

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт


институт

Машиностроение

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Демченко

подпись / инициалы, фамилия

« 27 » 06 2016 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

150700.62 Оборудование и технология сварочного производства

код – наименование направления

Технологические особенности изготовления котлов

тема

Руководитель

  
подпись, дата

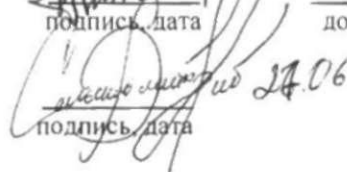
проф. И.Т.Ч

должность, ученая степень

Ю.Г. Новосельцев

инициалы, фамилия

Выпускник

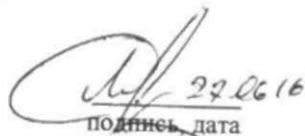
  
подпись, дата

Д.В. Сельский

инициалы, фамилия

Консультант:

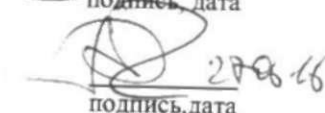
Организационно-  
экономический  
раздел

  
подпись, дата

А.И. Демченко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

С.Л. Бусыгин

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 22 » 06 2016 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
В ФОРМЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студенту Сельскому Дмитрий Владимировичу  
Группа МТ 12-03Б Направление (специальность) 15.03.01-«Машиностроение»  
Тема выпускной квалификационной работа: «Технологические особенности изготовления котлов»

Утверждена приказом по университету № 7898/с от 08.06.2016

Руководитель ВКР: Ю.Г. Новосельцев, Кандидат технических наук, доцент ПИ СФУ

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Технические условия; Типовая технология; 4. Годовой выпуск

Перечень разделов ВКР:

- 1 раздел: технологический раздел;
- 2 раздел: расчетно - конструкторский раздел;
- 3 раздел: организационно-экономический

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов:

- 1. Паровой котел (А1);
- 2. Установка для сварки (А1);
- 3. Стенд для сборки обечайки(А1);
- 4. Технологический лист (А1)
- 5. Техничко-экономические показатели (А1).

Консультируемые разделы

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	А.И. Демченко

					<i>БР-15.03.01-071010224 ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-	Технологические особенност сти изготовления котлов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Сельский Д.В.	<i>[Подпись]</i>	27.06				
Провер.		Новосельцев	<i>[Подпись]</i>	29.06			2	81
Реценз						Каф. «Машиностроение»		
Н. Контр.		Бусыгин С.Л.	<i>[Подпись]</i>	27.06				
Утверд.		Демченко А.И.	<i>[Подпись]</i>					

## РЕФЕРАТ

Тема дипломной работы «Технологические особенности изготовления котлов»

Проект состоит из пояснительной записки, 4-х листов графической части формата А1. Пояснительная записка из 75 страниц содержит: 8 иллюстраций, 20-ти таблиц, количество использованных источников 10, 1 приложения

Пояснительная записка состоит из введения и трех основных разделов: (1 – технологический раздел; 2 – конструкторский раздел; 3 – организационно-экономический раздел; заключение).

Перечень ключевых слов: сварка в защитных газах, сборка и сварка обечайки, сварочные материалы, флюсовая подушка.

В работе решены следующие задачи: эффективное применение сварочной головки при сварке котельных труб с трубной доской, а также применен метод флюсовой подушки, снижающий риск возникновения пор в сварном шве. Рассчитаны технико-экономические показатели.

					БР – 150700.62 –	Лист
						4
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. Технологическая часть.....	10
1.1. Техническая характеристика, назначение, состав и условие эксплуатации парового котла.....	11
1.2. Обоснование выбора и характеристик материала .....	14
1.3. Технические требования к технологическому процессу изготовления котла .....	19
1.4. Выбор и обоснование способов сварки .....	21
1.5. Выбор и обоснование сварочных материалов .....	27
1.6. Расчет и выбор режимов сварки.....	30
1.6.1. Расчет режимов сварки обечаек автоматической сваркой под слоем флюса .....	30
1.6.2. Подбор режимов сварки опорных балок.....	30
1.6.3. Подбор режимов сварки котельных труб и деталей котла в среде защитных газов.....	31
1.7. Выбор сварочного оборудования .....	32
1.8. Технологический раздел сварки .....	37
1.9. Технология изготовления цилиндрической части котла .....	38
1.9.1. Изготовления цилиндрических частей барабанов.....	38
1.9.2. Сварка котельных труб с трубными досками .....	44
1.9.3. Завершающая сварка цилиндрической части котла .....	46
1.10. Сварка остальных деталей котла .....	47
1.11. Методы контроля качества сварных соединений .....	48
2. Конструкторская часть.....	51
2.1 Рабочее, расчетное и пробное давление .....	52
2.2 Допускаемые напряжения.....	55
2.3 Расчет режимов сварки .....	58
3. Организационно - экономическая часть .....	62
3.1. Определение типа производства. ....	63
3.2. Расчет нормы времени. ....	63
3.3. Расчет действительного фонда времени работы оборудования и рабочих.....	66
3.4. Методика расчета потребности в оборудовании и количестве рабочих..	67
3.5. Расчет капитальных вложений. ....	68
3.6 Расчет текущих затрат .....	69

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Да		5

3.7 Расчет годового экономического эффекта.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	76

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Ла</i>		6

## ВВЕДЕНИЕ.

Паровой котел - это агрегат, предназначенный для непрерывного производства пара с определенными параметрами в результате превращения любого вида энергии в тепловую. Наиболее распространенным источником тепловой энергии является твердое и жидкое топливо. В последние годы все шире используется тепло газов, отходящих от двигателей внутреннего сгорания (в утилизационных котлах) и имеющих температуру 300—450 С. Иногда для производства пара используют электроэнергию (в электрокотлах) и атомную энергию (в судовых реакторах).

В большинстве паровых котлов пар образуется в результате передачи тепла, выделяющегося при сгорании топлива в топке, рабочему веществу — воде.

В паровом котле происходят следующие процессы, в результате которых осуществляется непрерывное производство водяного пара: топочный — горение топлива в топке котла; аэродинамический — подача в топку воздуха и удаление из газоходов продуктов горения топлива; теплопередача — передача тепла от газов к воде через поверхность нагрева; гидродинамический — движение (циркуляция) воды и пара внутри котла, вдоль его поверхности нагрева.

Эти процессы тесно связаны между собой и сопровождаются такими побочными явлениями, как коррозия металла, образование отложений, нарушение прочности элементов котла и другими, что отражается на безаварийной и экономичной работе паровых котлов.

Современный котел состоит из следующих основных узлов: корпуса с развитой поверхностью нагрева; каркаса и фундамента; обмуровки; изоляции и обшивки; внутри барабанного устройства; водяного экономайзера; пароперегревателя и пароохладителя; топки с топочным устройством; воздухоподогревателя с воздухопроводами; дымоходов с дымовой трубой; арматуры и контрольно-измерительных приборов.

					БР – 150700.62 –	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

Обеспечение их нормальной работы осуществляется при помощи следующих систем: питания, топливоподачи, воздухоподачи и удаления газов, продувки, водообработки, сажеобдувки, контроля, регулирования и управления. Работа каждой системы обеспечивается различными механизмами и устройствами, которые выполняют определенные функции. [4]

Важной частью при изготовлении котла является сварка. Сварка – процесс получения неразъемного соединения путем образования межатомных и межмолекулярных связей, путем плавления либо давления.

В настоящее время сварка является одним из часто употребляемых технологических процессов соединения материалов, из-за которого получают высокопрочные конструкции, работающие в предельных нормах.

На сегодняшний день существует более 50 различных технологий сварки. Это дуговая сварка и ее разновидности, плазменная сварка, лазерная сварка, газовая сварка, контактная сварка, диффузионная сварка и многие другие.

Сварные соединения получили большое распространение в промышленности. В отдельных случаях сварные конструкции заменяют кованные изделия и изделия, изготовленные отливкой.

Сварное соединение - это неразъемное соединение металлических деталей, полученное путем расплавления электрической дугой или пламенем газовой горелки места соединения и наплавления металла (электрода или особого прутка) между кромками в местах соприкосновения деталей, в результате чего в местах соединения получают сварные швы.

Способы сварки плавлением обычно классифицируются по трём признакам: источнику нагрева металла; способу защиты расплавленного металла от окружающей атмосферы; степени механизации процесса сварки. В зависимости от источника нагрева металла способы сварки плавлением делятся на следующие:

- Дуговая сварка (источник нагрева металла – свободно горящая между электродом и изделием электрическая дуга);

- Плазменная сварка (источник нагрева металла – сжатая электрическая дуга, через которую со сверхзвуковой скоростью продувается газ, приобретающий свойства плазмы);
- Электрошлаковая сварка (источник нагрева металла – расплавленный флюс (шлак), по которому протекает электрический ток);
- Электронно-лучевая сварка (источник нагрева металла – кинетическая энергия электронов, движущихся в вакууме под действием мощного электрического поля);
- Лазерная сварка (источник нагрева металла – луч оптического квантового генератора (лазера) в световом или инфракрасном диапазоне);
- Газовая сварка (источник нагрева металла – высокотемпературное пламя, образующееся при сгорании газа в смеси с кислородом).

