Обоснование выбора конструкционного материала сварной металлоконструкции[2]

Для сварки корпуса водоводяного теплообменника используется сталь 16ГС, так как греющая среда имеет следующие показатели:

1 - наличие растворенного кислорода около 0,05 мг/куб.м. либо его полное отсутствие,

2 - pH или степень кислотности в пределах 8.0 — 9.5,

3 - содержание железа не более 0,5-1 мг/л,

4 - показатель жесткости около 7-9 мг экв/л,

следовательно использование высоколигированной стали не целесообразно.

Для изготовления трубок сталь 08Х18Н10Т, так как нагреваемая среда является более агрессивной.

1.2.1 Характеристика стали[3]

Сталь 16ГС – конструкционная, нелегированная качественная кремнемарганцовистая, предназначена для изготовления деталей и частей паровых котлов и сосудов, работающих под давлением. Корпусов аппаратов, днищ, фланцев и др. детали, работающих при температурах от -40 до +475 град. под давлением.

Химический состав и механические свойства стали 16ГС приведены в таблицах 2 и 3 соответственно, технологические свойства приведены в таблице 4.

Таблица 2- Химический состав стали 16ГС[3]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
0.12-0.18	0.4-0.7	0.9-1.2	до 0.3	до 0.035	до 0.03	до 0.3	до 0.12	до 0.008	до 0.3	до 0.08

					44.03.04.952 ПЗ					Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

Таблица 3- Механические свойства стали 16ГС при T=20⁰C[3]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	KCU
Единица измерения	МПа	МПа	%	кДж / м ²
Лист, ГОСТ 5520-79	450-490	275-325	21	590

где σ_B ; - предел кратковременной прочности, [МПа]

σ_T - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 - относительное удлинение при разрыве, [%]

KCU - ударная вязкость, [кДж / м²]

Таблица 4- Технологические свойства стали 16ГС[3]

Сваримость	без ограничений
Флокеночувствительность	не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	не склонна

Для изготовления трубного пучка используется сталь 08X18H10T - сталь аустенитного класса, коррозионно-стойкая жаропрочная, предназначена для сварной аппаратуры, работающей в средах повышенной агрессивности, теплообменники, муфели, трубы, детали печной арматуры, электроды искровых зажигательных свечей.

Химический состав и механические свойства стали 08X18H10T приведены в таблицах 5 и 6 соответственно.

Таблица 5- Химический состав стали 08X18H10T [3]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	(5C – 0,7 Ti, остальное Fe)
до0.08	до 0.8	до 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	до 0.3	

Таблица 6 - Механические свойства стали 08X18H10T при T=20⁰C[3]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	KCU
Единица измерения	МПа	МПа	%	кДж / м ²
Трубы, ГОСТ 11068-81	530	216	37	590

Для изготовления трубных досок используется низколегированная сталь 16ГС с плакирующим слоем из стали 08Х18Н10Т. Химический состав основной стали и плакирующего слоя указан в таблицах 2 и 5, механические свойства указаны в таблицах 3 и 6.

1.2.2 Свариваемость стали [4]

Свариваемость – способность металлов образовывать, при заданной технологии сварки, качественное сварное соединение, удовлетворяющее эксплуатационным требованиям.

Свариваемость металлов можно оценить предварительно расчетным путем, используя сведения о химическом составе, характеристики подлежащих сварке соединений и параметры технологических условий сварки.

Горячие трещины — это хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и зоны термического влияния, возникающие в твёрдо-жидком состоянии при завершении кристаллизации, а также в твёрдом состоянии при высоких температурах на этапе преимущественного развития межзёрненной деформации. Они могут возникать при неблагоприятном сочетании некоторых факторов, связанных с понижением деформационной способности металла вследствие наличия в структуре легкоплавких эвтектик, дефектов кристаллического строения, выделения хрупких фаз, включения водорода (водородная болезнь) и т. д.

Определим склонность к образованию горячих трещин стали 16ГС и стали 08Х18Н10Т по формуле 1:

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 1000}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1)$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где HCS - параметр, оценивающий склонность сварных швов к образованию трещин, %

C – содержание углерода, %;

Mn – содержание марганца, %;

Cr – содержание хрома, %;

V – содержание ванадия, %;

Mo – содержание молибдена, %;

Ni – содержание никеля, %;

Cu – содержание меди, %;

P – содержание фосфора, %.

$$HCS_{16ГС} = \frac{0.16 * \left(0.025 + 0.025 + \frac{0.6}{25} + \frac{0.2}{100}\right) * 1000}{3 * 1.1 + 0.2} = 3.47\%$$

$$HCS_{08Х18Н10Т} = \frac{0.07 * \left(0.01 + 0.025 + \frac{0.7}{25} + \frac{10}{100}\right) * 1000}{3 * 1 + 18} = 0,54\%$$

Так как расчетное значение параметра HCS менее 4, появление горячих трещин маловероятно.

Чувствительность сварного соединения к образованию холодных трещин оценивают эквивалентным содержанием углерода свариваемого металла. Эквивалент углерода $C_{эқв}$, %, определяют по эмпирическим формулам, одна из которых имеет следующий вид:

$$C_{эқв.} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/4 + V/5 + Ni/15 + Cu/13 + P/2 \quad \% \quad (2)$$

$$C_{эқв.16ГС} = 0,16 + 1.1/6 + 0,2/5 + 0/4 + 0/5 + 0,2/15 + 0,2/13 + 0,025/2\% = \\ = 0,16 + 0,18 + 0,04 + 0 + 0 + 0,014 + 0,16 + 0,0125 = 0,40\%$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где $C_{\text{ЭКВ}}$ - общий эквивалент углерода,

$C, Mn, Cr, Mo, V, Ni, Cu, P$ – содержание легирующих элементов, %.

Процентное содержание C от $0,35\% \leq C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45\%$ говорит об ограниченной свариваемости стали необходим дополнительный подогрев.

Температура дополнительного подогрева для стали 16ГС рассчитывается по формуле 3:

$$T = 350 * \sqrt{C - 0,25} \text{°C} \quad (3)$$

где $C_{\text{ЭКВ}}$ – содержание углерода

$$C = C_{\text{ЭКВ}} + C_s \quad (4)$$

$$C_s = 0,005 * S * C_{\text{ЭКВ}} \quad (5)$$

где S – толщина металла

$$C_s = 0,005 * 10 * 0,40 = 0,02$$

$$C = 0,40 + 0,02 = 0,42$$

$$T = 350 * \sqrt{0,42 - 0,25} \text{°C} = 350 * 0,42 = 147 \text{°C}$$

Дополнительный подогрев при сварке стали 16ГС равен 147°С

Определение структуры высоколегированной стали осуществляется по диаграмме Шеффлера. Для этого первоначально для стали рассчитывается эквивалентные значения хрома и никеля:

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						16
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

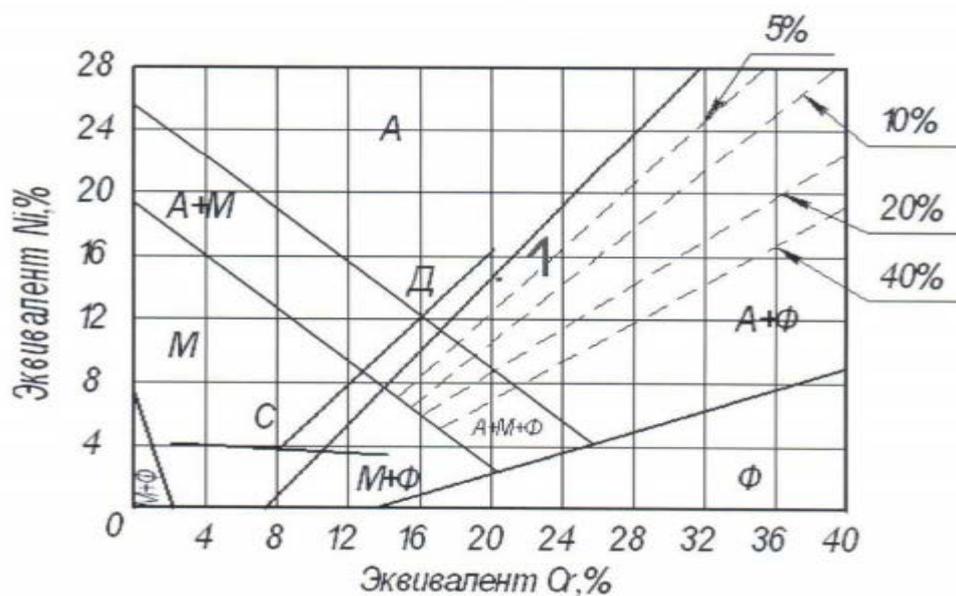
По значениям ЭквCr и ЭквNi на диаграмме Шеффлера наносится точка, соответствующая аустенитной структуре стали – т.1 (рисунок 2).

$$\text{ЭквCr} = \%Cr + \%Mo + 2 \cdot \%Ti + 2 \cdot \%Al + \%Nb + 1,5 \cdot \%Si + \%V \quad (6)$$

$$\text{ЭквCr} = 18 + 2 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,8 = 20,8\%$$

$$\text{ЭквNi} = \%Ni + 30 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn \quad (7)$$

$$\text{ЭквNi} = 10 + 30 \cdot 0,12 + 0,5 \cdot 2,0 = 14,6\%$$



Точка 1 структура стали 08X18H10T

Рисунок 2 – Диаграмма Шеффлера

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.3 Технология сварки сталей

1.3.1 Теория технологии сварки низколегированных металлов[5],[6]

В промышленности при производстве сварных конструкций широко используют низкоуглеродистые низколегированные стали. Суммарное содержание легирующих элементов в этих сталях не превышает 4,0% (не считая углерода), а углерода 0,25%.

В зависимости от вводимых в сталь легирующих элементов низколегированные стали разделяют на марганцовистые, кремнемарганцовистые, хромокремненикелемедистые и т. д. Наличие марганца в сталях повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. По сравнению с другими низколегированными сталями марганцовистые стали позволяют получать сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках. Введение в низколегированные стали небольшого количества меди (0,3—0,4%) повышает стойкость стали против коррозии (атмосферной и в морской воде). Для изготовления сварных конструкций низколегированные стали используют в горячекатаном состоянии. Термическая обработка улучшает механические свойства стали, которые, однако, зависят от толщины проката. Особенно важно, что при этом может быть достигнуто значительное снижение температуры порога хладноломкости. Поэтому некоторые марки низколегированных сталей для производства сварных конструкций используют после упрочняющей термической обработки.

Электроды для сварки низколегированных сталей ручной дуговой сваркой имеют низководородное фтористо-кальциевое покрытие. Широко применяют электроды типа Э70 по ГОСТ 9467-75. Сварку выполняют

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

постоянным током при обратной полярности. Металл, наплавленный электродами, должен соответствовать следующему химическому составу, %: С до 0,10 ; Mn 0,8...1,2 ; Si 0,2...0,4 ; Cr 0,6...1,0 ; Mo 0,2...0,4 ; Ni 1,3...1,8 ; S до 0,03 ; P до 0,03. Сварочный ток выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода, при этом учитывают положение шва в пространстве, вид соединения и толщину свариваемого металла. Сварку технологических участков нужно производить без перерывов, не допуская охлаждения сварного соединения ниже температуры предварительного подогрева и нагрева его перед выполнением следующего прохода выше 200С°.

Особенности сварки низколегированных сталей под флюсом заключаются в её проведении на постоянном токе обратной полярности. Сила тока при этом не должна превышать 800 А, напряжение дуги — не более 40 В, скорость сварки изменяют в пределах 13...30 м/ч. Одностороннюю однопроходную сварку применяют для соединений толщиной до 8 мм и выполняют на остающейся стальной подкладке или флюсовой подушке. Максимальная толщина соединений без разделки кромок, свариваемых двусторонними швами, не должна превышать 20 мм.

Если сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей осуществляется в защитном газе, то в качестве электрода применяют проволоку марок Св-08Г2С, Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2Г2СМЮ (ГОСТ 2246-70) или порошковую проволоку. При сварочных работах в смесях на основе аргона используют проволоку марки Св-08ХН2ГМЮ, которая обеспечивает высокий уровень механических свойств и хладостойкость металлических швов при сварке сталей с прочностью до 700 МПа. Проволоки указанных марок рекомендуются и для сварки угловых швов с катетом свыше 15 мм. Для угловых швов с меньшим катетом в большинстве случаев используют проволоку марки Св-08Г2С.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.3.2 Особенности сварки высоколегированных сталей и сплавов[5],[6]

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями большинство высоколегированных сталей и сплавов обладают пониженным коэффициентом теплопроводности (до 2 раз при повышенных температурах) и увеличенным коэффициентом линейного расширения (до 1,5 раза).

Низкий коэффициент теплопроводности приводит при сварке к концентрации тепла и вследствие этого к увеличению проплавления металла изделия. Поэтому для получения заданной глубины проплавления следует снижать величину сварочного тока на 10 - 20%.

Поры при сварке высоколегированных сталей вызываются водородом поступающим в зону сварки из электродного покрытия, влажного защитного газа (аргона) и загрязненных кромок свариваемого металла. Для удаления водорода из покрытия электроды перед сваркой тщательно прокаливают; аргон, если он увлажнен, осушают в процессе сварки в осушителях; кромки стыков обезжиривают при помощи растворителя.