Первые пять способов иногда называют способами электрической сварки плавлением. Последнего относят к газопламенной обработке металлов, поскольку электрическая энергия для его осуществления не используется. Наиболее распространенной среди способов сварки плавлением является дуговая сварка.

Для получения качественного сварного соединения расплавленный металл, в процессе сварки необходимо защищать от окружающей атмосферы. В зависимости от применяемой защиты различают следующие способы сварки:

покрытыми электродами (роль защиты выполняет покрытие электрода, разлагающееся при нагреве);

под флюсом (защита осуществляется с помощью специального порошка (флюса), который подается в зону сварки из бункера);

в защитных газах (защита осуществляется с помощью газа, который, как правило, подается через сопло сварочной горелки);

порошковой проволокой (функцию защиты выполняет предварительно засыпанный в трубчатую сварочную проволоку порошок, который при нагреве разлагается с образованием газа и шлака). [1]



# 1. Технологическая часть

					БР – 150700.62 –	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

## 1.1. Техническая характеристика, назначение, состав и условие эксплуатации парового котла.

Паровым котлом называется комплекс агрегатов, предназначенных для получения водяного пара. Этот комплекс состоит из ряда теплообменных устройств, связанных между собой и служащих для передачи тепла от продуктов сгорания топлива к воде и пару. Исходным носителем энергии, наличие которого необходимо для образования пар из воды, служит топливо.

Основными элементами рабочего процесса, осуществляемого в котельной установке, являются:

- 1) процесс горения топлива,
- 2) процесс теплообмена между продуктами сгорания или самим горящим топливом с водой,
- 3) процесс парообразования, состоящий из нагрева воды, ее испарения и нагрева полученного пара.

Во время работы в котлоагрегатах образуются два взаимодействующих друг с другом потока: поток рабочего тела и поток образующегося в топке теплоносителя.

В результате этого взаимодействия на выходе объекта получается пар заданного давления и температуры.

Одной из основных задач, возникающей при эксплуатации котельного агрегата, является обеспечение равенства между производимой и потребляемой энергией. В свою очередь процессы парообразования и передачи энергии в котлоагрегате однозначно связаны с количеством вещества в потоках рабочего тела и теплоносителя.

Горение топлива является сплошным физико-химическим процессом. Химическая сторона горения представляет собой процесс окисления его горючих элементов кислородом проходящий при определенной температуре и сопровождающийся выделением тепла. Интенсивность горения, а так же экономичность и устойчивость процесса горения топлива зависят от способа подвода и распределения воздуха между частицами топлива. Условно принято

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Дд		11

процесс сжигания топлива делить на три стадии: зажигание, горение и дожигание. Эти стадии в основном протекают последовательно во времени, частично накладываются одна на другую.

Расчет процесса горения обычно сводится к определению количества воздуха в м<sup>3</sup>, необходимого для сгорания единицы массы или объема топлива количества и состава теплового баланса и определению температуры горения.

Из всех котлов, работающих в стационарных условиях, наибольшим распространением пользуются водотрубные котлы, самоназвание которых указывает, что вода находится внутри труб. По сравнению с описанными ранее, эти котлы имеют много достоинств.

Водотрубные котлы можно быстро растапливать, так как у них хорошо осуществляется циркуляция, выравнивающая температуру воды в различных пунктах котла и не допускающая возникновения местных повышенных напряжений в металле, течи швов и пр. Хорошая циркуляция обеспечивает отвод пузырьков пара из мест, подверженных нагреванию, и тем предотвращает возможность перегрева металла труб даже при высоких форсировках. Форсировки современных водотрубных котлов доводятся до 75 кг/м<sup>2</sup> час пара и выше, но для подобных напряжений, как ни хорошо обеспечивается циркуляция в водотрубных котлах, все же необходимо рассчитывать котел на циркуляцию с целью выявления достаточности имеющихся гидравлических напоров для вывода в паросборник всего образующегося в трубах пара.

Высокие форсировки — порядка 50 кг/м<sup>2</sup> час и более — обычно достигаются только при условии снабжения котлов механическими или пылеугольными топками. Котлы небольшой мощности, обслуживающие отопление, вентиляцию и производственные процессы обычно снабжаются более примитивными топочными устройствами: ручными колосниковыми решетками, шахтными топками, ступенчатыми решетками. В таких случаях топка ставит предел форсировке работы котельных поверхностей; последняя по большей части не превышает 35 кг/м<sup>2</sup> час нормального пара, и наличие в котле должной циркуляции в большинстве случаев не вызывает сомнений.

У водотрубных котлов топка внешняя; это также считается одним из существенных достоинств, так как удобнее размещаются под котлом топки для любого состава топлива, не исключая и многозольных низкосортных.

По затрате металла водотрубные котлы являются наиболее совершенными. У них отсутствуют детали, имеющие большой диаметр, как, например, корпуса жаротрубных котлов. Водотрубные котлы компактны, занимают мало места, а также эластичны даже и при неравномерном нагреве стенок. У них редко появляется течь в швах или в вальцовке.

В зависимости от наклона труб к горизонту водотрубные котлы делятся на горизонтально-водотрубные и вертикально-водотрубные. У первых трубы почти горизонтальны — с углом наклона  $12^{\circ}$ — $15^{\circ}$ , у вертикально-водотрубных котлов наклон труб по большей части превышает  $45^{\circ}$ .

Высокие форсировки, в особенности первых, считая от топки, поверхностей нагрева, требуют почти полного отсутствия отложений накипи, иначе стенка перегревается, в трубе в большинстве случаев образуется отдулина и затем свищ. Для выполнения этого требования организуют водоподготовку, переводя эксплуатацию котла на безнакипный режим, или образовавшийся в трубах налет накипи периодически очищают особыми шарошками, приводимыми во вращение от гибкого вала.

Водотрубные котлы наиболее распространенных конструкций вполне обеспечивают возможность подобного механического удаления накипи. [10]

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		13

## 1.2. Обоснование выбора и характеристик материала

Для отдельных элементов котла.

Марка: Сталь ВСтЗсп.

Заменитель: Сталь СтЗпс.

Вид поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 535-79, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 19771-74, ГОСТ 19772-74, ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8282-83, ГОСТ 8283-77, ГОСТ 380-71, ГОСТ 8509-86, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-72. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 19903-74. Лента ГОСТ 503-81, ГОСТ 6009-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70, ГОСТ 535-79. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479-70. Трубы ГОСТ 8734-75, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 10705-80.

Класс: Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества.

Назначение: несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат (5-й категории) – для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках: при толщине проката до 25 мм в интервале температур от -40 до +425 °С; при толщине проката свыше 25 мм - от -20 до +425 °С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали ВСтЗсп

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,14 - 0,22	0,12 - 0,3	0,4 - 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,3	до 0,08	~98

Таблица 1.2 – Механические свойства ВСтЗсп

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ ( $\delta_5$ )(%)
			не менее		
380-71	Прокат горячекатаный	До 20	245	370-480	26
		Св. 20 до 40	235		25
		Св. 40 до 100	225		23
		Св. 100	205		23
16523-70 (Образцы поперечные)	Листы горячекатаные	До 2,0 вкл	---	370-480	(20)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл			(22)
	Листы холоднокатаные	До 2,0 вкл	---	370-480	(22)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл			(24)

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Дл

**БР – 150700.62 –**

Лист

14

Конструкционную углеродистую сталь обыкновенного качества ВСтЗсп применяют для изготовления несущих и ненесущих элементов для сварных и несварных конструкций, а также деталей, работающих при положительных температурах.

Углеродный эквивалент равен 0.31%, что допускает сварку без появления трещин, только в нормальных производственных условиях, т. е. при окружающей температуре выше 0°C, отсутствии ветра и пр. К этой же группе относят стали, нуждающиеся в предварительном подогреве или предварительной и последующей термообработке для предупреждения образования трещин при сварке в условиях, отличающихся от нормальных (при температуре ниже 0°C, ветре и др).

Для обечаек.

Марка: Сталь 20К

Заменитель: Сталь 15К

Вид поставки: лист толстый ГОСТ 5520-79 , ГОСТ 19903-74.

Использование в промышленности: фланцы, днища, цельнокованные и сварные барабаны паровых котлов, полумуфты, корпуса аппаратов и другие детали котлостроения и сосудов, работающие под давлением и при температуре до 450 °С.

Таблица 1.3 – Химический состав в % стали 20К

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,16 - 0,24	0,15 - 0,3	0,55 - 0,85	до 0,3	до 0,04	до 0,04	до 0,3	до 0,3	до 0,08	~97

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 20К

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_b$ (МПа)	$\delta_5$ ( $\delta_5$ )(%)
			не менее		
380-71	Прокат горячекатаный	До 20	245	400-510	59
		Св. 20 до 40	235		54
		Св. 40 до 100	225		63
		Св. 100	205		23
16523-70 (Образцы поперечные)	Листы горячекатаные	До 2,0 вкл	215-245	400-440	(20)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл			(22)
	Листы холоднокатаные	До 2,0 вкл	185-200	370-400	(22)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл			(24)

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лп

БР – 150700.62 –

Лист

15

Углеродный эквивалент.

Показатель свариваемости стали, выраженный в виде приведения к содержанию углерода суммы концентраций Mo, Cr, Mn, Si и других элементов в стали, увеличивающих устойчивость аустенита и соответственно понижающих температуру начала мартенситного превращения стали.

Наиболее часто для определения углеродного эквивалента ( $C_э$ ) используется уравнение Международного инварианта сварки(1.1.):

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Cu+Ni)}{15}; \quad (1.1) [9]$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni — массовые доли элементов в стали, %.

$$C_э = 0,16 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,7}{5} + \frac{0,6}{15} = 0,42 \%$$

Исходя из полученных данных свариваемость стали удовлетворительная.

Она допускает сварку без появления трещин, только в нормальных производственных условиях, т. е. при окружающей температуре выше 0°C, отсутствии ветра и пр. К этой же группе относят стали, нуждающиеся в предварительном подогреве или предварительной и последующей термообработке для предупреждения образования трещин при сварке в условиях, отличающихся от нормальных (при температуре ниже 0°C, ветре и др).

Для котельных труб.

Марка: Сталь 15ХМ

Заменитель: н/д

Вид поставки: Труба 15хм, круг 15хм, сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 10702-78. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-87, ГОСТ 8734-75.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		16

Таблица 1.5 – Химический состав в % стали 15ХМ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,11 - 0,18	0,17 - 0,37	0,4 - 0,7	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,9-1,1	до 0,3	до 0,08	~96

Таблица 1.6 – Механические свойства стали 15ХМ

Сортамент	Размер	Напр.	$S_B$	$S_T$	$d_5$	$\gamma$	KCU
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м2
Трубы, ГОСТ 8731-87			431	225	21		
Прутки		Прод.	540	350	25	67	2700
Прутки, ГОСТ 4543-71	0,3		440	275	21	55	1180

Углеродный эквивалент.

Показатель свариваемости стали, выраженный в виде приведения к содержанию углерода суммы концентраций Mo, Cr, Mn, Si и других элементов в стали, увеличивающих устойчивость аустенита и соответственно понижающих температуру начала мартенситного превращения стали.

Наиболее часто для определения углеродного эквивалента ( $C_э$ ) используется уравнение Международного инварианта сварки(1.2.):

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Cu+Ni)}{15}; \quad (1.2) [9]$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni — массовые доли элементов в стали, %.

$$C_э = 0,17 + \frac{0,4}{6} + \frac{0,12}{5} + \frac{0,6}{15} = 0,30 \%$$

Исходя из полученных данных свариваемость стали удовлетворительная.

Она допускает сварку без появления трещин, только в нормальных производственных условиях, т. е. при окружающей температуре выше 0°C, отсутствии ветра и пр. К этой же группе относят стали, нуждающиеся в предварительном подогреве или предварительной и последующей термообработке для предупреждения образования трещин при сварке в условиях, отличающихся от нормальных (при температуре ниже 0°C, ветре и др).

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подпи	Лп		17



На свариваемость материала существенно влияют содержащиеся в нем элементы и примеси. Так углерод, как одна из важнейших примесей, определяет прочность, пластичность, закаливается и другие характеристики стали. Содержание углерода в сталях до 0,25 % не снижает свариваемости. Более высокое содержание углерода приводит к образованию закалочных структур в металле зоны термического влияния и появлению трещин.

Сера и фосфор - вредные примеси. Повышенное содержание серы приводит к образованию горячих трещин - красноломкость, фосфор вызывает хладноломкость. Поэтому содержание серы и фосфора в низкоуглеродистых сталях ограничивают до 0,4 – 0,5 %.

Кремний присутствует в сталях как примесь в количестве до 0,3 % в качестве раскислителя. При таком содержании кремния свариваемость сталей не ухудшается. В качестве легирующего элемента при содержании кремния - до 0,8 – 1,0 % (особенно до 1,5 %) возможно образование тугоплавких оксидов кремния, ухудшающих свариваемость стали.

Марганец при содержании в стали до 1,0 % процесс сварки не затрудняет. При сварке сталей с содержанием в количестве 1,8–2,5 % возможно появление закалочных структур и трещин в металле ЗТВ.

Хром в низкоуглеродистых сталях ограничивается как примесь в количестве до 0,3 %. В низколегированных сталях возможно содержание хрома в пределах 0,7 – 3,5 %. В легированных сталях его содержание колеблется от 12 % до 18 %, а в высоколегированных сталях достигает 35 %. При сварке хром образует карбиды, ухудшающие коррозионную стойкость стали. Хром способствует образованию тугоплавких оксидов, затрудняющих процесс сварки.

Никель аналогично хрому содержится в низкоуглеродистых сталях в количестве до 0,3 %. В низколегированных сталях его содержание возрастает до 5 %, а в высоколегированных - до 35 %. В сплавах на никелевой основе его содержание является преобладающим. Никель увеличивает прочностные и пластические свойства стали, оказывает положительное влияние на свариваемость. [9]

					БР – 150700.62 –	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Дл		

### 1.3. Технические требования к технологическому процессу изготовления котла

- Сварку металлоконструкций при изготовлении необходимо производить в соответствии с требованиями технологического процесса, устанавливающего способ сварки, порядок наложения швов, режимы сварки.
- Принятая технология сварки должна обеспечить механические свойства металла шва сварного соединения не ниже нижнего предела основного металла и минимум остаточных напряжений.
- Перед сваркой необходимо очистить сварочную проволоку от грязи и ржавчины. Электроды и флюс просушить и прокалить по режимам, указанным в паспортах на эти материалы.
- К выполнению работ по сварке несущих металлоконструкций должны допускаться только сварщики, аттестованные в соответствии с требованиями «Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99.
- Сварочные работы должны осуществляться под руководством лица, имеющего специальную техническую подготовку.
- Сварщик обязан проставлять присвоенный ему номер или условный знак (клеймо) рядом с выполнением им швом. Место клеймения и способ нанесения указываются в конструкторской документации.
- Сварка деталей или сборочных единиц должна производиться только после проверки правильности их установки, сборки (контроль ОТК, БТК).
- Положение свариваемых конструкций должно обеспечивать наиболее удобные для работы сварщика и получения качественных сварных соединений. В необходимых условиях должны применяться специальные сварочные приспособления – позиционеры, кантователи и др.
- При многослойной сварке каждый слой шва должен быть перед наложением последующего уровня очищен от шлака и брызг металла. Участки

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		19

слоев шва с порами и недопустимыми дефектами (раковинами, трещинами) должны быть вырублены до чистого металла.

- При перерыве процесса сварки, возобновлять его разрешается только после очистки концевого участка шва длиной не менее 50 мм и кратера от шлака. Кратер должен быть заплавлен (заварен).

- По окончании сварки швы и прилегающие к ним зоны должны быть зачищены от шлака, брызг и натеков металла, а выводные планки удалены термической резкой. Ширина зоны очистки устанавливается технологическим процессом, но не менее 20 мм по обе стороны от оси шва. [7]

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Да		20

#### 1.4. Выбор и обоснование способов сварки

Для сварки обечайки применяем автоматическую сварку под слоем флюса (ГОСТ 8713-79\*).

Сущность процесса сварки под флюсом.

При этом способе сварки электрическая дуга горит под зернистым сыпучим материалом, называемым сварочным флюсом (рисунок 1.1).

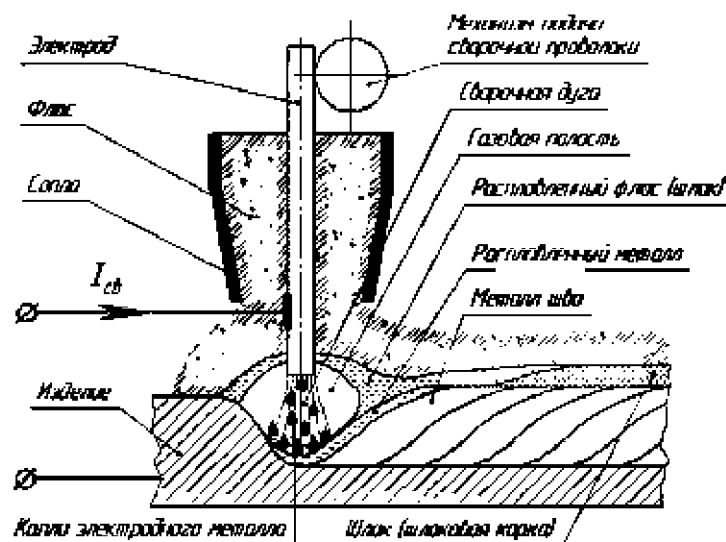


Рисунок 1.1 – Сварка под слоем флюса

На заводах по ремонту дорожных машин и тракторов нашла широкое применение автоматическая сварка под слоем флюса. Это объясняется большой производительностью по сравнению с ручной дуговой сваркой (в 2–5 раз).

Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока и основной металл, а также часть флюса. В зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от

					БР – 150700.62 –	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		21

металла шва. Не израсходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и используется в дальнейшем при сварке.

При увеличении сварочного тока возрастают объем жидкой ванны и глубина провара основного металла, ширина же провара остается практически неизменной.

При увеличении сечения электрода при неизменном токе увеличивается ширина и уменьшается глубина провара. Уменьшение диаметра электрода при неизменном токе увеличивает глубину провара.

Опыт показывает, что при увеличении скорости сварки более 40 м/ч глубина и ширина провара заметно уменьшаются, а высота валика увеличивается. Высокая производительность при сварке под флюсом достигается благодаря применению больших токов (высоких плотностей тока – 70–150 А/мм<sup>2</sup>) и использованию тонкой проволоки.