Пониженная теплопроводность и высокий коэффициент линейного расширения обуславливают усиленное коробление конструкций и узлов из высоколегированных сталей при проведении сварочных работ. Для борьбы с этим явлением необходимо уменьшить объем наплавленного металла и производить сварку с наименьшим тепловложением, что достигается применением сварки в среде защитных газов. Из других особенностей сварки высоколегированных сталей важным является усиленное выгорание легирующих элементов, например, при электродуговой сварке выгорает до 60—80% титана. Молибден и ниобий выгорают меньше, и поэтому их чаще применяют для легирования сварочных проволок. Уменьшения выгорания легирующих элементов добиваются, производя сварку короткой дугой или применяя ее в среде защитных газов.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.4 Анализ базовой технологии

В базовом варианте сварка корпуса водоводяного теплообменника производится, только механизированной сваркой, что сказывается на качестве сварного шва и времени изготовления сварной конструкции, предлагается заменить механизированную сварку на автоматическую, благодаря чему снизится время процесса сварки, повысится качество сварных швов, уменьшатся затраты на сварочные материалы, в остальном технологический процесс сборки и сварки корпуса остается без изменений.

В рамках выполнения дипломного проекта представлено решение поставленной задачи – снижением трудоемкости и увеличением производительности процесса.

Решение этой задачи реализовано переходом с ручной механизированной сварки в защитных газах, на автоматизированную сварку следующими методами:

- при выполнении стыкового продольного шва, использование установки для сварки продольных швов обечаек,
- при выполнении сварки обечайки с трубной доской, использование сварочной колонны, подвесной сварочной головки для сварки в среде защитных газов, роликовых вращателей.
- при выполнении сварки труб в трубные доски, использование орбитальной сварочной горелки.

Данные улучшения позволяют увеличить производительность процесса и снизить его трудоемкость, увеличить качество сварных швов соответственно снизится и себестоимость изготовления секции теплообменника.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.5 Выбор способа сварки

1.5.1 Электродуговая сварка[6,7]

Дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает в себя три этапа: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода на расстояние 3-6 мм и возникновение устойчивого дугового разряда.

Короткое замыкание выполняется для разогрева торца электрода и заготовки в зоне контакта с электродом. После отвода электрода с его разогретого торца (катода) под действием электрического поля начинается термоэлектронная эмиссия электронов. Столкновение быстро движущихся по направлению к аноду электронов с молекулами газов и паров металла приводит к их ионизации. По мере разогрева столбца дуги и повышение кинетической энергии атомов и молекул происходит дополнительная ионизация за счет их соударения. Отдельные атомы также ионизируются в результате поглощения энергии, выделяемой при соударении других частиц. В результате дуговой промежуток становится электропроводным и через него начинается разряд электричества. Процесс зажигания дуги заканчивается возникновением устойчивого дугового разряда. Источником теплоты при дуговой сварке служит электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой. В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие способы дуговой сварки:

а) Сварка неплавящимся (графитным или вольфрамовым) электродом,

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

дугой прямого действия, при которой соединение выполняется путем расплавления только основного металла, либо с применением присадочного металла.

б) Сварка плавящимся (металлическим) электродом, дугой прямого действия, с одновременным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом

в) Сварка косвенной дугой, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами. При этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги.

г) Сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между электродами, а также между каждым электродом и основным металлом.

Питание дуги осуществляется постоянным или переменным током. При применении постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярностях. В первом случае электрод подключают к отрицательному полюсу (катод), во втором – к положительному (анод).

Недостатки ручной дуговой сварки

- большой срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков (1-2 года),
- зависимость качества сварки от сварщика,
- наличие шлака с обратной стороны шва при односторонней сварке замыкающих швов для некоторых конструкций, в которых внутренняя поверхность покрывается защитными неорганическими покрытиями.

1.5.2 Автоматическая дуговая сварка под флюсом[8],[9]

Для автоматической дуговой сварки под флюсом используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха. Подача и перемещение электродной проволоки

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

механизированы. Автоматизированы процессы зажигания дуги и заварки кратера в конце шва.

В процессе автоматической сварки под флюсом дуга горит между проволокой и основным металлом. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла со всех сторон плотно закрыты слоем флюса толщиной 30 – 35 мм. Часть флюса расплавляется, в результате чего вокруг дуги образуется газовая полость, а на поверхности расплавленного металла – ванна жидкого шлака. Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла. Действие мощной дуги и весьма быстрое движение электрода вдоль заготовки обуславливают оттеснение расплавленного металла в сторону, противоположную направлению сварки. По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва, покрытого твердой шлаковой коркой. Проволоку подают в дугу и перемещают ее вдоль шва с помощью механизмов подачи и перемещения. Ток к электроду поступает через токопровод. Дуговую сварку под флюсом выполняют сварочными автоматами, сварочными головками или самоходными тракторами, перемещающимися непосредственно по изделию. Автоматическую сварку широко применяют при изготовлении котлов, резервуаров для хранения жидкостей и газов, корпусов судов, мостовых балок и других изделий.

Достоинства сварки под флюсом:

- во время соединения деталей практически отсутствует эффект разбрызгивания металла;
- потери электродного металла сводятся к минимальному количеству;
- высокий уровень производительности;
- защита зоны сваривания отлично защищена от внешних негативных факторов;
- металл охлаждается с низкой скоростью, что способствует получению

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

высоких показателей механических свойств получаемого шва;

- не нужно использовать дополнительные приспособления, которые защищают от светового излучения, так как горение дуги происходит под слоем флюса;

- варочная ванна становится практически не чувствительной к воздействию оксидов.

Недостатки сварки под флюсом

- вредное воздействие газов, под влияние которых попадает оператор автоматической машины;

- расплавленный флюс и металл обладают повышенной жидкотекучестью;

- флюс обладает высокой ценой, что повышает себестоимость создания шва;

- очень трудно скорректировать положение дуги относительно кромок основного металла;

- у аппарата есть ограниченные возможности, так что не все из них могут выполнять сварку во всех пространственных положениях;

- место сварки располагается под толстым слоем флюса, что не позволяет его разглядеть при обыкновенном обозрении результатов без специальных приборов;

- здесь нужно особое внимание уделить сборке кромок под сварку, так как если делается увеличенный зазор, то расплавленный металл может вытечь между кромками, что приведет к образованию дефектов.

1.5.3 Сварка плавящимся и неплавящимся электродом в защитных газах[10],[11]

Сварка плавящимся и неплавящимся электродом в инертных газах

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

является методом дуговой сварки плавлением, который используется в основном для сварки алюминия, магния и их сплавов, нержавеющей стали, никеля, меди, бронзы, титана, циркония и других неферромагнитных металлов. Техника сварки похожа на газовую (автогенную) сварку, следовательно, требует высококвалифицированного сварщика. Применением данного технологического процесса можно получить сварные швы высокого качества. Однако показатели производительности при использовании этого метода — для ручной сварки, оказываются весьма низкими и не могут соперничать со сваркой плавящимся электродом в атмосфере защитного газа, особенно с применением сварочных полуавтоматов / роботов.

Способ характеризуется двумя аспектами. Первый заключается в использовании неплавящихся вольфрамовых электродов, изготавливаемыми из чистого вольфрама или же вольфрам добавляют в выбранный сплав. Во-вторых, использование инертных газов, которые защищают как сварочную ванну, так и собственно электрод. В некоторых случаях, кроме аргона или гелия используется водород или азот.

При сварке неплавящимся электродом в защитном газе в зону дуги, горячей между неплавящимся электродом и изделием через сопло подаётся защитный газ, защищающий неплавящийся электрод и расплавленный основной металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

Неплавящийся электрод изготавливают из графита, вольфрама, меди, меди со вставкой из тугоплавкого металла - вольфрама, циркония, гафния.

Защитный газ должен быть инертен к металлу электрода и к свариваемому металлу. В качестве защитного газа при сварке вольфрамовым электродом применяют аргон, гелий, смесь аргона и гелия; для сварки меди медным электродом или медным электродом со вставкой из гафния

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

(циркония) можно применить азот.

К преимуществам можно отнести:

- минимальные деформации в свариваемых металлах из-за маленькой зоны прогрева;
- высокое качество соединения, за счет защиты сварочной ванны аргоном, который вытесняет кислород;
- скорость выполнения работ;
- низкий порог вхождения, что позволяет быстро осваивать эту технику;
- не требует трудозатрат на пост обработку шва;
- более широкий спектр свариваемых материалов по сравнению с ММА;

Недостатки:

- сложность работы на улице во время ветренной погоды. Ветер выдувает защитный газ из зоны сварки, бороться с этим можно используя заграждения либо увеличивая подачу газа, что приведет к его увеличенному расходу;
- требуется более качественная подготовка металлов перед сваркой в сравнении ММА;
- конструкция горелки делает не очень удобным сваривание деталей под острым углом;
- после розжига вне зоны сварки остается след, который необходимо зачищать.

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						27
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

1.6 Выбор сварочных материалов

1.6.1 Электродная проволока[12],[13]

Правильный выбор марки электродной проволоки для сварки – один из главных элементов разработки технологии автоматизированной сварки под флюсом. Химический состав электродной проволоки определяет химический состав свариваемой стали, и требования предъявляемые к составу металла шва и его механическим свойствам.

При автоматизированной сварке в среде защитных газов стали 16ГС используют проволоку, выпускаемую промышленностью по ГОСТ 2246 – 70, Св-08Г2С, химический состав проволоки приведен в таблице 7.

Таблица 7 - Химический состав Св-08Г2С,(ГОСТ 2246 – 70), %[13]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0.05 – 0.11	0.7 - 0.95	1.8 – 2.1	до 0,25	до 0,025	до 0,03	до 0,2	до 0,01

При автоматизированной сварке в среде защитных газов стали 08Х18Н10Т используют проволоку, выпускаемую промышленностью по ГОСТ 2246 – 70. Согласно данным для сварки этой стали примем сварочную проволоку Св-08Х25Н13БТЮ, химический состав приведен в таблице 8.

Таблица 8 - Химический состав стальной сварочной проволоки Св-08Х25Н13БТЮ (ГОСТ2246-70), %[13]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Nb	Al
до 0,1	0,6 - 1	до 0,55	12 - 14	до 0,02	до 0,03	24 - 26	1 – 1,4	0.7 – 1.1	0,4 – 0,9

1.6.2 Защитный газ[14,15]

В связи с постоянно возрастающими требованиями к качеству сварных соединений, проблема выбора защитного газа для сварочных процессов становится все более и более актуальной. Выбор защитного газа также важен для достижения наилучшего результата, как и выбор присадочного материала, оборудования и квалификации сварщика. Правильный выбор защитного газа во многом определяет, как механические свойства, так и внешний вид сварного соединения, а также наличие брызг и шлака при сварке. В качестве защитных газов при сварке плавлением применяют инертные газы, активные газы и их смеси.

Чистые газы, используемые для сварки, это аргон, гелий, и углекислый газ. Эти газы могут иметь как положительное, так и негативное воздействие на дуговой процесс сварки и появление дефектов в сварочном шве.

Аргон 100% обычно используется для аргонодуговой TIG сварки для всех материалов и MIG сварки цветных металлов. Аргон химически инертен, что делает его пригодным для сварки химически активных и тугоплавких металлов.

Этот газ имеет низкую теплопроводность и потенциал ионизации, что приводит к низкой передаче тепла на внешнюю область сварочной дуги. В результате формируется узкий столб дуги, который в свою очередь, создает традиционный для сварки в чистом аргоне профиль сварочного шва: глубокий и относительно узкий.

Для проведения большинства электросварочных работ на сегодняшний день требуется применение сварочной смеси, цена которой лишь немного превышает традиционную среду защитных газов. Наилучшей считается сварочная смесь в баллонах, на основе аргона. Использование сварочных смесей на основе аргона вместо традиционной углекислоты, позволит

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						29
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

существенно повысить качество сварки без модернизации оборудования и изменения технологий.

Газовая смесь – К 18

Газовая смесь К-18 обеспечивает сварку металлоконструкций с хорошим проплавлением и плавку боковых стенок сварных швов, особенно при сваривании толстых металлов, химический состав указан в таблице 9. Это уменьшает количество дефектов в зоне сварного шва, сокращая количество бракованных деталей.

Высокий уровень содержания диоксида углерода способствует очищению поверхности материала от нефти, ржавчины или влаги, снижая при этом как необходимость очистки металла перед сваркой, так и уровень производственных затрат.

Таблица 9 – Химический состав газовой смеси К – 18[15]

Газовая смесь	Ar %	CO ₂ %
К - 18	82	18

1.7 Расчет параметров режимов сварки[4],[16]

При выборе соединения руководствуемся такими требованиями, как полное проплавление металла, исключения прожога при проходе первого шва, при проходе второго шва частичным проплавлением первого прохода и проплавлением разделки кромок.

Параметры режима дуговой сварки в среде защитных газов плавящимся электродом;

- диаметр электродной проволоки $d_{эл}$;
- сварочный ток I_C ;
- скорость сварки V_C ;
- плотность тока J ;
- напряжение на сварочной дуге U_δ ;
- вылет электродной проволоки $l_э$;
- скорость подачи электродной проволоки $V_{эл}$;
- расход защитного газа $q_{з.г}$.

1.7.1 Расчет стыкового сварного соединения по ГОСТу 14771–76 С8 для сварки продольного шва обечайки

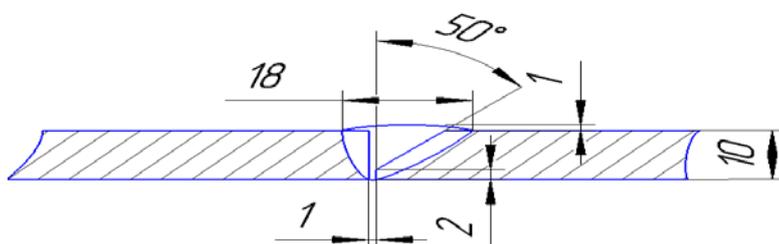


Рисунок 3 - Эскиз стыковое сварное соединение ГОСТ 14771–76 С8 для сварки продольного стыка обечайки

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Сварку выполняем автоматом в среде защитных газов на постоянном токе обратной полярности.

Рассчитаем площадь наплавленного металла по формуле 8:

$$F_n = S \cdot b + 0,5(S - c)^2 \cdot \operatorname{tga} + 0,75 \cdot e \cdot g \quad (8)$$
$$F_n = 10 \cdot 1 + 0,5(10 - 2)^2 \cdot 1,1918 + 0,75 \cdot 18 \cdot 1 = 62 \text{ мм}^2$$

где: F_n - площадь наплавленного металла, мм^2 ;

S- толщина металла, 10 мм;

b- зазор, 1 мм;

c - притупление разделки кромок, 2 мм;

tga - угол разделки кромки, $50^\circ = 1,19$;

e - катет шва, 18 мм;

g - усиление шва, 1 мм.

Поскольку для данного сварного соединения существует возможность прожога при автоматической сварке из-за отсутствия подкладных пластин или предварительно – выполненного подварочного шва, предлагается выполнить сварку в два прохода, приняв для расчёта площадь сечения(F_1) каждого прохода 31 мм^2 .

Расчёт диаметра электродной проволоки

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла соответствующего прохода по формуле 9:

$$d_{э.п} = K_d \cdot F_n^{0,625} \quad (9)$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации из таблицы 10.

Таблица 10 - Значение коэффициента K_d

Положение шва	Сварка	
	автоматическая	механизированная
«Лодочка», нижнее	0,149...0,409	0,149...0,409

$$d_{э.п.} = 0,149 \cdot 31^{0,625} = 0,149 \cdot 8,55 = 1,27 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 0,409 \cdot 31^{0,625} = 0,409 \cdot 8,55 = 3,49 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 1,27 \div 3,49 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{э.п.} = 1,6 \text{ мм}$.

Определение исходной глубины проплавления.

Для выполнения расчёта параметров режима сварки необходимо схему соединения с разделкой кромок привести к схеме сварки без разделки кромок с нулевым зазором. Приведения из условия, что общая высота сварного шва для соединений с разной разделкой остается одной и той же величиной при одинаковых параметрах режимов сварки. [1]

Рассчитаем приведённое значение глубины проплавления h'_p приняв площадь сечения $F_n = 31 \text{ мм}^2$ по формуле 10:

$$h'_p = (f' + c) - q \quad (10)$$

$$f' = \sqrt{\frac{2 \cdot F_1}{\tan \alpha}} \quad (11)$$

$$f' = \sqrt{\frac{2 \cdot 31}{\tan 50}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 31}{1,19}} = 7,21 \text{ мм}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

При $f' = 7.21$ мм, $e = 8,63$ мм

Рассчитаем величину выпуклости наплавленного валика из схемы приведения к стандартному расчёту по формуле 12:

$$q = \frac{F_H}{0,75 \cdot e} \quad (12)$$

$$q = \frac{31}{0,75 \cdot 8,63} = 4,79 \text{ мм}$$

$$h'_p = (7,21 + 2) - 4,79 = 4,42 \text{ мм}$$

Рассчитаем действительную глубину проплавления с учетом зазора по формуле 13:

$$h_p = 0,7 * h'_p - 0,5 * c \quad (13)$$

$$h_p = 0,7 * 4,42 - 0,5 * 1 = 2,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем сварочный ток по формуле 14:

$$I_{св} = \frac{h_p}{K_h} \cdot 100 \quad (14)$$

$$I_{св} = \frac{2,6}{1,75} \cdot 100 = 148 \text{ А}$$

где K_h – коэффициент пропорциональности [4]

$$K_h = 1,75$$

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле 15:

$$l_3 = 10d_{э.п} \pm 2d_{э.п} \quad (15)$$

$$l_3 = 10 * 1,6 \pm 2 * 1,6 = 16 \pm 3,2 = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм}$$

Вылет электродной проволоки примем 13 мм.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Рассчитаем коэффициент расплавления:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot I_{CB} \cdot d^{(-1,505)} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \alpha_p &= 6,8 + 0,0702 \cdot 148 \cdot 1,6^{(-1,505)} = 6,8 + 0,0702 \cdot 148 \cdot 0,49 = \\ &= 11,89 \text{ Г}/(\text{А} \cdot \text{ч}) \end{aligned}$$

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_H = \frac{\alpha_p \cdot (100 - \psi_{пр})}{100}, \text{ Г}/\text{А} \cdot \text{ч} \quad (17)$$

где ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. При сварке в среде защитных газов $\psi = 0,1 \div 0,15$

$$\alpha_H = \frac{11,89 \cdot (100 - 0,1)}{100} = 11,77 \text{ Г}/\text{А} \cdot \text{ч}$$

Рассчитаем скорость сварки V_{CB} :

$$\begin{aligned} V_{CB} &= \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \rho \cdot F_H} \quad (18) \\ V_{CB} &= \frac{11,77 \cdot 148}{3600 \cdot 7,82 \cdot 0,31} = \frac{1742}{8727} = 0,19 \text{ см}/\text{с} = 7,18 \text{ м}/\text{ч} \end{aligned}$$

Принимаем $V_{CB} = 8 \text{ м}/\text{ч}$

Рассчитаем напряжение на дуге U_d по формуле 19:

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (19)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 148 = 21,4 \text{ В}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Примем напряжение на дуге $U_d = 22$ В

Рассчитаем погонную энергию по формуле 20:

$$q_n = \frac{I_{CB} * U_d * \eta_э}{V_{CB}} ; \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2} \quad (20)$$

где $\eta_э$ —эффективный КПД нагрева изделия дугой, $\eta_э=0,70$;

$$q_n = \frac{148 * 22 * 0,7}{0,19} = 11995 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Рассчитаем плотность тока j по формуле 21:

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_3^2}, \text{ А/мм}^2 \quad (21)$$

$$j = \frac{4 * 148}{3,14 * 1,6^2} = \frac{1008}{8,03} = 73,72 \text{ А/мм}^2$$

Коэффициент формы проплавления по формуле 22:

$$\Psi_{пр} = K' * (19 - 0,01 * I_{CB}) * \frac{d_{эп} * U_d}{I_{CB}} \quad (22)$$

где K' - коэффициент, при плотностях тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ и сварке на постоянном токе обратной полярности рассчитывается по формуле 23:

$$K' = 0,367 * j^{0.1925} \quad (23)$$

$$K' = 0,367 * 2.29 = 0.84$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\begin{aligned}\Psi_{\text{пр}} &= 0,84 * (19 - 0,01 * 148) * \frac{1,6 * 22}{148} = \\ &= 0,84 * 17,52 * 0,23 = 3,5\end{aligned}$$

Проверим глубину проплавления h по формуле 24:

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\varphi_{\text{пр}}}} \quad (24)$$

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{11995}{3,5}} = 4,74 \text{ мм}$$

Глубина проплавления превышает расчетную глубину проплавления необходимо провести корректировку расчетов.

Найдем погонную энергию для расчетной глубины проплавления 2,6мм по формуле 24:

$$q_{\text{п}} = \left(\frac{2,6}{0,081}\right)^2 * 3,5 = 3606 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Рассчитаем скорость сварки по формуле 18:

$$V_{\text{св}} = \frac{148 * 22 * 0,7}{3606} = 0,63 \text{ см/с} = 22,68 \text{ м/ч}$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле 25:

$$V_{\text{э.п}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{э.п}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \frac{I_{\text{св}}^2}{d_{\text{э.п}}^3} \quad (25)$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$V_{\text{э.п.}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{148}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{148^2}{1,6^3} = 0,53 * 57,81 + 0,000694 * 5347 =$$

$$= 34,33 \text{ мм/с} = 123 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем расход защитного газа по формуле 26 :

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * I_{\text{св}}^{0,75} \quad (26)$$

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * 148^{0,75} = 0,2 * 42,43 = 8,49 \text{ л/мин.}$$

Расчет режимов сварки для второго прохода стыкового соединения:

Примем силу сварочного тока 420 А, т. к. предполагаемый к использованию источник питания ALPHA Q 551 обеспечивает данное значение сварочного тока при ПВ 100%.

Диаметр электродной проволоки и вылет электродной проволоки принимаем как и для первого прохода: $d_{\text{э.п.}} = 1,6 \text{ мм}$, $l_{\text{э.п.}} = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм}$

Коэффициент расплавления рассчитываем по формуле 16:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 420 * 1,6^{(-1,505)} = 6,8 + 0,0702 * 420 * 0,49$$

$$= 21,24 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$$

Коэффициент наплавки рассчитываем по формуле 17:

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{21,24 * (100 - 0,1)}{100} = 21,03 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Скорость сварки рассчитываем по формуле 18:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$V_{CB} = \frac{21,03 * 420}{3600 * 7,82 * 0,31} = \frac{8832}{8727} = 1,01 \text{ см/с} = 36,43 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{CB}=37 \text{ м/ч}$

Напряжение на дуге рассчитываем по формуле 19:

$$U_d = 14 + 0,05 * 420 = 35 \text{ В}$$

Погонную энергию рассчитываем по формуле 20:

$$q_n = \frac{420 * 35 * 0,7}{1,01} = 10188 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Плотность тока рассчитываем по формуле 21:

$$j = \frac{4 * 420}{3,14 * 1,6^2} = \frac{1680}{8,03} = 209 \text{ А/мм}^2$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле 25:

$$\begin{aligned} V_{\text{э.п.}}^{(+)} &= 0,53 * \frac{420}{1,6^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{420^2}{1,6^3} = 0,53 * 164 + 0,000694 * 43066 \\ &= 116 \text{ мм/с} = 420 \text{ м/ч} \end{aligned}$$

Рассчитываем расход защитного газа по формуле 26:

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * 420^{0,75} = 0,2 * 92,77 = 18,55 \text{ л/мин.}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Рассчитанные режимы сварки для первого и второго прохода стыкового соединения заносим в таблицу 11.

Таблица 11 – Режимы для автоматической по ГОСТ14771- 76 С8

Кол-во проходов	$F_n, \text{мм}^2$	$d_{э.п}, \text{мм}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$V_{э.п}, \text{м/ч}$	$I_{св}, \text{А}$	$U_d, \text{В}$	$l_{э.п}, \text{мм}$	$Q_{з.г.}, \text{л/мин}$
Первого	31	1,6	23	123	148	22	16± 3,2	8,49
Второго	31	1,6	37	420	420	35	16± 3,2	18,55

1.7.2 Расчет режимов автоматической сварки таврового сварного соединения по ГОСТ 14771–76 Т6 для сварки кольцевого шва обечайки с трубной доской

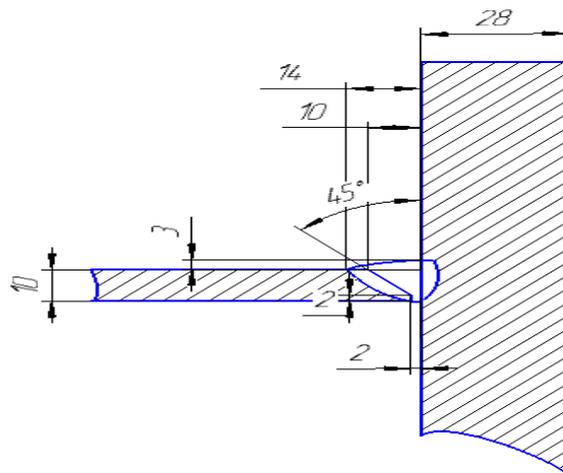


Рисунок 4 - Эскиз сварного соединения по ГОСТ 14771–76 Т6

Рассчитаем площадь наплавленного металла по формуле 27:

$$F_n = S * b + 0,5(S - c)^2 * \text{tg } a + 0,75 * e * q \quad (27)$$

$$F_n = 10 * 2 + 0,5 * (10 - 2)^2 * 1 + 0,75 * 14 * 3 = 20 + 32 + 32 = 74 \text{ мм}^2$$

Поскольку для данного сварного соединения существует возможность

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

прожога при автоматической сварке из-за отсутствия подкладных пластин или предварительно – выполненного подварочного шва, предлагается выполнить сварку в два прохода, приняв для расчёта площадь сечения(F_1) каждого прохода 30 мм^2 .

Рассчитаем приведённое значение глубины проплавления для первого прохода h'_p по формуле 10:

$$h'_p = (7,7 + 2) - 5,3 = 4,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем действительную глубину проплавления с учетом зазора по формуле 13 :

$$h_p = 0,7 * 4,4 - 0,5 * 2 = 2,08 \text{ мм}$$

Рассчитаем диаметр электродной проволоки по формуле 9:

$$d_{э.п.} = 0,149 \cdot 30^{0,625} = 0,149 \cdot 8,4 = 1,2 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 0,409 \cdot 30^{0,625} = 0,409 \cdot 8,4 = 3,4 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 1,2 \div 3,4 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{э.п.} = 1,6 \text{ мм}$.