Флюсы, применяемые для автоматической и полуавтоматической сварки, совместно с соответствующей электродной проволокой должны обеспечивать устойчивое горение дуги, требуемый химический состав и механические свойства металла шва, отсутствие пор и трещин в шве, а также легкое удаление шлаковой корки с поверхности шва.

По способу изготовления флюсы делятся на плавные, получаемые путем сплавления компонентов шихты в печах, и неплавные, или керамические. Наличие различных ферросплавов в составе керамического флюса способствует получению легированного наплавленного металла, в то время как при использовании плавных флюсов легирующие примеси вводятся только через легированную электродную проволоку.

Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса должно обеспечить подачу электрода, регулирование и перемещение дуги вдоль свариваемого шва.

Регулирование дуги сводится к поддержанию постоянства длины дугового промежутка. Надежное возбуждение дуги получается при относительно высоких плотностях тока.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		22

Гашение дуги для окончания сварки производится прекращением подачи электродной проволоки. Подвод сварочного тока к электроду производится мундштуком, расположенным на небольшом расстоянии от детали.

При автоматической сварке подача электрода и передвижение дуги вдоль шва механизированы. При механизированной сварке механизирована только подача электрода, а продвижение дуги вдоль шва производится сварщиком вручную.

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
- малые затраты на подготовку кадров;
- отсутствует влияние субъективного фактора.

Области применения:

- сварка в цеховых и монтажных условиях;
- сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более;
- сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.

Пути повышения производительности:

- сварка независимой дугой, горящей между двумя электродами (к изделию ток не подводят); при большом расстоянии от дуги до поверхности изделия основной металл вообще не проплавляется;

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		23

- сварка трёхфазной дугой, при которой глубина проплавления зависит от соотношения токов в дугах, горящих между электродами и изделием;
- сварка разнородными дугами. Питание дуги между электродами и изделием осуществляется при этом постоянным током, а дуги между электродами - переменным током;
- однофазная двухэлектродная наплавка, основанная на питании электродов и изделия от концов и середины вторичной обмотки сварочного трансформатора;
- наплавка с подачей присадочной проволоки в дугу (к проволоке ток не подводят);
- сварка (наплавка) по подкладке из металла требуемого химического состава и выполняющую функции теплопоглощения сварочной дуги и повышения коэффициента наплавки;
- сварка комбинированной дугой (зависимой и независимой, горящей между основным и дополнительным электродами);
- сварка расщеплённым электродом;
- сварка ленточным электродом;
- сварка многодуговая:
  - а) в общую ванну;
  - б) в разделённые ванны.

Для сварки различных остальных деталей котла используем полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа (CO<sub>2</sub>) (ГОСТ 14771–76\*).

По сравнению с ручной дуговой сваркой, полуавтоматическая сварка в среде активного защитного углекислого газа позволяет увеличить производительность в 1,5-2 раза, отсутствует необходимость чистки шва от шлака, есть возможность наблюдения формирования шва, что дает возможность управления сваркой и обеспечивает возможность получения качественного шва, уменьшает расход электродного металла за счет отсутствия огарков. При этой сварке образуется малая зона термического влияния.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подпи	Ла		24

Теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги и форму швов. Например, по сравнению с аргоном гелий имеет более высокий потенциал ионизации и большую теплопроводность при температурах плазмы. Поэтому дуга в гелии более «мягкая». При равных условиях дуга в гелии имеет более высокое напряжение, а образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Поэтому гелий целесообразно использовать при сварке тонколистового металла. Кроме того, он легче воздуха и аргона, что требует для хорошей защиты зоны сварки повышенного его расхода (1,5—3 раза). Углекислый газ по влиянию на форму шва занимает промежуточное положение. Широкий диапазон используемых защитных газов, обладающих значительно различающимися теплофизическими свойствами, обуславливает большие технологические возможности этого способа как в отношении свариваемых металлов (практически всех), так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров). Сварку в защитных газах можно выполнять, используя также неплавящийся (угольный, вольфрамовый) или плавящийся электрод.

Для сварки котельных труб используем полуавтоматическая сварку в среде углекислого газа (CO<sub>2</sub>), аргона (Ar) и кислорода (O<sub>2</sub>).

Преимущество данной смеси:

- Увеличение количества наплавленного металла за единицу времени, а также снижение потерь электродного металла на разбрызгивание
- Снижение количества прилипания брызг (набрызгивания) в районе сварного соединения и как следствие уменьшение до 95% трудоемкости по их удалению
- Повышение плотности и пластичности металла шва
- Повышение прочности сварного соединения
- Процесс сварки стабилен даже при некоторой неравномерности подачи сварочной проволоки, а также наличия на ее поверхности следов технологической смазки и ржавчины

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Лд</i>		25



- Гигиенические условия труда на рабочем месте сварщика улучшаются за счет значительного уменьшения количества выделений сварочных аэрозолей и дымов

Преимущества сварки в защитных газах.

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах, обладает рядом преимуществ: высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины; возможность сварки в различных пространственных положениях; возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке; отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака; высокая производительность и легкость механизации и автоматизации; низкая стоимость при использовании активных защитных газов. [3]

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Ла</i>		26

## 1.5. Выбор и обоснование сварочных материалов

Материалы для автоматической сварки под слоем флюса.

Применяем сварочную проволоку Св-08ГА (ГОСТ 2246-70). Сварочная проволока Св-08ГА применяется в сварочных работах для сварки сталей с низким содержанием углерода, а также низколегированных. Буква «А» в маркировке Св-08ГА означает, что в этой сварочной проволоке значительно снижено содержание вредных примесей.

Эти примеси снижают качество сварного шва. Сера образует с железом сульфид железа FeS, который имея температуру плавления значительно меньшую, чем у стали, способствует образованию трещин при кристаллизации расплава. Бороться с этим явлением помогает марганец. О его наличии свидетельствует буква «Г» в маркировке сварочной проволоки.

Фосфор, даже в малых количествах, снижает вязкость и пластичность металла сварного шва. Он образует фосфиды железа, которые буквально разрушают сварной шов особенно при низких температурах.

Св-08ГА используется для сварки под слоем флюса или с использованием защитных газов. Чаще всего применяется смесь газов (аргон 80 % + углекислый газ 20%). Допускается так же сварка в чистом углекислом газе.

Преимущества Сварочной Проволоки Св-08ГА.

Сварочная проволока с медным покрытием имеет ряд преимуществ перед обыкновенной проволокой. Качественное и ровное медное покрытие обеспечивает постоянный и надёжный контакт с токопроводящим наконечником. Сварочный шов получается ровными без «пробелов». «Пробелы» могут возникнуть при потере контакта даже на доли секунды, поскольку гаснет электрическая дуга.

Следует учесть, что наиболее часто заменяемым элементом сварочных автоматов и полуавтоматов, является медный токоподводящий наконечник, так как из-за отклонений в диаметре сварочной проволоки, он быстро изнашивается.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						27
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла		

Использование обмеднённой сварочной проволоки сводит износ к минимуму и соответственно замену наконечников приходится производить гораздо реже.

Кроме того, обмеднение сварочной проволоки позволяет сохранить постоянный диаметр по всей длине. Это залог стабильного прохождения проволоки по направляющим без заклинивания. Как следствие, сварочное оборудование работает дольше без профилактики и ремонта. [8]

Для сварки обечайки используем данный тип сварки и выбираем флюс АН-43, т.к. дает наибольшую длину дуги при обрыве. предназначен как для автоматической, и шланговой п/автоматической сварки электродной проволокой СВ 08 ГА.

Таблица 1.7 – Химический состав проволоки Св-08ГА

С	Si	Mn	S	P
<0,1	<0,03	0,35-0,60	<0,02	<0,02

Таблица 1.8 – Механические свойства наплавленного металла

Наименование параметра		Значение
Временное сопротивление, МПа		630
Относительное удлинение, %, не менее		23
Предел текучести, МПа, не менее		580
Твердость Нv при сварке под флюсом, АН-60	Минимальное среднее значение твердости, Нv	195

Расшифровка Св-08ГА: сварочная проволока с содержанием углерода 0,8%, марганца <1%, т.к. суммарно легирующих элементов менее 1%, то это низкоуглеродистая проволока, буква А означает, что проволока из высококачественной стали – низкое содержание вредных фосфора и серы.

По ГОСТ 9087 выбираем флюс для автоматической сварки под слоем флюса.

Выбираем марку флюса АН-43, который применяется для дуговой сварки и наплавки углеродистых низколегированных и среднелегированных сталей повышенной и высокой прочности соответствующей сварочной проволокой. Он обеспечивает не только высокую ударную вязкость металла шва при отрицательных температурах, но и высокую стойкость против хрупкого

разрушения в условиях агрессивной химической среды. Также он предназначен для дуговой сварки низколегированных сталей повышенной прочности, а также других марок низколегированных и нелегированных углеродистых сталей низколегированными сварочными проволоками марок СВ-10ГН, СВ-10НМА и др.