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле 15:

$$l_3 = 10 * 1,6 \pm 2 * 1,6 = 16 \pm 3,2 = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм}$$

Рассчитаем сварочный ток по формуле 14:

$$I_{св} = \frac{2,08}{1,75} \cdot 100 = 118 \text{ А}$$

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

Коэффициент расплавления рассчитываем по формуле 16:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 118 * 1,6^{(-1,505)} = 6,8 + 0,0702 * 118 * 0,49 = \\ = 10,85 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$$

Коэффициент наплавки рассчитываем по формуле 17:

$$\alpha_H = \frac{10,85 * (100 - 0,1)}{100} = 10,75 \text{ г}/\text{А} \cdot \text{ч}$$

Скорость сварки рассчитываем по формуле 18:

$$V_{\text{св}} = \frac{10,75 * 118}{3600 * 7,82 * 0,3} = \frac{1268}{8445} = 0,15 \text{ см}/\text{с} = 5,4 \text{ м}/\text{ч}$$

Принимаем $V_{\text{св}} = 6 \text{ м}/\text{ч}$

Напряжение на дуге рассчитываем по формуле 19:

$$U_d = 14 + 0,05 * 118 = 19,2$$

Погонную энергию рассчитываем по формуле 20:

$$q_n = \frac{118 * 19 * 0,7}{0,15} = 10462 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Плотность тока рассчитываем по формуле 21:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$j = \frac{4 * 118}{3,14 * 1,2^2} = \frac{836}{4,52} = 184 \text{ A/мм}^2$$

Коэффициент формы проплавления по формуле 22:

$$\begin{aligned} \Psi_{\text{пр}} &= 0,8 * (19 - 0,01 * 118) * \frac{1,6 * 20}{118} = \\ &= 0,8 * 17,82 * 0,27 = 3,84 \end{aligned}$$

Коэффициентзависящий от плотности тока по формуле (23):

$$K' = 0,367 * 2,19 = 0,8$$

Проверим глубину проплавления h_p по формуле 24:

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{10462}{3,84}} = 4,22 \text{ мм}$$

Глубина проплавления превышает расчетную глубину проплавления необходимо провести корректировку расчетов и увеличить скорость сварки.

Найдем погонную энергию для расчетной глубины проплавления 2,08 мм по формуле 24.

$$q_{\text{п}} = \left(\frac{2,08}{0,081} \right)^2 * 3,84 = 2532 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Рассчитаем скорость сварки по формуле 20.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$V_{\text{св}} = \frac{118 \cdot 19 \cdot 0,7}{2532} = 0,61 \text{ см/с} = 22 \text{ м/ч}$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле 25:

$$V_{\text{э.п.}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{118}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{118^2}{1,6^3} = 0,53 \cdot 46,09 + 0,000694 \cdot 3399 \\ = 26,77 \text{ мм/с} = 97 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем расход защитного газа по формуле 26:

$$q_{\text{зг}} = 0,2 \cdot 118^{0,75} = 0,2 \cdot 35,8 = 7,16 \text{ л/мин.}$$

Рассчитаем режимы сварки для второго прохода таврового соединения

Примем силу сварочного тока 420А, т. к. предполагаемый к использованию источник питания ALPHA Q 551 обеспечивает данное значение сварочного тока при ПВ 100%.

Диаметр электродной проволоки и вылет электродной проволоки принимаем как и для первого прохода: $d_{\text{э.п.}} = 1,6 \text{ мм}$, $l_{\text{э.п.}} = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм}$

Коэффициент расплавления рассчитываем по формуле 16:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot 420 \cdot 1,6^{(-1,505)} = 6,8 + 0,0702 \cdot 420 \cdot 0,49 = \\ = 21,24 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$$

Коэффициент наплавки рассчитываем по формуле 17:

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{21,24 \cdot (100 - 0,1)}{100} = 21,03 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Скорость сварки рассчитываем по формуле 18:

$$V_{\text{св}} = \frac{21,03 * 420}{3600 * 7,82 * 0,44} = \frac{8832}{12386} = 0,71 \text{ см/с} = 25,67 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{\text{св}}=26 \text{ м/ч}$

Напряжение на дуге рассчитываем по формуле 19:

$$U_{\text{д}} = 14 + 0,05 * 420 = 35 \text{ В}$$

Погонную энергию рассчитываем по формуле 20:

$$q_{\text{n}} = \frac{420 * 35 * 0,7}{0,71} = 10290 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Плотность тока рассчитываем по формуле 21:

$$j = \frac{4 * 420}{3,14 * 1,6^2} = \frac{1680}{8,03} = 209 \text{ А/мм}^2$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле 25:

$$\begin{aligned} V_{\text{э.п.}}^{(+)} &= 0,53 * \frac{420}{1,6^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{420^2}{1,6^3} = 0,53 * 164 + 0,000694 * 43066 \\ &= 116 \text{ мм/с} = 420 \text{ м/ч} \end{aligned}$$

Рассчитываем расход защитного газа по формуле 26:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$q_{зг} = 0,2 * 420^{0,75} = 0,2 * 92,77 = 18,55 \text{ л/мин.}$$

Расчитанные режимы для сварки таврового соединения заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Режимы для автоматической по ГОСТ14771- 76 Т6

Кол-во проходов	$F_H, \text{мм}^2$	$d_{э.п.}, \text{мм.}$	$V_{св.}, \text{м/ч}$	$V_{э.п.}, \text{м/ч}$	$I_{св.}, \text{А}$	$U_d, \text{В}$	$l_{э.п.}, \text{мм}$	$Q_{з.г.}, \text{л/мин}$
Первого	30	1,6	22	97	118	20	16± 3,2	7,16
Второго	30	1,6	26	420	420	35	16± 3,2	18,55

1.7.3 Расчет стыкового сварного соединения труба трубная решетка

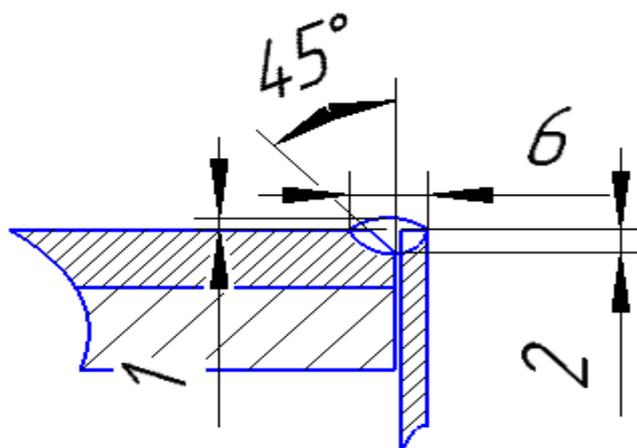


Рисунок 6 - Эскиз нестандартного стыкового сварного соединения труб с трубной решеткой

Расчитаем площадь наплавленного металла приняв за расчетную толщину металла толщину стенки трубки 2мм, расчет ведем по формуле 8:

$$F_H = S * b + 0,5(S - c)^2 * \text{tg } a + 0,75 * e * g \quad (8)$$

$$F_H = 2 * 0,5 + 0,5 (2 - 0)^2 * 1 + 0,75 * 6 * 1 = 7,5$$

Расчёт диаметра электродной проволоки по формуле 9:

$$d_{э.п.} = 0.149 * 7,5^{0,625} = 0,149 * 3,5 = 0,52 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 0,409 * 3,08^{0,625} = 0,409 * 3,5 = 1,4 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = 0,29 \div 0,82 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{э.п.} = 1 \text{ мм}$

Расчёт расчетной глубины проплавления по формуле 10

$$h_p = (3,87 + 0,5) - 2,58 = 1,79 \text{ мм}$$

Рассчитаем сварочный ток по формуле 14:

$$I_{св} = \frac{1,79}{2,3} \cdot 100 = 77 \text{ А}$$

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле 15:

$$l_3 = 10 * 1 \pm 2 * 1 = 10 \pm 2 = 8...12 \text{ мм}$$

Рассчитаем коэффициент расплавления по формуле 16:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 77 * 1^{(-1,505)} = 6,8 + 0,0702 * 77 * 1 = 12,20 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$$

Коэффициент наплавки по формуле 17:

$$\alpha_H = \frac{12,20 * (100 - 0,1)}{100} = 12,08 \text{ г}/\text{А} \cdot \text{ч}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Рассчитаем скорость сварки по формуле 18:

$$V_{\text{св}} = \frac{12,08 * 77}{3600 * 7,9 * 0,075} = \frac{930}{2133} = 0,43 \text{ см/с} = 15,69 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{\text{св}}=16 \text{ м/ч}$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле 19:

$$U_{\text{д}} = 14 + 0,05 * 77 = 18 \text{ В}$$

Рассчитаем погонную энергию по формуле 20:

$$q_{\text{п}} = \frac{77 * 18 * 0,7}{0,43} = 2256 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$$

Рассчитаем плотность тока по формуле 21:

$$j = \frac{4 * 77}{3,14 * 1^2} = \frac{308}{3,14} = 98 \text{ А/мм}^2$$

Коэффициент формы проплавления по формуле 22:

$$\begin{aligned} \Psi_{\text{пр}} &= 0,88 * (19 - 0,01 * 77) * \frac{1 * 18}{77} = \\ &= 0,88 * 18,23 * 0,23 = 3,69 \end{aligned}$$

*Рассчитаем K' - коэффициент зависящий от
плотности рассчитывается по формуле 23:*

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$K' = 0,367 * 98^{0,1925} = 0,367 * 2,4 = 0,88$$

Проверим глубину проплавления по формуле 24:

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{11995}{3,69}} = 2 \text{ мм}$$

Скорость подачи электродной проволоки по формуле 25:

$$V_{\text{э.п.}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{77}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{77^2}{1,6^3} = 0,53 * 30,06 + 0,000694 * 1447 = \\ = 16 \text{ мм/с} = 58 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем расход защитного газа по формуле 26:

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * 77^{0,75} = 0,2 * 26 = 5,2 \text{ л/мин.}$$

Таблица 13 – Режимы для автоматической сварки в смеси защитных газов по ГОСТ 14771 – 76

Кол-во проходов	$F_{\text{н}}, \text{мм}^2$	$d_{\text{э.п.}}, \text{мм}$	$V_{\text{св.}}, \text{м/ч}$	$V_{\text{э.п.}}, \text{м/ч}$	$I_{\text{св.}}, \text{А}$	$U_{\text{д.}}, \text{В}$	$l_{\text{э.п.}}, \text{мм}$	$q_{\text{з.г.}}, \text{л/мин}$
Первого	7,5	1	16	58	77	18	8±2	5,2

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.8 Выбор сварочного оборудования [16],[17]

Для автоматизации сварочного процесса необходимо выполнять условия:

- автоматическое перемещение электрической дуги (сварочной ванны) по сварочному шву,
- подача основного (сварочная проволока) и вспомогательного (защитный газ) сварочного материала в зону сварки,
- уменьшение трудоёмкости работ, повышение производительности труда, облегчение условий труда;
- повышение точности работ, улучшение качества продукции, сохранение заданной формы свариваемых изделий путём соответствующего закрепления их для уменьшения деформаций при сварке.

По результатам расчетов параметров режима автоматической сварки в среде защитных газов продольных швов выбираем: установку для сварки продольных швов обечаек, источник питания - ALPHA Q 551, сварочная автоматическая головка Мультитрак А2, для сварки кольцевых швов обечайки с трубной доской: сварочная колонна, автоматическая сварочная головка Мультитрак А2, источник питания - ALPHA Q 551, сварочный роликовый вращатель HGK-S1000, для вварки трубок в трубную доску орбитальная сварочная головка POINTEC 80

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						50
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

1.8.1 Установка для сварки продольного шва обечайки

Установка для сварки продольных швов стыковых соединений цилиндрических деталей. Использование приспособлений для сборки является обязательным, так как ими обеспечивается правильное расположение собираемых частей.

Применение приспособлений создает тщательность пригонки свариваемых деталей, а также равномерность накладываемых швов.

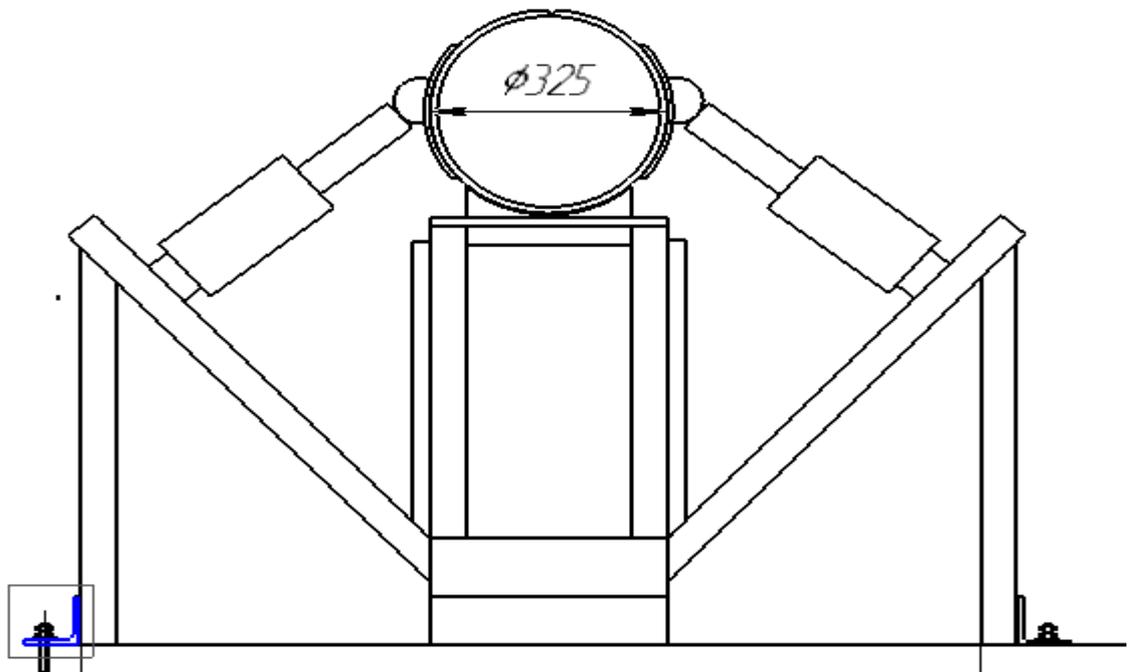


Рисунок 7 – Установка для сварки продольных швов

Таблица 14- Основные технические характеристики установки

Длина свариваемой заготовки	1000 – 2000 мм
Внутренний диаметр изделия	200-1000 мм
Масса свариваемой заготовки	До 500 кг
Зажим изделия пневматические зажимы	С помощью 2-х ножных педалей

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		51

1.8.2 Сварочная головка Мультитрак А2 (GMAW)

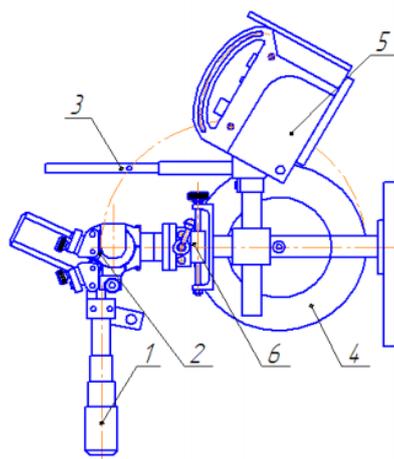
Сварочная головка Мультитрак А2 (GMAW) разработан для механизации иувеличения производительности сварки в защитном газе. Компоненты изготовлены из прочных материалов, что делает сварочную головку очень надежной при работе в тяжелых производственных условиях. Удобные регулировки позволяют установить наконечник сварочной головки для сварки любого соединения.

Надежный блок подачи сварочной проволоки с обратной связью обеспечивает стабильную подачу проволоки даже при изменении нагрузки на привод.

Предварительная настройка и контроль сварочных параметров осуществляется на пульте управления. Цифровая система управления позволяет быстро настраивать сварочные параметры, заносить их в память машины (до 255 ячеек памяти). Параметры сварки выводятся ЖК-дисплей.

Сварочная головка может быть оснащена двумя типами горелок для сварки в защитном газе А2 GMAW и MTW 600. MTW 600 специально разработана для интенсивной высокопроизводительной сварки и имеет усиленную систему водяного охлаждения горелки.Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки, но и ее корпус. Все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги. Технические данные показаны в таблице 15

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						52
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		



1 – горелка, 2 – подающий механизм, 3 – промежуточный ролик подачи проволоки, 4- кассета с проволокой, 5 – блок управления, 6 – маховик регулирования положения горелки относительно шва.

Рисунок 8 - Сварочная головка Мультитрак А2 (GMAW)

Таблица 15 – Техническая характеристика сварочной головки Мультитрак А2

Характеристика	Величина
1	2
Максимальный сварочный ток при ПР 100% (в смеси газов/Ar), А	600
Максимальный сварочный ток при ПР 100% (в CO ₂), А	650
Напряжение питающей трехфазной сети, В	380
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2-2,4
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	2-25
Скорость сварки, м/мин	0,1-1,7
Угол наклона горелки поперек шва, град	±15
Масса, кг	25

1.8.3 Сварочный аппарат ALPHA Q 551

Сварочный аппарат ALPHA Q 551 принадлежит к моделям инновационных сварочных аппаратов нового поколения, разработанного на основе надёжной и испытанной инверторной технологии EWM. Область применения аппарата охватывает весь спектр производственных задач, обеспечивая высокое качество сварки многих материалов и сплавов.

Большой резерв мощности, достигаемый за счет высокой продолжительности включения, позволяет уменьшить тепловую нагрузку на все компоненты и увеличить срок службы аппарата. Плавная регулировка динамики сварочной дуги (дресселирование). Экономия электроэнергии благодаря высокому КПД и функции энергосбережения.



Рисунок9- Общий вид сварочного аппарата ALPHA Q 551

Таблица 16- Технические характеристики ALPHA Q 551

Технические характеристики	
Диапазон регулирования сварочного тока, А (MIG/MAG)	5-550
ПВ при температуре окружающей среды (MIG/MAG)(max)	40
Сила тока при ПВ 60%, А (MIG/MAG)(40°C)	550
Сила тока при ПВ 100%, А (MIG/MAG)(40°C)	420
Сетевое напряжение (допуски), В	400 (-25%; +20%)

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		54

1.8.4 Орбитальная сварочная головка POINTEC 80

Орбитальная сварочная головка POINTEC 80 позволяет варить трубы в трубную доску в горизонтальном или вертикальном положении. Фиксированное соединение кабеля с контроллером. Поворотные встроенное соединение позволяет сделать бесконечное число оборотов. Совместимость со всеми типами центрирующих картриджей и оправок позволяет использовать головку во всём диапазоне труб. Технические характеристики сварочной головки для варки труб в трубные доски POINTEC 80 приведены в таблице 17.



Рисунок 10 – Общий вид орбитальной сварочной головки POINTEC 80

Таблица 17 – Технические характеристики сварочной головки для варки труб в трубные доски POINTEC 80

Тип сварочного процесса	MIG/MAG
1	2
Положение сварки	Горизонтальное/ вертикальное
Ток сварки	Макс. 300А
Скорость подачи проволоки	2 - 15 м/мин
Наклон сварочной горелки	$\pm 30^\circ$
Длина сварочной головки	320 мм (без картриджа)

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Продолжение таблицы 17

Диаметр сварочной головки	169 мм
Мин. Ø свариваемой трубы	10 мм
Макс. Ø свариваемой трубы	80 мм (наклон сварочной горелки 15°)
Охлаждение	Жидкостное
Допустимая регулировка по оси сварки	+5 мм
Масса	7,6 кг
Соединительный кабель к источнику тока	L = 4 м. (3,5 кг)
Напряжение моторов	24 В

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						56
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

1.8.5 Программируемый источник тока для орбитальной сварки *Pipemaster 515*

Pipemaster 515 - источник питания который обеспечивает высокую точность, повторяемость, и надежность. Обеспечивает точность установленных режимов сварки, встроенный переключатель позволяет остановить сварку при сбое подачи газа в горелку, цифровые технологии навсегда устраняют необходимость в периодической калибровке сварочной головки – скорость вращения двигателей и выходные характеристики остаются точными и стабильными независимо от износа и условий эксплуатации, а также это дает возможность менять сварочные головки без траты времени на калибровку. Технические характеристики приведены в таблице 18.



Рисунок 11 – Общий вид программируемого источника тока для орбитальной сварки Pipemaster 515

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблица 18 – Технические характеристики Pipemaster 515

Контролируемые функции	Сварочный ток, вращение головки, скорость подачи электродной проволоки, управление напряжения на дуге
Диапазон регулирования тока	0 - 200
Емкость встроенной памяти	100 сварочных программ
Максимальное напряжение холостого хода	80 В
Масса	35 кг
Напряжение питающей сети	115 - 230

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						58
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

1.8.6 Сварочная колонна BCZQ 2x2

Сварочные колонны служат для перемещения и позиционирования сварочной головки в процессе автоматизированной сварки. Сварочная колонна позволяет перемещать головку по трём осям.

Сварочная колонна состоит из приводной платформы для продольного, перемещения со сварочной и маршевой скоростями. На вертикальной стойке колонны смонтирована выдвигающаяся консоль, перемещающаяся по высоте и в поперечном направлении. Поперечное перемещение также осуществляется со сварочной и маршевой скорости.

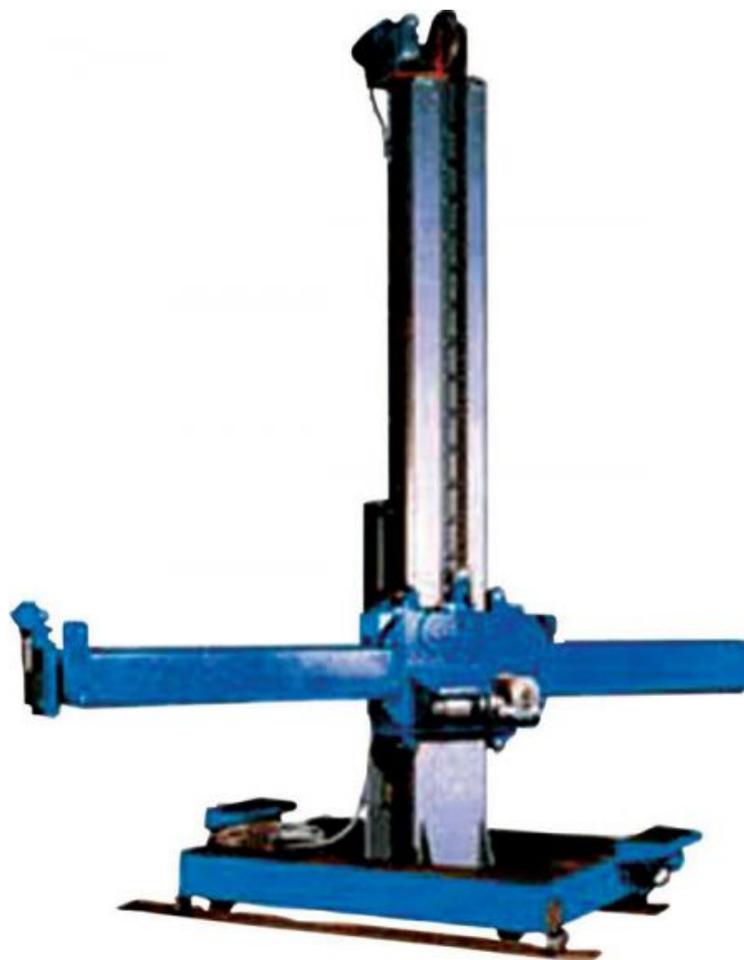


Рисунок 12 – Общий вид сварочной колонны BCZQ 2x2

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблица 19 -Технические характеристики сварочной колонны BCZQ 2x2

Модель	BCZQ 2x2
Эффективное вертикальное перемещение, мм	2000
Эффективное горизонтальное перемещение, мм	2000
Скорость вертикального перемещения, мм/мин	1000
Скорость горизонтального перемещения, мм/мин	120-1200
Минимальная высота консоли, мм	400
Грузоподъемность, кг	200

1.8.7 Ролико-вращатель

Предназначены для установки цилиндрических изделий в удобное для сварки положение и вращения со сварочной скоростью.



Рисунок 13 – Общий вид ролико-вращателя

Таблица 20 -Технические характеристики ролико-вращателя

Характеристика	Единица измерения	Модель- NHTR - 1000
Напряжение питающей сети при частоте 50 Гц	В	АС 110/220V 50/60HZ, 1 phase
Мощность электродвигателей привода вращения	кВт/ч	0,06
Длина приводной / неприводной секции (А)	мм	542/450
Ширина приводной / неприводной секции (В)	мм	320/160
Высота секций (С)	мм	335
Грузоподъемность	кг	1 000
Диапазон диаметров свариваемых изделий (D)	мм	20 - 800
Скорость вращения	м/мин	0,08–1,6
Наружный диаметр роликов (Е)	мм	200
Ширина роликов (F)	мм	50
Материал роликов		полиуретан
Масса (приводной/неприводной секции)	кг	54 (37/17)

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.9 Контроль качества[18]

Качество сварки можно обеспечить при условии, если качество исходных материалов (основного металла, электродов, сварочной проволоки, защитного газа и т.п.) удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям. Прежде всего, устанавливают соответствие сертификатных данных на все исходные материалы данным, требуемым согласно технологическому процессу сварки конструкций. Затем осматривают материалы и дополнительно проверяют их качество в соответствии с нормативной документацией.

Качество сварных соединений в большей степени зависит от исправной работы сварочного оборудования. Цель и назначение данного вида контроля – обеспечить поддержание сварочного оборудования в рабочем состоянии в соответствии с паспортными данными. Оборудование для дуговой сварки должно обеспечивать устойчивое горение дуги, требуемую точность и правильность регулировки режима сварки (Iсв, Ud, Vп и т.д.). Эти параметры подлежат тщательной проверке каждый раз перед пуском оборудования и в процессе производства.

В значительной мере качество сварного соединения зависит от качества используемой специальной оснастки и приспособлений. Сборочные приспособления должны обеспечивать требуемую прочность и жесткость, точное, быстрое и надежное закрепление элементов сварной конструкции, необходимую степень точности всех размеров свариваемой детали, узла, изделия; установку свариваемого объекта в положение, удобное для сварки, и др.

Большое значение для обеспечения качества выпускаемой продукции имеет контроль в процессе производства. Внимательное и непрерывное наблюдение за состоянием оборудования, аппаратуры, приспособлений,

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

приборов и инструментов, а также за ходом выполнения сварочных операций каждым сварщиком позволяет своевременно обнаружить дефекты сварки и принять меры по устранению причин их образования. Контроль технологии изготовления сварных изделий включает проверку подготовленных к сварке заготовок, исправности сварочных приспособлений, сборки изделий под сварку, состояния сварочных материалов, сварочного оборудования и соблюдения установленных режимов сварки. У подготовленных к сварке заготовок проверяют форму, размеры и геометрию разделки кромок, а также отсутствие на их поверхностях загрязнений, ржавчины, влаги.

Проверяют качество подготовки кромок под сварку и сборку заготовок. К основным контролируемым размерам собранных под сварку деталей относят зазор между кромками и притупление кромок – для стыковых соединений без разделки кромок, притупление кромок и угол их разделки – для соединений с разделкой кромок. Для измерения и проверки, указанных выше параметров применяют специальные шаблоны или универсальный инструмент.

1.9.1 Контроль внешним осмотром

Внешним осмотром невооруженным глазом или с помощью лупы выявляют прежде всего дефекты швов в виде трещин, подрезов, свищей, прожогов, наплывов, непроваров в нижней части швов. Многие из этих дефектов, как правило, недопустимы и подлежат исправлению. При осмотре выявляют дефекты формы швов, распределение чешуек и общий характер распределения металла в усилении шва.

Сварные швы часто сравнивают по внешнему виду со специальными эталонами. Геометрические параметры швов измеряют с помощью шаблонов и измерительных инструментов.

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						63
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

Только после внешнего осмотра изделие подвергают каким-либо физическим методам контроля для определения внутренних дефектов. Тщательный внешний осмотр – обычно весьма простая операция – может, тем не менее, служить высокоэффективным средством предупреждения и обнаружения дефектов.