Таблица 1. 9 – Химический состав флюса АН-43, %:

SiO <sub>2</sub>	MnO	MgO, не более	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S, не более	P, не более
18,0-22,0	5,0-9,0	≤2,0	30,0-36,0	14,0-20,0	17,0-21,0	2,0-5,0	≤0,05	≤0,05

При полуавтоматической сварке в среде защитного газа используется углекислый газ. Из-за высокой стоимости аргона наибольшее распространение на заводах сварных строительных и машиностроительных конструкций получила сварка и наплавка в среде углекислого газа.

Углекислый газ CO<sub>2</sub> (углекислота, двуокись углерода, диоксид углерода, угольный ангидрид) в зависимости от давления и температуры может находиться в газообразном, жидком или твердом состоянии.

Углекислый газ применяется в качестве активного защитного газа при дуговой сварке плавящимся электродом (проволокой), в том числе в составе газовой смеси (с кислородом, аргоном).

Углекислый газ, подаваемый в зону сварки, оттесняет воздух и тем самым защищает сварной шов от азота и кислорода. Однако углекислый газ при высокой температуре электрической дуги (до 6000оС) разлагается на окись углерода и кислород, поэтому выгорают углерод и легирующие элементы в наплавляемом металле. Негативные последствия этого устраняются применением специальной сварочной проволоки Св-08Г2С, Св-10ГС и др. диаметром 0,8-1,2 мм, содержащие легирующие добавки кремния, титана и марганца.

В качестве недостатков можно назвать относительно большое разбрызгивание металла и сравнительно низкие механические свойства сварного шва. [8]

## 1.6. Расчет и выбор режимов сварки

### 1.6.1. Расчет режимов сварки обечаек автоматической сваркой под слоем флюса

Режимы сварки определяются согласно "ГОСТ 36-58-81".

Автоматическая сварка под флюсом ГОСТ 8713-79

Параметры режима берем для разделки кромок. [3]

Таблица 1.10 – Режим сварки для стыкового шва

Параметр	Значение
Толщина листа, мм	1,5-8
Количество проходов,	1
Сварочный ток, А	550 – 600
Напряжение дуги, В	32-34
Скорость подачи проволоки, м/ч	49-52
Скорость сварки, м/ч	30-40

### 1.6.2. Подбор режимов сварки опорных балок

Автоматическая сварка под флюсом ГОСТ 8713-79\* Т3 АФ. Параметры режима берем для разделки кромок Т3 (односторонняя однопроходная сварка без скоса кромок). [3]

Таблица 1.11 – Режим сварки для таврового шва Т3

Параметр	Значение
Толщина листа, мм	8
Количество проходов,	1
Сварочный ток, А	550 – 600
Напряжение дуги, В	32-34
Скорость подачи проволоки, м/ч	49-52
Скорость сварки, м/ч	43-48

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лп

**БР – 150700.62 –**

Лист

30

**1.6.3. Подбор режимов сварки котельных труб и деталей котла в среде защитных газов**

Полуавтоматическая сварка среде смеси защитных газов ГОСТ 14771-76. [3]

Таблица 12 – Параметры режима угловых швов

Параметр	Значение
Диаметр электрода	1,4 мм
Сварочный ток	310-330 А
Напряжение дуги	24-26 В
Скорость подачи проволоки	610-620 м/час

## 1.7. Выбор сварочного оборудования

Для автоматической сварки под флюсом используется сварочный автомат АДФ-800 и источник питания ВДУ-800.

Выпрямитель сварочный ВДУ-800 предназначен для сварки наплавки под слоем флюсом изделий из углеродистых и малоуглеродистых сталей. Является полу управляемым тиристорным выпрямителем.

Основными преимуществами ВДУ-800 являются: надежное зажигание и устойчивое горение дуги, наличие защиты от перегрузки, возможность как местного, так и дистанционного регулирования сварочных параметров, обладает двумя видами жестких внешних вольтамперных характеристик для сварки и наплавки под слоем флюса, высокая надежность обмоточных узлов, схема управления обеспечивает обратную связь по напряжению на дуге.

Таблица 1.13 – Технические характеристики ВДУ-800

Параметры	Значения
Напряжения питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ%)	800(100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	120-1000
Напряжение холостого тока	55
Номинальное напряжение в дуге	44
Потребляемая мощность	50
Масса кг	370
Габариты	580×700×1100

АДФ-800 - автомат для однослойной и многослойной автоматической дуговой сварки на постоянном токе под флюсом плавящимся электродом. Автомат специально предназначен для создания прямолинейных стыковых швов с разделкой кромок и швов в «лодочку» на изделиях большой протяженности из малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Особенностями и возможностями автомата АДФ-800 являются: лавная регулировка сварочного тока и скорости сварки, цифровая индикация основных параметров сварки, установка сварочного режима и его корректировка в процессе сварки, регулировка положения сварочной головки, микропроцессорный блок управления, наличие пульта управления, лазерный

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла		32

указатель для контроля движения сварочной проволоки относительно оси шва, возможность установки бункера разной емкости.

Таблица 1.14 – Технические характеристики АДФ-800

Напряжение питающей сети, при частоте 50Гц, В	380
Номинальное напряжение, В	42
Пределы регулирования скорости сварки, м/ч	12-120
Мощность, потребляемая сварочным трактором, ВА	400

Для полуавтоматической сварки в среде активного, защитного углекислого (а также аргона и кислорода) газа используют подающий механизм ПДГО-511 источник питания ВД-506ДК. Он служит для сварки углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей. Выпрямитель обеспечивает крутопадающие внешние характеристики со ступенчатой регулировкой наклона вольтамперной характеристики, предназначенные для ручной дуговой сварки штучным электродом, жесткую внешнюю характеристику, со ступенчатой регулировкой наклона вольтамперной характеристики, предназначенную для механизированной сварки в среде защитных газов, регулировку тока короткого замыкания.

Характерными особенностями выпрямителя являются, работа при температурах от -40°С до +50°С, плавная регулировка сварочного тока, сварка с низким разбрызгиванием, оснащены тепловой защитой от перегрузки, возможность дистанционного регулирования сварочного тока с помощью пульта позволяющего заменить много постовые выпрямители, исключив взаимное влияние постов и балластные реостаты, точная установка и высокая стабильность сварочного тока, при колебаниях питающей сети и изменениях температуры, легкий поджиг дуги, высокое качество формирования сварного шва, высокая стабильность горения дуги, простота обслуживания и ремонта.



Технические характеристики ВД-506ДК

Параметры	Значения
Напряжения питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ%)	500(60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50-500
Напряжение холостого тока	95
Регулирование сварочного тока	Плавное
Номинальное напряжение в дуге 36	40
Потребляемая мощность	36
Масса, кг	165
Габариты	390×730×690

Подающий механизм ПДГО-511. Промышленный механизм подачи сварочной проволоки закрытого типа, работающий в составе комплектных полуавтоматов. Подключается к любому сварочному источнику для MIG/MAG сварки с жесткой или комбинированной вольтамперной характеристикой. В качестве источника для ПДГО-511 можно использовать сварочные инверторы серии ВД, ВДУ, ВДМ.

Основными преимуществами подающего механизма ПДГО-511 являются:

- цифровая индикация сварочного напряжения и скорости подачи сварочной проволоки;
- плавная регулировка выходного напряжения сварочного источника и скорости подачи электродной проволоки с подающего механизма;
- наличие режима со стабилизацией сварочного тока по длине дуги;
- подключается к любому типу сварочных источников для МИГ/МАГ сварки производства ИТС;
- подключается к любому типу сварочных источников других производителей через блок питания БП-02.

Таблица 1.16 – Технические характеристики подающего механизма ПДГО-511

Параметры	Значения
Напряжение питающей сети, В, (f=50Гц)	27
Номинальный сварочный ток, А	500
Диаметр электродной проволоки, мм – стальная - порошковая	0,8-1,6 1,2-2,0
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	60-960
Масса, кг	15
Габариты, мм	290x430x540

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд

БР – 150700.62 –

Лист

34

Для смешивания газов применяем газовый смеситель MG 50 – 2 ECO, который предназначен для смешивания углекислого газа, аргона и кислорода в соотношении 75% аргона, 20% углекислого газа и 5% кислорода

- простота эксплуатации; не требуется специальное обучение персонала
- заводские настройки устанавливают постоянные процентные соотношения газов в смеси и защищают от случайных изменений
- входные фильтры защищают смеситель от механических загрязнений
- обратные клапаны предохраняют систему подачи газов от противотока
- регулирование расхода от нуля до максимальной производительности
- компактная конструкция
- простота техобслуживания
- постоянное качество
- независимо от колебаний давлений газов на входе благодаря встроенному уравниателю давлений
- надёжный корпус из нержавеющей стали

					БР – 150700.62 –	Лист
						35
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

Таблица 1.17 – Технические характеристики газового смесителя MG 50:

Параметры	Значения
Газы	все технические газы (кроме токсичных и агрессивных)
Диапазон смешивания, %	0-100
Разница входных давлений газов	макс. 3 бар
Точность смешивания	лучше $\pm 1\%$ (в абсолюте)
Габариты, мм	245 x 380 x 285 (без соединений и ресивера)
Масса, кг	20 (без ресивера)

Для сварки котельных труб с трубной доской используем сварочную головку TS-2000, которая применима для механизированной сварки тонко- и толстостенных труб в трубные доски при наивысшей производительности с применением присадочной проволоки или без нее.