1.9.2 Ультразвуковая дефектоскопия [19]

Данный контроль сварных соединений относится к неразрушающим методам контроля. Он является обязательным для изделий, подвергшихся термической обработке. Поверхность изделий должна быть подготовлена под проведение неразрушающего метода контроля. Ширина зачистки сварных швов должна быть равна ширине шва плюс не менее 20 мм околошовной зоны с каждой стороны. На поверхности, подготовленной под УЗК, не должно быть наружных дефектов, шлака, брызг металла, окалины.

Ультразвуковая дефектоскопия производится с целью выявления в сварных соединениях внутренних дефектов (трещин, непроваров, пор, шлаковых включений и др.).

Эхо-импульсный метод- это использование отражения ультразвуковых волн от несплошностей контролируемого изделия, которые имеют отличное от основного металла акустическое сопротивление, где изменяется и регистрируется отраженная волна.

Ультразвуковой контроль следует вести после внешнего осмотра соединения. При обнаружении внешних дефектов их обычно устраняют до ультразвукового контроля.

Сначала осуществляется подготовка к ультразвуковому контролю, которая включает в себя: выбор основных параметров контроля и методов сканирования, настройку дефектоскопа по контрольным образцам, очистку

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						64
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

поверхности, нанесение контактирующего смазочного материала. Схема контроля представлена на рисунке 17.

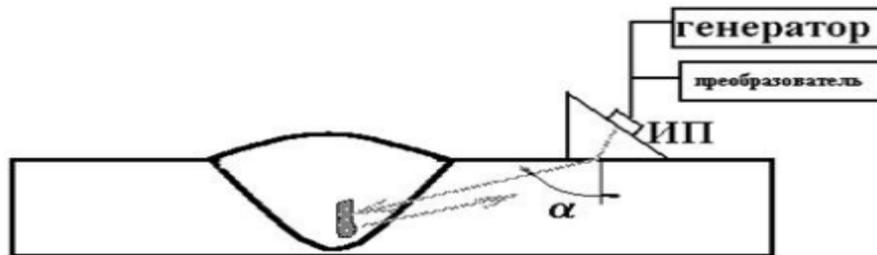


Рисунок 14 – Схема эхо-метода

Озвучивание объекта производится короткими прерывистыми импульсами. Признаком дефекта является появление на экране приемника эхо-сигнала. Эхоимпульсный метод используется для контроля всех основных видов сварных соединений

Для УЗК используем импульсный эхо-метод с использованием дефектоскопа УД2–12. Дефектоскоп УД2-12 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов (нарушение сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений), измерение глубины и координат их залегания, измерение отношений амплитуд сигналов от дефектов.



Рисунок 15 – Дефектоскоп УД2-12

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		65

- Диапазон толщин контролируемого материала по стали от 1 до 999 мм по цифровому индикатору и от 1 до 5000 мм по экрану ЭЛТ.
- Дефектоскоп эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от -10 до +50 0С.
- Масса дефектоскопа с аккумуляторной батареей - не более 8,4 кг.
- Габаритные размеры - не более 170x280x350 мм.
- Рабочая часть экрана ЭЛТ дефектоскопа по вертикали и горизонтали, соответственно 60x80 мм.
- Электрическое питание: сеть переменного тока напряжением (24 +2,4/-3,6); (36+3,6/-5,4); (220 +22/-33) В частотой (50 +/- 1) Гц.
- Автономный источник питания - аккумуляторная батарея 12 В.

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						66
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

2 Экономический раздел[20],[21],[22]

В дипломном проекте рассматривается сборка и сварка кожухотрубной секции водоводяного теплообменника из стали марки 16ГС и 08Х18Н10Т. В данном разделе рассчитывается себестоимостьизготовления по внедрению автоматической сварки.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной сваркой в среде защитного газа и Ar. По проектируемой технологии механизированная сварка заменяется наавтоматическую сварку в среде защитного газа и Ar. Это приведёт к снижению затрат на сварочные материалы, повысится качество сварных соединений, значительно увеличится производительность за счет внедрения новой нового оборудования.

Базовый вариант:

- сварочный полуавтомат ВС – 350 – 2 шт, механизм подачи проволоки – 2 шт., сварочная горелка 2 шт;
- сварочная проволока –СВ-04Х19Н11М3 - Ø 1 мм,Св-08Г2С, Ø 1,6 мм;
- ролик – вращатель – 1 шт.

Проектируемый вариант:

- установка для сварки продольных швов,
- сварочная головка для вварки труб в трубные доски,
- источник питания PIPEMASTER 515,
- подвесная сварочная головка Мультитрак А2,
- источник питания ALPHA Q,
- сварочная проволока – Св-07Х18Н9ТЮ,
- сварочная проволока СВ -08 Г2С.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

2.1 Расчет технологических норм времени на сварку

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле 28 :

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{пз} + t_6 + t_{обс} + t_n \quad (28)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, ч.;

t_6 – вспомогательное время, ч.;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, ч.;

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле 29:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (29)$$

$$t_{осн} = \frac{20,286}{4} = 5,07 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{осн 1} = \frac{3,896}{30} = 0,12 \text{ ч (проектируемый вариант сварка обечайки)}$$

$$t_{осн 2} = \frac{4,082}{24} = 0,17 \text{ ч (проектируемый вариант сварка трубной доски)}$$

$$t_{осн 3} = \frac{12,309}{16} = 0,77 \text{ ч (проектируемый вариант сварка трубок)}$$

$$t_{осн} = 1,06 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м, $\Sigma L_{шв} = 20,286$ м (базовый вариант)

$V_{св}$ – средняя скорость сварки, м/ч, $V_{св} = 4$ м/ч (базовый вариант)

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						68
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

$L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м $\Sigma L_{шв} = 20,286$ м (проектируемый вариант)

$V_{св}$ – средняя скорость сварки обечайки, м/ч, $V_{св} = 30$ м/ч

$V_{св}$ – средняя скорость сварки обечайки с трубной доской, м/ч, $V_{св} = 26$ м/ч

$V_{св}$ – средняя скорость сварки трубок, м/ч, $V_{св} = 16$ м/ч

Подготовительно-заключительное время ($t_{пз}$) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т. д. При его определении общий норматив времени $t_{пз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену.

$$t_{пз} = 10\% \text{ от } t_{осн} \quad (30)$$

$$t_{пз} = \frac{5,07 \cdot 10}{100} = 0,507 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{пз} = \frac{1,06 \cdot 10}{100} = 0,106 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ($t_в$) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой $t_э$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{кр}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$, клеймение швов $t_{кл}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{уст}$:

$$t_в = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (31)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволокой. Это время можно принять равным:

$$t_э = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$$

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						69
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

Время зачистки кромок или шва $t_{кр}$ вычисляем по формуле 32:

$$t_{кр} = L_{шв} * (0,6 + 1,2 * (n_c - 1)) \quad (32)$$

$$t_{кр} = 20,286 * (0,6 + 1,2 * 1) = 14,60 \text{ мин.} = 0,24 \text{ ч.}$$

где $n_c = 2$ количество слоев при сварке;

$L_{шв}$ – длина швов, м, $L_{шв} = 20,286$ м

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле (32) для обоих вариантов он будет одинаковым.

Сварка в базовом и проектируемом варианте производится в два прохода. Время на очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$ рассчитываем по формуле 33 для обоих вариантов:

$$t_{бр} = L_{шв} * (0,6 + 1,2 * (n_c - 1)) \quad (33)$$

$$t_{бр} = 20,286 * (0,6 + 1,2) = 14,60 \text{ мин.} = 0,24 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 ч. на 1 знак, $t_{кл} = 0,09$ ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{уст}$) зависит от его массы, данные указаны в таблице 21.

Таблица 21 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,03	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{уст} = 0,14 \text{ ч.}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таким образом рассчитаем значение t_e по формуле 31 для обоих вариантов оно одинаково.

$$t_e = 0,083 + 0,24 + 0,24 + 0,14 + 0,09 = 0,8 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т. д. принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08)t_{осн} \quad (34)$$

$$t_{обс} = 0,07 * 5,07 = 0,36 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{обс} = 0,07 * 1,06 = 0,08 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности (t_n) зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении:

Рассчитываем t_n :

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (35)$$

$$t_n = 0,07 * 5,07 = 0,36 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_n = 0,07 * 1,06 = 0,08 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (28)

$$T_{шт-к} = 5,07 + 0,507 + 0,8 + 0,36 + 0,36 = 7,097 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 1,06 + 0,106 + 0,8 + 0,08 + 0,08 = 2,126 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы $T_{\text{произв. пр.}}$ сварных конструкций по операциям тех процесса:

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт-к}} \cdot N \quad (36)$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 7,097 * 1000 = 7097 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 2,126 * 1000 = 2126 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

где N – годовая программа, шт., в нашем случае $N = 1000$ шт.

2.2 Расчет необходимого количества оборудования

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_p :

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_d \cdot K_n} \quad (37)$$

$$C_p = \frac{7097}{1914 \cdot 1,2} = 3,08; \text{ примем } C_n = 4 \text{ шт.; (базовый вариант)}$$

$$C_p = \frac{2126}{1914 \cdot 1,2} = 0,92; \text{ примем } C_n = 1 \text{ шт.; (проектируемый вариант)}$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, час. ($\Phi_d = 1914$ час.);

K_n – коэффициент выполнения норм ($K_n = 1,1 \dots 1,2$).

Принятое количество оборудования C_n определяем путем округления расчетного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%.

Расчет коэффициента загрузки оборудования K_3 :

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{п}}} \quad (38)$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$K_3 = \frac{3,08}{4} = 0,77 \text{ (базовый вариант)}$$

$$K_3 = \frac{0,92}{1} = 0,92 \text{ (проектируемый вариант)}$$

2.3 Расчет капитальных вложений

Таблица 22 – Стоимость основных и вспомогательных материалов

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Годовая производственная программа выпуска	шт.	1000	1000
Сварочный полуавтомат ВС 350	руб./шт.	82000	
Механизма подачи проволоки ПДГ – 315 К	руб./шт	25000	
Сварочная горелка	руб./шт	5000	
Сварочная колонна	руб./шт.		1500000
Сварочная головка Мультитрак 2	руб./шт.		200000
Установка для сварки продольных швов	руб./шт.		440000
Орбитальная сварочная головка			50000
Трубная доска с плакирующим слоем	руб./ш	7000	7000
Труба 08X18H10T Ø 20 *2	м/п	374	374
16ГС	руб./т.	75000	75000
Фланец Ø 100	руб./шт	150	150
Труба Ø 100 16ГС	м/п	1500	1500
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø 1,6мм	руб./кг.	70	70
Сварочная проволока Св-07X18H9ТЮ	руб./кг.	385	385
Защитный газ аргон	руб./л.	21,25	21,25
Смесь CORGON 18 (Ar 82%+CO ₂ 18%)	руб./л.	15	15
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-ч.	3,8	3,8
Длина сварных швов	м.	20,286	20,286
Положение швов		Нижнее, вертикальное	Нижнее, вертикальное
Условия выполнения работ		стационарные	стационарные
Квалификационный разряд электросварщика	разряд.	4	5
Тарифная ставка	руб.	160	185
Масса конструкции	т.	0,6	0,6

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования по технологии изготовления металлоконструкции:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \text{ руб.} \quad (39)$$

где $C_{обj}$ – цена приобретения j -ого оборудования, руб.;

$K_{мз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты на устройство фундамента, монтаж, наладку ($K_{мз} = 0,12$).

$$K_{обj} = (82000 + 25000 + 5000 + 250000) \cdot (1 + 0,12) = \\ = 405440 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{обj} = (50000 + 440000 + 200000 + 250000 + 1500000) \cdot (1 + 0,12) = \\ = 2732800 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Определяем капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{nj} \cdot K_{зj} \quad (40)$$

$$K_{об} = 405440 \cdot 4 \cdot 0,77 = 1248755 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{об} = 2732800 \cdot 1 \cdot 0,92 = 2514176 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

где $K_{обj}$ – балансовая стоимость j -ого оборудования, руб.;

C_{nj} – принятое количество j -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ – коэффициент загрузки j -ого оборудования, $K_{зj} = 1$.

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе.

2.4 Расчет технологической себестоимости

$$C_m = MЗ + З_э + З_{пр} \quad (41)$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где $MЗ$ – затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$З_э$ – затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$З_{пр}$ – затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос 30% от фонда оплаты труда).

Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ($MЗ$, руб.) рассчитываются по формуле (42):

$$MЗ = C_{ом} + C_{эн} + C_{др} \quad (42)$$

где $C_{ом}$ – стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эн}$ – стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.;

$C_{др}$ – стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие, руб.

Стоимость основных материалов ($C_{ом}$, руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (43):

$$C_{ом} = [C_{км} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} \quad (43)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Стоимость конструкционного материала

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						75
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

Затраты на конструкционный материал так как корпус состоит из разных материалов то общую стоимость конструкции рассчитываем по таблице 21:

$$C_{км} = 125000 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электродную проволоку

Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Г2С производим по формуле (44):

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \Psi \cdot C_{сн} \cdot K_{пр} \text{руб} \quad (44)$$

где $M_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг.;

Ψ – коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в смеси К2, для данного вида сварки $\Psi = 0,15$);

$C_{сн}$ – оптовая цена одного кг.сварочной проволоки, руб.;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Исходные данные для расчетов проволоки Св 08Г2С:

$$L_{шв} = 3,896 \text{ м} = 389,6 \text{ см (стыковое соединение)}$$

$$F_{нм} = 61 \text{ мм}^2 = 0,61 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 389,6 * 0,61 = 678,32 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 678,32 * 7,8 = 1859 \text{ г} = 1,859 \text{ кг}$$

$$L_{шв} = 4,082 \text{ м} = 408,2 \text{ см (тавровое соединение)}$$

$$F_{нм} = 74 \text{ мм}^2 = 0,74 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 408,2 * 0,74 = 302,068 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 678,32 * 7,8 = 2357 \text{ г} = 2,357 \text{ кг}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$M_{нм\ общ} = 1,859 + 2,357 = 4,216 \text{ кг}$$

Исходные данные для расчетов проволоки Св-07Х18Н9ТЮ

$$L_{шв} = 12,308 \text{ м} = 1230,8 \text{ см}$$

$$F_{нм} = 7,5 \text{ мм}^2 = 0,075 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 1230,8 * 0,075 = 92,31 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 92,31 * 7,9 = 729 \text{ г} = 0,729 \text{ кг}$$

Производим расчеты $C_{св.пр}$ на изготовление одной металлоконструкции одинаково для двух вариантов по формуле (44):

$$C_{св.пр} = ((0,711 * 385) + (4,216 * 70)) * 1 * 1,05 = 598 \text{ руб}$$

Расчет затрат на защитный газ

Исходные данные:

$$t_{осн} = \frac{20,286}{4} = 5,07 \text{ ч} = 304,2 \text{ мин (базовый вариант) } 13 \text{ л/мин.}$$

$t_{осн 1} = \frac{3,896}{30} = 0,12 \text{ ч} = 7,2 \text{ мин. (проектируемый вариант сварка обечайки) } 14 \text{ л/мин}$

$t_{осн 2} = \frac{4,082}{24} = 0,17 \text{ ч} = 10,2 \text{ мин (проектируемый вариант сварка трубной доски) } 14 \text{ л/мин}$

$t_{осн 3} = \frac{12,309}{16} = 0,77 \text{ ч} = 46,2 \text{ мин (проектируемый вариант сварка трубок) } 5,2 \text{ л/мин}$

$$C_{зс} = 28560 * 1,1 * 0,11 * 1,08 = 33929 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$C_{32} = ((17,4 * 14 * 15) + (46,2 * 5,2 * 21,25)) * 1,1 * 1,08 = 10598 \text{руб.}$
 (проектируемый вариант).

Расчет затрат электроэнергии

Расчет затрат электроэнергии на операцию проводим по формуле:

$$C_3 = \alpha_3 * W * C_3, \text{руб.} \quad (45)$$

где: α_3 – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$;

W – расход электроэнергии, $\text{кВт}\cdot\text{ч}$;

C_3 – цена за $1\text{кВт}\cdot\text{ч}$; $C_3 = 3,8\text{кВт}\cdot\text{ч}$.

Для укрупнённых расчётов величину α_3 можно принимать равной:

- при автоматической сварке на постоянном токе, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$ 5...8;

$C_3 = 8 * 4,945 * 3,8 = 150,328 \text{руб.}$ (базовый вариант);

$C_3 = 5 * 4,945 * 3,8 = 93,95 \text{руб.}$ (проектируемый вариант);

Расчет стоимости основных материалов в расчете на одно металлоизделие по формуле (43):

$C_{om} = (125000 + 598 + 33929) \cdot 1,06 = 159527 \text{руб.}$ (базовый вариант)

$C_{om} = (125000 + 598 + 10598) \cdot 1,06 = 136196 \text{руб.}$ (проектируемый вариант)

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						78
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (42):

$$MЗ = 159527 + 33929 + 150,328 = 343784 \text{руб. (базовый вариант)}$$

$$MЗ = 136196 + 10598 + 93,95 = 146888 \text{руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет численности производственных рабочих

Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{ор}$ определяется для каждой операции по формуле (46):

$$Ч_{ор} = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{ор} \cdot K_B} \quad (46)$$

$$Ч_{ор} = \frac{7097}{1870 \cdot 1,1} = 3,45 \text{ примем } Ч_{ор} = 4 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{ор} = \frac{2126}{1870 \cdot 1,1} = 1,03 \text{ примем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

где: $T_{\text{произв. пр}}$ - трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{ор}$ - действительный фонд времени производственного рабочего ($\Phi_{ор} = 1870 \text{ час.}$);

K_B - коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает три сварщика, по новой измененной технологии работают 1 сварщик.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Расчет заработной платы

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ($ЗП_o$) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (47).

$$ЗП_o = P_{cd} \cdot K_{np} \cdot K_{\delta} \cdot K_{cc} + D_{вр}, \quad (47)$$

где: P_{cd} – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

K_{np} – коэффициент премирования, (данные предприятия), $K_{np} = 1,5$;

$D_{вр}$ – доплата за вредные условия труда, руб.;

K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос), $K_{cc} = 1,3$;

K_{δ} – коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, $K_{\delta} = 1,2$.

Рассчитанное

$T_{шт-к} = 7,097 \text{ ч.} = 425,82 \text{ мин.}$ (базовый вариант);

$T_{шт-к} = 2,196 \text{ ч.} = 131,76 \text{ мин.}$ (проектируемый вариант).

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия (P_{cd}) определяется по формуле:

$$P_{cd} = \frac{T_{ст} \cdot T_{шт-к.}}{60}, \quad (48)$$

$P_{cd} = \frac{160 \cdot 425,82}{60} = 1134 \text{ руб.}$ (базовый вариант)

$P_{cd} = \frac{185 \cdot 131,76}{60} = 406,26 \text{ руб.}$ (проектируемый вариант)

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						80
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

где: T_{cm} - тарифная ставка, руб./час.;

$T_{шт-к}$ - штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика: T_{cm} сварщика ручной дуговой сварки - 160 руб./час, T_{cm} сварщика автоматической сварки - 185 руб./час.

Доплата за вредные условия труда

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле (49)

$$D_{вр} = \frac{T_{ст} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (49)$$

$$D_{вр} = \frac{160 \cdot 425,82 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 2,27 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{вр} = \frac{185 \cdot 131,76 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,81 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

где: $D_{вр}$ – доплата за вредные условия труда, руб.;

T_{cm} – тарифная месячная ставка, руб. $T_{cm} = 56$ руб.;

$T_{вр}$ – время работы во вредных условиях труда, мин. $T_{вр} = T_{шт-к} (0,1 \dots 0,31)$, мин.;

Коэффициент в пределах (0,10...0,31).

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ($ЗП_о$) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (47).

$$ЗП_о = 1134 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 2,27 = 2214 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗП_о = 406,26 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,81 = 528,00 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расчет технологической себестоимости по формуле (41):

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$C_T = 343784 + 150,328 + 2214 = 346148,328$ руб (базовый вариант)

$C_T = 146888 + 93,95 + 528 = 147509,95$ руб (проектируемый вариант)

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле:

$$ЗП_{\delta} = K_{\delta} * ЗП_{O} * K_{cc}, \quad (50)$$

$ЗП_{\delta} = 1,13 * 2214 * 1,3 = 3253$ руб. (базовый вариант);

$ЗП_{\delta} = 1,13 * 528 * 1,3 = 775,6$ руб. (проектируемый вариант).

где: $ЗП_{\delta}$ – выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$ЗП_{O}$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

K_{δ} – коэффициент дополнительной заработной платы. $K_{\delta} = 1,13$;

K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы $K_{cc} = 1,3$.

Расходы на оплату труда ($З_{np}$) рассчитываются по формуле.

$$З_{np} = ЗП_{O} + ЗП_{\delta}, \quad (51)$$

$З_{np} = 2214 + 3253 = 5467$ руб (базовый вариант);

$З_{np} = 528 + 775 = 1303$ руб (проектируемый вариант).

где: $ЗП_{O}$ – основная заработная плата, руб.;

$ЗП_{\delta}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Расчетные данные технологической себестоимости C_T

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						82
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

изготовления годового объема выпуска металлоконструкций (N= 1000 шт.) в таблицу 23.

Таблица 23 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, $C_{ом}$, руб.	159527000	136196000
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{эн}$, руб.	150000	93000
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $Z_{пр}$, руб.	5467000	1303000
Технологическая себестоимость годового выпуска, C_t , руб.	346148328	147509950

2.5 Расчет полной себестоимости изделия

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость ($C_{ПР}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{ПР}$ проводят по формуле (52):

$$C_{ПР} = C_t + P_{пр} + P_{хоз} \quad (52)$$

где C_t – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{пр}$ – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{хоз}$ – общехозяйственные расходы, руб.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (53).

$$P_{np} = C_A + C_p + P_{np}^* \quad (53)$$

где: C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_p - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

P_{np} -расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования.

Рассчитываем по формуле (54) затраты на амортизацию при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, приходящиеся на одно изделие:

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к} \cdot K_O}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \quad (54)$$

$$C_A = \frac{405440 \cdot 14,7 \cdot 3 \cdot 7,097}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,77 = 464,08 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{2732800 \cdot 14,7 \cdot 1 \cdot 2,196}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,92 = 385,48 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где: $K_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

H_A – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки $H_A = 14,7$ %;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 1914$ час.;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, час.;

K_O – коэффициент загрузки оборудования, $K_O = 0,9$;

n_o – количество оборудования, шт.;

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени, $K_B = 1,1$.

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, C_p , руб. рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (55)$$

где: $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;

D принимается равным 3 %.

$C_p = \frac{4054440 \cdot 3}{100} = 121634$ руб./на производственную программу или 121,634руб в расчете на одно металлоизделие (121634руб./1000), - базовый вариант;

$C_p = \frac{2732800 \cdot 3}{100} = 81984$ руб./на производственную программу или 81,984 руб./на металлоконструкцию (81984 руб./1000 шт), - проектируемый вариант.

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) определяются формуле (56)

$$P_{пр}^* = \frac{\%P_{пр} \cdot 3П_о}{100} \quad (56)$$

$$P_{пр1}^* = \frac{2214000 \cdot 10}{100} = 221400 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{пр}^* = \frac{528000 \cdot 10}{100} = 52800 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

где $3П_о$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{пр}$ – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, $\%P_{пр} = 10$.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (53):

$$P_{np} = C_A + C_p + P_{np}^* \quad (53)$$

$$P_{np} = 464,08 + 121634 + 221400 = 343498,08 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{np} = 385,48 + 81984 + 52800 = 135169,48 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где: C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_p - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

P_{np}^* -расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

В статью «Общехозяйственные расходы» ($P_{хоз}$, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле (54).

$$P_{хоз} = \frac{\%P_{хоз} \cdot ЗП_о}{100} \quad (54)$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 2214}{100} = 553 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 528}{100} = 132 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где: $ЗП_о$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

% P_{ХОЗ} – процент общехозяйственных расходов, %. % P_{ХОЗ} = 25.

Производственная себестоимость годового выпуска металлоконструкций при базовом и проектируемом варианте технологии, C_{Пр} рассчитывается по формуле (55):

$$C_{Пр} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (55)$$

$C_{Пр} = 346148328 + 343498,08 + 553000 = 347044826$ руб. (базовый вариант);

$C_{Пр} = 147509950 + 135169,48 + 132000 = 147777119,48$ руб. (проектируемый вариант).

где: C_T – технологическая себестоимость, руб.;

P_{пр} – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

P_{хоз} – общехозяйственные расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов

В статью «Коммерческие расходы» (P_к, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле (56):

$$P_k = \frac{\% P_k \cdot C_{пр}}{100} \quad (56)$$

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 347044826,08}{100} = 347044,82 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 147777119,48}{100} = 147777,12 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где $\%P_k$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, $\%P_k$ - 0,1-0,5%.

Полная себестоимость годового объема выпуска металлоконструкций (C_{II}) включает затраты на производство ($C_{IIП}$) и коммерческие расходы (P_k) и рассчитывается по формуле (57):

$$C_{II} = C_{IIП} + P_k \quad (57)$$

$$C_{II} = 347044826 + 347044,82 = 347391870,82 \text{ руб (базовый вариант);}$$

$$C_{II} = 147777119,48 + 147777,12 = 147924896,6 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где: P_k – коммерческие расходы, руб.

$C_{IIП}$ - производственная себестоимость годового выпуска

Результаты расчетов заносим в таблицу 24.

Таблица 24 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	1000	1000	
1. Материальные затраты, МЗ:	343784000	146888000	196896000
2. Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, Зпр	5467000	1303000	4164000
3. Технологическая себестоимость C_T , руб.	346148328	147509950	198638378
4. Общепроизводственные расходы, РПР	3434988,08	135169,48	3299818,6
5. Общехозяйственные расходы, $P_{хоз}$	553000	132000	421000
6. Производственная себестоимость, $C_{IIП}$	347044826	147777119	332267107

7. Коммерческие расходы, Рк,	347044,82	147777,12	199267,7
8. Полная себестоимость, СП	347391870,82	147924896,6	199466974,22

2.6 Расчет годовой экономии по технологической себестоимости

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим по варианту Б, как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону.