Применение двигателя привода постоянного тока обеспечивает в сочетании с замкнутым контуром управления высокую точность при поддержании скорости сварки и при нахождении или повторном нахождении запрограммированных положений;

- Высокое ПВ благодаря водяному охлаждению;
- Точная центровка в трубе посредством центрирующего дорна;
- Открытая головка со встроенным механизмом подачи присадочной проволоки или без него;
- Моторизованная регулировка длины дуги (AVC), как опция;
- Пневматическая система самоцентрирования, как опция. [2]

Таблица 1.18 – Технические характеристики подающего механизма TS-2000

Параметры	Значения
Диаметр внутренний трубы, мм	10-60
Сварочный ток, А	200
Охлаждение головки	Вода
Масса, кг	11
Габариты, мм	560x243x394

## 1.8. Технологический раздел сварки

### 1. Приёмка металла

Качество стали устанавливается на основании сертификатных данных, маркировки и внешнего осмотра. Химический состав и свойства стали 20К должны соответствовать ГОСТ 1050-88.

### 2. Правка металла

С металлургических заводов металл поступает с отклонением от прямолинейности. Деформации металла могут возникать при транспортировке. Правка металла осуществляется в холодном состоянии, пропусканием листов между верхними и нижними рядами валков, расположенными в шахматном порядке на многовалковых правильных машинах.

### 3. Резка и вальцовка металла

После правки металла проводят следующие операции: резка, обработка кромок, вальцовка. Для резки металла целесообразнее использовать пресс - ножницы с наклонным ножом (гильотина). После резки, при необходимости, кромки детали подвергают дополнительной чистовой обработки. Форма детали придается при помощи вальцовки на 4-х валковой установке (при её использовании подгибка кромок не нужна).

### 4. Подготовка поверхности металла

Перед сваркой поверхность детали очищают, промывают, проводят пассивирование. Обезжиривание и травление поверхности производят химическими методами. Для деталей из тонколистовой холоднокатаной стали наиболее рациональна очистка в струйных 2хкамерных механических мойках, устанавливаемых в потоках. Детали через них транспортируются подвесными конвейерами. Для защиты от коррозии применяют защитные металлические покрытия, слой наносится на поверхность детали до сварки.

Качество поверхности детали контролируется внешним осмотром. Поверхность в зоне сварки должна иметь ровный металлический блеск или матовый оттенок. [9]

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						37
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лп		

## 1.9. Технология изготовления цилиндрической части котла

### 1.9.1. Изготовления цилиндрических частей барабанов

Подготовка и требования к сборке барабанов

- Одиночные обечайки и днища барабана котла перед сборкой должны быть проконтролированы на наличие маркировки, подтверждающей соответствие их назначению, а также на наличие сопроводительной документации, удостоверяющей результаты контроля качества подготовки под сварку. При отсутствии маркировки или документации обечайки и днища к сборке не допускаются.

- Перед сваркой соединяемых элементов (сборочных единиц) должно быть проверено соответствие их подготовки под сварку требованиям конструкторской документации. В частности, следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки кромок, углов скоса, параллельность стыкуемых кромок, размеры и постоянство зазоров между ними, величину излома осей соединяемых элементов, смещение кромок, перпендикулярность подготовленных под сварку торцов цилиндрических элементов, качество зачистки поверхностей деталей на прилегающих к подготовленным кромкам участках, плавность и углы наклона переходов.

- Подготовка кромок под сварку должна производиться механическим способом.

- Допускается плазменная резка, а также термическая резка с последующей механической обработкой и удалением подкаленного слоя.

- Не допускается подгонка кромок ударным способом.

- Шероховатость поверхности подготовленных под сварку кромок должна соответствовать конструкторской документации.

- Материал, форма, размеры и количество временных технологических креплений, их расположение и размеры швов приварки креплений к собираемым деталям должны быть указаны в технологических процессах.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						38
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

- Наложение прихваток в местах пересечения или сопряжения подлежащих сварке соединений не допускается.
- Выполнение прихваток и приварку временных технологических креплений следует производить ручной дуговой сваркой покрытыми электродами или аргонодуговой сваркой с использованием сварочных материалов, выбираемых в соответствии с п. 6.6 (без подогрева). Прихватки рекомендуется располагать со стороны, противоположной выполнению первого прохода.
- Стыкуемые кромки заготовок днищ и обечаек, а также кромки штампованных днищ с прилегающими к ним поверхностями основного металла должны быть перед сваркой зачищены до чистого металла на ширину не менее 20 мм (при электрошлаковой сварке на 50 мм) от кромки разделки (торца).
- Кромки не должны иметь следов ржавчины, окалины и прочих загрязнений. Кромки должны проходить визуальный контроль на выявление расслоения, закатов и трещин. При толщине листового проката более 36 мм зона, прилегающая к кромкам, дополнительно должна контролироваться ультразвуковым методом на ширине не менее 50 мм для выявления трещин и расслоений.
- В случае обнаружения недопустимых дефектов исправления производятся в соответствии с технологической документацией предприятия-изготовителя.
- Перед приваркой к обечайкам днищ с овальным лазом необходимо проверить на соответствие чертежу положения отверстий лазов двух днищ и размеров стыкуемых частей обечаек и днищ. Большие оси отверстий овальных лазов должны совпадать с горизонтальной осью барабана, наносимой керном на длине 200 мм от наружной кромки цилиндрической части барабана. Осевые линии лазовых отверстий также наносятся керном до кромок цилиндрической части днища. Несовпадение горизонтальных осей лаза и барабана не должно быть более 5 мм.
- Продольные сварные швы обечаек до приварки днищ должны быть строго увязаны с осями барабана в соответствии с чертежом.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Лд</i>		39

- Перед приваркой к обечайкам днищ с круглыми лазами необходимо проверить наличие лазовых затворов внутри барабана, которые должны быть установлены до приварки днищ, а затворы барабанов больших размеров, термообрабатываемых по частям, должны быть установлены до сварки среднего кольцевого шва. Перед приваркой креплений лазовых затворов к днищу необходимо проверить положение затворов и направление их открытия по отношению к осям барабана.

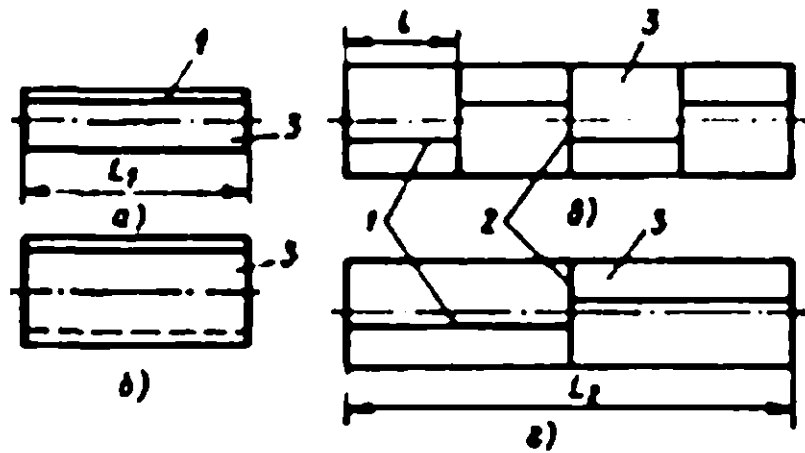
- Технические требования к установке и приварке лазовых затворов к днищам должны соответствовать чертежам.

- На наружных и внутренних поверхностях барабана минимальное расстояние от края углового шва приварки труб, штуцеров, опор, сепарационных устройств, перегородок и других деталей до края шва любого соседнего сварного соединения должно составлять не менее трех номинальных толщин привариваемых деталей.

- Требуемое расстояние между краями швов двух соседних привариваемых деталей различной номинальной толщины определяют по наибольшему показателю.

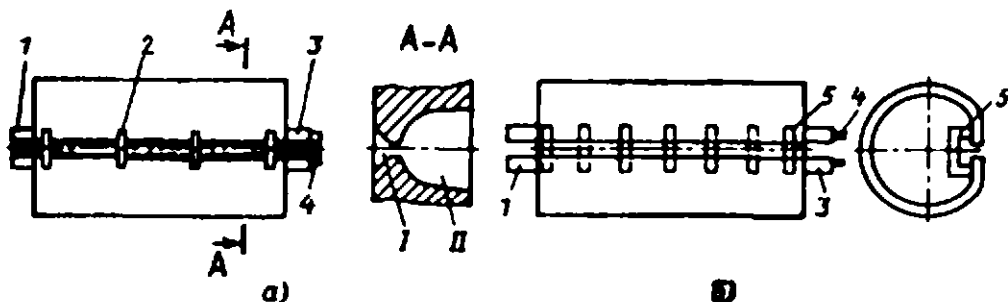
- Обрабатываемые под сварку кромки отверстий барабанов и штуцера должны быть перед сваркой тщательно осмотрены на предмет обнаружения расслоений и других дефектов и приняты службой технического контроля. Необходимо проверить соответствие чертежам размеров, предельных отклонений, качества механической обработки под сварку.

Различают четыре основных типа корпусов барабанов, сваренных из листовой стали (рисунок 1): с одним продольным швом; с двумя продольными швами, соединяющими полуобечайки, каждая из которых изготовлена из одного листа; с кольцевыми швами, цилиндрическая часть которых состоит из нескольких обечаек (с одним или двумя продольными швами), соединенных между собой кольцевыми швами.