Годовой выпуск продукции (корпус теплообменника) составляет 1000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости, ΔC рассчитывается по формуле:

$$\Delta C = (C_{T1} - C_{T2}) N \quad (58)$$

$$\Delta C = (346148,328 - 147509,95) \cdot 1000 = 198638378 \text{ тыс. руб.}$$

где: C_{T1} , C_{T2} - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.;

N - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

Отпускная цена металлоизделия C , руб., определяется с учетом полной себестоимости металлоизделия $C_{п}$ (руб./шт.) и среднеотраслевого коэффициента рентабельности продукции, K_p , определяющего среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающего изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации (K_p в базовом варианте принимается - 1,3; в проектируемом - 1,5)

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\Pi = C_n * K_p \quad (59)$$

$$\Pi_1 = 347391,87 * 1,3 = 416870,24 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 147924,897 * 1,5 = 221887,35 \text{ руб.}$$

где C_n - полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

K_p - среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по формуле (60) по базовому и проектируемому вариантам:

$$B = \Pi * N \quad (60)$$

$$B_1 = 416870,24 * 1000 = 416870240 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 221887,35 * 1000 = 221887350 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (34) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий по формуле:

$$\Pi = B - C_n \quad (61)$$

$$\Pi_1 = 416870240 - 347391870,82 = 69478369,18 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 221887350 - 147924896,6 = 73962453,4 \text{ руб.}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли $\Delta\Pi$ в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле :

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (62)$$

$$\Delta\Pi = 73962453,4 - 69478369,18 = 4484084,22 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле (38) по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост.}}{Ц - C_{пер.}} \quad (63)$$

где: $N_{кр}$ - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост.}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий, $C_{п.}$ за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, $C_{т.}$);

$Ц$ - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер.}$ - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$N_{кр} = \frac{347391870,82 - 346148328}{416870,24 - 346148,33} = 17,58$$

$$N_{кр} = \frac{147924896,6 - 147509950}{221887,35 - 147509,95} = 5,58$$

Расчет рентабельности продукции, $R, \%$, производим по формуле:

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						91
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

$$R = \frac{\Pi}{C_n} * 100 \quad (64)$$

$$R_1 = \frac{69478369,18}{347391870,82} = 20\%$$

$$R_1 = \frac{73962453,4}{147924896,6} = 50\%$$

Расчет производительности труда (выработки в расчете на 1 производственного рабочего, руб./чел.), Π_{mp} :

$$\Pi_{mp} = \frac{B}{Ч_{op}} \quad (65)$$

где: B - выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

Ч_{op} – численность производственных рабочих, чел.

$$\Pi_{mp} = \frac{416870240}{4} = 104216560$$

$$\Pi_{mp} = \frac{221887350}{1} = 221887350$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений:

$$T_o = \frac{\Delta K_d}{\Delta \Pi} \quad (66)$$

где: ΔK_d – дополнительные капитальные вложения, руб.;

$\Delta \Pi$ - изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

$$T_{ок} = \frac{2732800}{4484084,22} = 0,6 \text{ года}$$

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Расчеты экономической эффективности заносим в таблицу 25.

Таблица 25 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
	Годовой выпуск продукции, N	шт.	1000	1000	
	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	руб.	416870240	221887350	-194982890
	Капитальные вложения, К	руб.	1248755	2514176	- 1265421
	Технологическая себестоимость металлоизделия, Ст	руб.	346148328	147509950	198638378
	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, Сп	руб.	347391870,82	147924896,6	199466974,22
	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	69478369,18	73962453,4	- 4484084,22
	Годовой экономический эффект, Эг	руб.			
	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	4	1	-3
	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), Птр	тыс. руб./чел.	104216560	221887350	-117670790
	Рентабельность продукции, R	%	20	50	30
	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Ток)	лет	0,6		

Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	17	5	12
---	-----	----	---	----

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки кожухотрубной секции теплообменника эффективен, прежде всего, за счет увеличения качества сварных соединений, путем уменьшения влияния человеческого фактора.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 3 человека.

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						94
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

3Методический раздел[22,23]

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология изготовления теплообменника в среде защитных газов. В процессе разработки предложена замена механизированной сварки корпуса кожухотрубной секции на автоматическую плавящимся электродом в среде защитных газов.

Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использовать сварочный автомат для дуговой сварки орбитальной вварки труб. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;
- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик»(код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки»(код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), так как в базовой технологии сварочные работы

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						96
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 26 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (3-й разряд) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 26 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов
<i>Трудовые действия</i>	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) трубной доски	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документацию. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.
<i>Необходимые умения:</i>	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением трубной доски	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять

		сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов
Окончание таблицы 26		
1	2	3
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов</p>
<i>Другие характеристики:</i>	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка трубной доски	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая в среде защитных газов трубной доски
<i>Характеристики выполняемых работ:</i>	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа трубная доска	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Необходимые знания:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.

Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов

Необходимые умения:

– Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением, и обозначение их на чертежах.

– Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки давлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

– Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

– Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки давлением.

– Требования к подготовке конструкции под сварку.

– Технология полностью механизированной и автоматической сварки давлением.

– Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

– Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

– Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

– Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки[24]

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен.

Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы.

Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих.

Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа Профессиональных стандартов и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее, который представлен в таблице 27. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 27 - Учебный план переподготовки рабочих

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	42
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	32
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	174

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе Профессиональных стандартов, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 28 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Оборудование для автоматической орбитальной сварки в среде газов	10
3	Сварочные материалы	5
4	Сварные конструкции	2
5	Технология автоматической сварки в среде газов	8
6	Механизация и автоматизация сварочного производства	5
	Итого:	32

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана - конспекта урока

План-конспект урока

Тема курса: Сварочные автоматы для дуговой автоматической орбитальной сварки в среде защитных газов».

Тема урока: «Устройство сварочной головки для орбитальной сварки РОИНТЕС 80».

Цели урока:

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Образовательная: сформировать понятие об устройстве орбитальной сварочной головки POINTEC 80.

Развивающая: развивать память, техническое мышление.

Воспитывающая: развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работы в бригаде; развить чувство ответственности за исправность используемого оборудования; воспитать бережливое отношение к рациональному использованию энергетических ресурсов, расходных материалов.

Тип урока: урок усвоения новых знаний.

Структура урока и затраты времени на этапы:

1. Организационная часть 3-5 мин. Приветствие, проверка по списку всех присутствующих, организационные вопросы. Изложение темы и цели урока.

2. сообщение нового материала 50-55 мин.

3. Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.

Краткий опрос – беседа со слушателями в аудитории.

Средства обучения:

Плакат «Головка вварки труб в трубную доску».

Методы преподавания:

- словесные методы (объяснение);

- наглядные методы (демонстрация плаката).

Учебная литература:

Сварочное производство / Колганов Л. А. — Ростов н/Д: «Феникс», 2012. — 512 с.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблица 29 - План-конспект урока по спецтехнологии на тему: «Устройство сварочной головки для орбитальной сварки POINTEC 80»

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебной деятельности
1	2	3
<p>Организационная часть 3-5 мин.</p> <p>Сообщение нового материала 50-55 мин.</p>	<p>Тема «Устройство сварочной головки для орбитальной сварки POINTEC 80»</p> <p>Цели: сформировать понятие об устройстве орбитальной сварочной головки POINTEC 80.</p> <p>Развивающая: развивать память, техническое мышление.</p> <p>Воспитывающая: развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работы в бригаде; развить чувство ответственности за исправность используемого оборудования; воспитать бережливое отношение к рациональному использованию энергетических ресурсов, расходных материалов.</p> <p>Головки для сварки соединений "труба - трубная доска"</p> <p>Головки для сварки соединений "труба - трубная доска" закрытого типа без присадочной проволоки</p> <p>Эти головки предназначены для вварки труб в трубные доски ВИГ-способом без подачи присадочной проволоки. С их помощью можно выполнять сварку труб, слегка выступающих из трубной доски или установленных заподлицо. Диаметры ввариваемых труб от 9,5 мм (3/8") до 33,7 мм (1 1/3").</p> <p>Сварка выполняется в атмосфере инертного газа в камере, что обеспечивает высокую степень защиты против окисления. При установке головки дорн вставляется в трубу, а затем разжимается внутри.</p>	<p>Приветствие преподавателя, проверка присутствующих по учебному журналу группы; тема урока, ее актуальность.</p> <p>Объявляю тему урока и цели.</p> <p>Методы обучения (по источнику знаний) – словесный, - наглядный.</p> <p>Объясняю, как осуществляется процесс сварки</p>

Продолжение таблицы 29

1	2	3
	<p>С помощью сварочного копья, установленного в передней части головки, может выполняться сварка изнутри в трубах диаметром от 10 мм до 33,7 мм (13/32" до 1/2").</p>	
	<p>Головки для сварки соединений "труба - трубная доска" открытого типа с подачей присадочной проволоки или без. Орбитальные головки открытого типа для вварки труб в трубную доску с присадочной проволокой применяются для вварки труб от 10 мм (13/32") (внутренний диаметр) до 60 мм (внешний диаметр). ВИГ-горелка при этом перемещается вокруг трубы, которая может выступать, быть утопленной или установленной заподлицо с трубной доской. Головка оснащена горелкой с газовым диффузором.</p>  <p>Необходимая газовая защита обеспечивается в прилегающей к горелке зоне, куда устремляется поток защитного газа. Если необходимо сварить чувствительные к окислению металлы, то газовая защита может быть улучшена путем установки газовой камеры. Головки могут быть оборудованы встроенным подающим механизмом. Т.к. в рабочее положение головка устанавливается с помощью пневматического зажима, оператор может производить сварку несколькими головками одновременно. Сварочные копья позволяют сварщику выполнять сварку изнутри соединений без зазора.</p>	<p>Рассказываю о передвижной тележке.</p> <p>Вывешиваю плакат с головкой для орбитальной сварки</p> <p>Плакаты вывешиваю на доске повыше, чтобы их было видно с дальних парт.</p>

Окончание таблицы 29

1	2	3
	 <p>Механизмы подачи присадочной проволоки. Обычно, подающий механизм либо встроен в сварочную головку, либо представляет собой внешнее устройство.</p>	<p>Рассказываю о механизме подачи проволоки</p>
	<p>Выбор подающего механизма обуславливается геометрией катушек с проволокой, а также условиями эксплуатации и требуемой мобильностью оборудования</p>	<p>.</p>
<p>Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.</p>	<p>Вопросы: 1. Какие головки для орбитальной сварки труб бывают? 2. Назвать их принципы работы и их характерные отличия. 3. Что такое сварочная головка для орбитальной сварки труб. 4. Какой механизм подачи проволоки у орбитальной сварочной головки?</p>	<p>Краткий повтор пройденного материала проводится в виде кратких вопросов, которые задают уже конкретным учащимся. Оценки не выставляются, конкретные формулировки не спрашиваются, вопросы направлены на общее понимание материала. Если есть проблемы в понимании нужно коротко, ясно повторить данные моменты.</p>
<p>Выдача домашнего задания 3-5 мин.</p>	<p>Проработать дома материалы учебника и конспекта занятия. Учебник параграф III.</p>	<p>Объявить о выдаче домашнего задания. Проследить чтобы все записали под диктовку, что нужно будет сделать самостоятельно дома.</p>

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план - конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;

разработали средства обучения- плакат «Головка для вварки труб в трубную доску» для выбранного занятия.

Данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над дипломным проектом была разработана технология и компоновка оборудования для сварки корпуса теплообменника.

Были достигнуты поставленные задачи:

- проанализирован базовый вариант изготовления корпуса водоводяного подогревателя;
- подобран и обоснован проектируемый способ сварки корпуса водоводяного подогревателя;
- проведены необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрано и обосновано сварочное и сборочное оборудование;
- разработана технология сборки-сварки сборника;
- проведены расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработана программа подготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта разработан проектируемый вариант технологического процесса по замене механизированной сварки на автоматическую сварку в среде защитного газа; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию сборки и сварки кожухотрубной секции.

					<i>44.03.04.952 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						108
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Луканин В. Н., Теплотехника, М., «Высшая школа», 2002.
- 2 Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, «Химия», М., 1971, 784 с
- 3 Марочник сталей и сплавов [Текст] : справочник / В.Г. Сорокин, А.В.Волосникова, С. А. Вяткин и др. / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. – 640с.
- 4 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. / А.И. Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др. /Под ред. А.И. Акулова. - М: Машиностроение, 2003. – 560 с
- 5 Овчинников, В. В. Основы теории сварки и резки металлов / В.В. Овчинников. - М.: КноРус, 2011. - 248 с.
- 6 Мотяхов М. А. Электродуговая сварка металлов. М., Высш. школа, 1975.
- 7 Глизманенко, Д.Д. Сварка и резка металлов: учеб.пособие /Д.Л. Глизманенко. - М.: Высш.шк, 1975. - 479 с.
- 8 Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов / С.М. Гуревич. - Наукова думка, 1981.- 608с. с ил.
- 9 Джевага, И.И. Механизированная электродуговая сварка под флюсом / И.И. Джевага. - М. : 1968. - 360с. с ил.
- 10 Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах Изд. «СОУЭЛО». Москва. 2008. - 73 с.
- 11 Чвертко А. И., Патон В. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. М., Машиностроение, 1981. - 264 с.
- 12 Юхин Н.А. Выбор сварочного электрода Издательство «СОУЭЛО». Москва. 2003. - 69 с

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- 13 ГОСТ 2246-70* Проволока стальная сварочная.
- 14 Николаев Г. А. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. М.: Машиностроение, 1978.
- 15 ТУ 2114-004-00204760-99
- 16 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 16 Каталог сварочного оборудования Российских и Украинских производителей, 2005г
- 17 Шебеко Л. П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. М., Высш. школа. 1975, 344 с.
- 18 Справочник Сварка, резка, контроль - Под редакцией Алешина том II. - Стройиздат
- 20 Троицкий В.А. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. - К.: Техника, 1986. - 196с.
- 21 Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. - М.: Экономика. 1989. - 32.
- 22 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства - М.: Машиностроение, 1984. - 368с., с ил.
- 23 Крутликот, Г.И. Методика преподавания технологии с практикумом: пособие для студентов высш. пед. учеб, заведений / Г.И. Крутликот,- М: Издательский центр «Академия», 2002. - 80 с.
- 24 Жученко, А.А. Профессионально-педагогическое образование России. Организация и содержание / А.А Жученко Г.М., Романцев, Е.В.
- 25 Ткаченко. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. - 234 с.
- 26 Практикум по методике преподавания машиностроительных дисциплин: учеб. пособие / А.М. Копейкин, В.И.

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Никифоров. Б А. Соколов и др.: Под ред. В.И. Никифорова. - М.: Высш. шк.,
1990. - 112 с.

Приложение А

					44.03.04.952 ПЗ	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		