а) – с одним продольным швом; б) – с двумя продольными швами; в) – из нескольких обечаек, имеющих по одному продольному шву; г) – из нескольких обечаек, имеющих по два продольных шва; 1 – продольный шов; 2 – кольцевой шов; 3 – обечайка.  
Рисунок 1.2 – Типы цилиндрической части корпуса барабана.

В данном случае для внешнего барабана используем тип корпуса из двух обечаек, имеющих по два продольных шва (рис.1.2, г). Цилиндрические части барабанов с двумя продольными швами, выполненные из двух полуобечаек, можно изготовить гибкой на вальцах или штамповкой. Кромки заготовок полуобечаек не обрабатывают, поскольку предусматривается припуск на прямые участки и последующую механическую обработку после гибки.



а) – автоматической дуговой; б) – электрошлаковой; 1 – вводная планка; 2 – технологическая планка; 3 – контрольная пластина; 4 – выводная планка; 5 – технологическая скоба.

Рисунок 1.3 – Сборка продольного стыка обечайки для сварки.

Стыки продольного шва обечаек с одним швом для автоматической дуговой сварки под флюсом собирают в горизонтальном положении на механизированных роликовых кантователях с помощью технологических сборочных планок 2 (рис. 1.3, а). При сборке стыка кромки выравнивают так,

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд
-----	------	---------	-------	----

БР – 150700.62 –

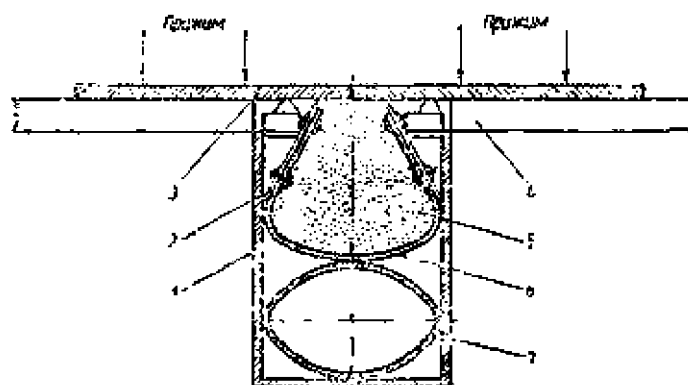
Лист

41



чтобы местное их смещение между собой не превышало 10% номинальной толщины (но не более 3 мм), обеспечивая по всей длине стыка зазор, установленный для применяемого сварного соединения. Ось стыка обечайки должна совпадать с ее образующей. Сборочные планки 1, 2 и 4 устанавливают с наружной стороны и приваривают.

Данную сварку осуществляют с применением флюсовой подушки, благодаря которой в сквозном проваре уменьшается вероятность образования в шве пор. Так, использование большой тепловой мощности при сварке под флюсом может вызвать прожоги в шве и нарушить его формирование, поэтому применение флюсовых подушек, позволяет исключить прожоги при обеспечении гарантированного равномерного проплавления в корне шва. [4]



1 — корыто; 2 — упорная планка; 3 — свариваемый лист; 4 — сварочный стол; 5 — флюсовая подушка; 6 — брезентовая ткань; 7 — шланг (изображен в рабочем положении).  
Рисунок 1.4. Схема приспособления для сварки на флюсовой подушке.

В процессе сварки свариваемые кромки полностью проплавляются и образуется шов, имеющий усиление с верхней и нижней стороны стыка. Жидкий металл расплавляет часть флюса подушки, и поэтому сварной шов покрыт шлаковой коркой не только с наружной, но и с внутренней стороны.

Для формирования нижнего усиления нет необходимости в сильном поджатии флюса, достаточно надежно его уплотнить. Если флюс находится под чрезмерно большим давлением, он может выдавливать расплавленный металл вверх, что станет причиной ослабления шва с нижней стороны. Недостаточное уплотнение флюса подушки приводит к провисанию ванны жидкого металла.

При этом шов будет иметь чрезмерно большое усиление с нижней стороны соединения и окажется ослабленным сверху.

Основными условиями, определяющими режим сварки на флюсовой подушке, являются достаточная для полного проплавления свариваемых кромок мощность сварочной дуги и достаточное количество наплавленного металла для заполнения зазора и образования усиления с двух сторон стыка.

После сварки сборочные планки, скобы и другие технологические приварные детали удаляют, поверхность обечайки в месте приварки технологических деталей зачищают. Порезы основного металла при этом не допускаются. Отрезаются контрольные пластины, которые подвергают термической обработке вместе с обечайкой.

Затем к получившемуся внешнему барабану к задней части приваривается, с помощью автоматической сваркой под флюсом, днище.

Для внутреннего барабана используем тип корпуса из одной обечайки с одним продольным швом (рис.1.2, а). Сварка производится по тому же принципу, что и при сварке внешнего барабана. [1]

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Ла</i>		43

## 1.9.2. Сварка котельных труб с трубными досками

Соединения труб в трубных досках находятся при эксплуатации в условиях высоких переменных напряжений, связанных с термодинамическим изменением давления и температуры. Поэтому при проектировании и выборе технологии сварки нужно заботиться не только о том, чтобы получить качественное сварное соединение при наименьших производственных затратах, но и обеспечить надежную долговременную его эксплуатацию. Большое значение придается выбору основного и присадочного металлов, чтобы при сварке избежать образования трещин и пористости в сварных швах. Для изготовления труб используют низкоуглеродистые нержавеющие стали, а также хромоникелевые и никелево-медные сплавы. Трубные доски изготавливают из углеродистой стали, часто плакированной нержавеющей сталью. В подавляющем большинстве случаев трубы пропускают через отверстия в трубных досках и приваривают круговым швом с наружной стороны.

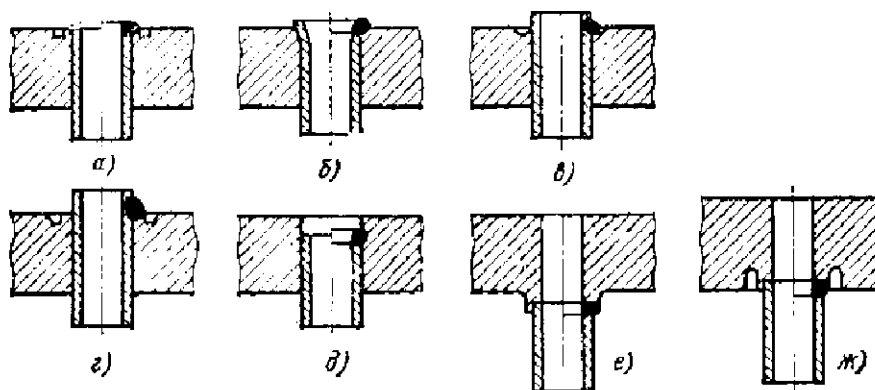


Рисунок 1.5 – варианты соединения труб с трубной доской

Наиболее предпочтительны с точки зрения повышения работоспособности варианты, показанные на рис. 1.5, д-ж. Здесь сварные швы выносятся из зон действия максимальных рабочих напряжений. Наложение шва по средней линии трубы (рис. 1.5, д) разгружает его от растяжения-сжатия, возникающего при изгибе доски. Рабочие напряжения в этом случае оказываются наименьшими из всех возможных вариантов, так как сохраняется лишь действие напряжений растяжения-сжатия, действующих вдоль трубы в

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд

БР – 150700.62 –

Лист

44

результате перемещения точек трубной доски. Исходя из этого, выбираем тип наложение шва по средней линии трубы (рис. 1.5, д).

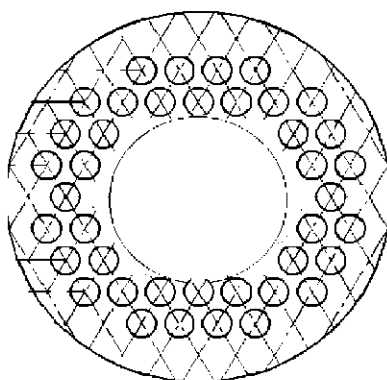


Рисунок 1.6 – Трубна доска

Целесообразно сварные швы варианта на рис. 1.5 располагать не в одной плоскости для разных труб, а ступенчато, что приводит к уменьшению концентрации напряжений в околошовной зоне и обеспечивает возможность сварки теплообменников высокого давления с малыми перемычками между свариваемыми трубами. [4]

Сварка труб из стали марки 15ХМ с трубными досками осуществляется с помощью сварочной головки TS-2000 в среде смеси защитных газов: 75% аргона, 20% углекислого газа и 5% кислорода.

					БР – 150700.62 –	Лист
						45
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

### 1.9.3. Завершающая сварка цилиндрической части котла

Внутренний барабан протаскивают в отверстие трубной доски до отверстия второй трубной доски, затем сваривают их по контурам с обеих сторон.

Получившуюся конструкцию располагают во внешнем барабане, где сварка конструкций производится по внешнему контуру трубной доски с осью стыка обечайки. Затем приставляется специальное днище, которое крепится с помощью болтового соединения.

					БР – 150700.62 –	Лист
						46
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

## 1.10. Сварка остальных деталей котла

Все остальные детали котла: трубы, выполненные из марки стали ВСтЗсп, свариваются с цилиндрической частью котла с помощью полуавтоматической сварки в среде углекислого газа. Опорные балки свариваются с помощью автоматической сварки под флюсом.

Краткое описание технологии изготовления балки

- 1) Доставка листов металла со склада для правки;
- 2) Правка листового металла;
- 3) Очистка листового металла;
- 4) Резка листового металла;
- 5) Сборка и сварка двутавра;
- 6) Контроль ВИК, ОТК;
- 7) Контроль ВИК, ОТК;
- 8) Фрезерование торцов;
- 9) Сборка и сварка опорного узла;
- 10) Окончательная сдача ВИК, ОТК. [9]

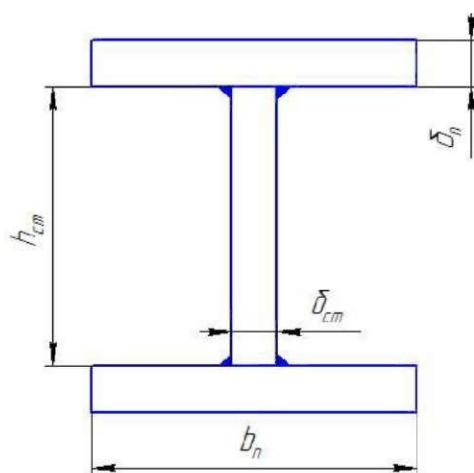


Рисунок 1.7 – Балка

где  $b_{\pi}$  – ширина полки;

$\delta_{\pi}$  – толщина полки;

$h_{ct}$  – высота стенки;

$\delta_{ct}$  – толщина стенки.

					БР – 150700.62 –	Лист
						47
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла		

## 1.11. Методы контроля качества сварных соединений

Под контролем качества сварки подразумеваются проверка условий и порядок выполнения сварочных работ, а также определение качества выполненных сварных соединений в соответствии с техническими требованиями.

В сварочном производстве применяют следующие виды контроля: входной (предупредительный), текущий (пооперационный) и приемочный (выходной) готовых изделий и узлов.

Цель входного контроля – уменьшить вероятность возникновения брака при выполнении сварочных работ (контроль документации, качества исходных и сварочных материалов, квалификации сварщиков и т. д.).

Текущий контроль осуществляется в процессе сборочно-сварочных работ.

Приемочный, или выходной контроль, осуществляется для выявления наружных и внутренних дефектов сварки.

Различают разрушающие и неразрушающие методы контроля качества сварных соединений.

Для цилиндрической части котла применяется контроль швов на непроницаемость с помощью ультразвукового метода.

Ультразвуковой контроль сварных швов — это неразрушающий целостности сварочных соединений метод контроля и поиска скрытых и внутренних механических дефектов не допустимой величины и химических отклонений от заданной нормы. Методом ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) проводится диагностика разных сварных соединений. УЗК является действенным при выявлении воздушных пустот, химически не однородного состава (шлаковые вложения в металле) и выявления присутствия не металлических элементов.

Практически все приборы для диагностики методом ультразвуковых волн устроены по схожему принципу. Основным рабочим элементом является пластина пьезодатчика из кварца или титанита бария. Сам пьезодатчик прибора

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		48

для УЗД расположен в призматической искательной головке (в щупе). Щуп располагают вдоль швов и медленно перемещают, сообщая возвратно-поступательное движение. В это время к пластине подводится высокочастотный ток (0,8—2,5 МГц), вследствие чего она начинает излучать пучки ультразвуковых колебаний перпендикулярно своей длине.

Отраженные волны воспринимаются такой же пластиной (другим принимающим щупом), которая преобразует их в переменный электрический ток и он сразу отклоняет волну на экране осциллографа (возникает промежуточный пик). При УЗК датчик посылает переменные короткие импульсы упругих колебаний разной длительности (настраиваемая величина, мкс) разделяя их более продолжительными паузами (1—5 мкс). Это позволяет определить и наличие дефекта, и глубину его залегания.

Процедура проведения дефектоскопии:

1. Удаляется краска и ржавчина со сварочных швов и на расстоянии 50 — 70 мм с двух сторон.

2. Для получения более точного результата УЗД требуется хорошее прохождение ультразвуковых колебаний. Поэтому поверхность металла около шва и сам шов обрабатываются трансформаторным, турбинным, машинным маслом или солидолом, глицерином.

3. Прибор предварительно настраивается по определенному стандарту, который рассчитан на решения конкретной задачи УЗД. Контроль:

4. толщины до 20 мм — стандартные настройки (зарубки);

5. свыше 20 мм — настраиваются АРД-диаграммы;

6. качества соединения — настраиваются AVG или DGS-диаграммы.

7. Искатель перемещают зигзагообразно вдоль шва и при этом стараются повернуть вокруг оси на 10-150.

8. При появлении устойчивого сигнала на экране прибора в зоне проведения УЗК, искатель максимально разворачивают. Необходимо проводить поиск до появления на экране сигнала с максимальной амплитудой.

9. Следует уточнить: не вызвано ли наличие подобного колебания отражением волны от швов, что часто бывает при УЗД.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						49
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		



10. Если нет, то фиксируется дефект и записываются координаты.

11. Контроль сварных швов проводится согласно ГОСТу за один или два прохода.

12. Тавровые швы (швы под 90 0) проверяются эхо-методом.

13. Все результаты проверки дефектоскопист заносит в таблицу данных, по которой можно будет легко повторно обнаружить дефект и устранить его. [7]

					БР – 150700.62 –	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Дд		50

## 2. Конструкторская часть

					БР – 150700.62 –	Лист
						51
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Да		

В конструктивном расчете определяют прочность для рабочих условий и условий испытания сварных цилиндрических обечаек.

### Исходные данные котла

Таблица 2.1 – Характеристики парового котла

Тип котла	Барабанный
Паропроизводительность, кг/ч	340
Мощность, МВт	0,22
Мощность, КВт	220
Температура пара, °С	200
Давление рабочей среды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1
Вид топлива	Газ
Низшая теплота сгорания топлива, кКал/кг	8200
Расход топлива, кг/ч	28
Температура уходящих газов, °С	250
Тяга	естественная
Диапазон регулирования теплопроизводительности, %	40-100
КПД котла, не менее, %	90
Габаритные размеры котельного блока, длина*ширина*высота, мм	2800*1240*1480
Масса, т, не более	1100

## 2.1 Рабочее, расчетное и пробное давление

Под рабочим давлением для барабана следует понимать максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса, без учета гидростатического давления среды и без учета допустимого кратковременного повышения давления во время действия предохранительного клапана.

Под расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов и аппаратов следует понимать давление, на которое производится их расчет на прочность. Если на элемент сосуда или аппарата действует гидростатическое давление, составляющее 5 % или более от рабочего давления, то расчетное давление повышают на величину гидростатического давления.

Гидростатическое давление, действующее на элемент сосуда, МПа, определяется по формуле 2.1:

$$P_r = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \quad (2.1) [4]$$

где  $\rho_c$  – плотность рабочей среды в аппарате, кг/м

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H_c$  – высота среды в аппарате, м.

Для защиты от возможного повышения давления выше допустимого, сосуды и аппараты снабжают предохранительными устройствами (предохранительными клапанами и др.).

При действии предохранительных клапанов давление в сосуде или аппарате не должно превышать избыточное рабочее давление на 15%.

Для элементов, разделяющих пространства с разными давлениями, за расчетное давление следует принимать либо каждое давление в отдельности, либо их алгебраическую сумму, если она требует большей толщины стенки рассчитываемого элемента.

Под пробным давлением в сосуде или аппарате следует понимать давление, при котором проводится испытание сосуда или аппарата на прочность и герметичность.

Пробное давление определяют по формуле 2.2:

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (2.2) [4]$$

где  $P$  – расчетное давление сосуда, МПа;

$[\sigma]_{20}$  – допускаемое напряжение для материала сосуда при температуре 20°С, МПа;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение для материала сосуда при расчетной температуре, МПа.

Отношение  $[\sigma]_{20}/[\sigma]$  принимается по тому из использованных материалов элементов сосуда (обечайки, днища, фланцев, крепежных деталей, патрубков и др.), для которого оно является наименьшим.

Определим расчетное и пробное давления для внешнего барабана, изготовленного из стали марки 20К, если рабочее давление в сосуде составляет  $P_{\text{раб}} = 1,0$  МПа, температура рабочей среды  $t=200^\circ\text{C}$ , плотность среды  $\rho_c =$

1400кг/м, высота сосуда со штуцерами  $H_1 = 1,88\text{м}$ , высота уровня рабочей среды  $H_c = 1,3\text{м}$ . Проверить условие необходимости расчета в условиях испытания.

Давление в сосуде во время действия предохранительного клапана определяем по формуле 2.3:

$$P_k = 1,15 \cdot P_{\text{раб}} = 1,15 \cdot 1 = 1,15 \text{ МПа.} \quad (2.3) [4]$$

Расчетное давление без учета гидростатического по формуле 2.4:

$$P_p = 0,9 \cdot P_k = 0,9 \cdot 1,15 = 1,035 \text{ МПа.} \quad (2.4) [4]$$

Гидростатическое давление среды определяем по формуле 2.5:

$$P_r = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1400 \cdot 9,8 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} = 0,018 \text{ МПа} \quad (2.5) [4]$$

Так как гидростатическое давление среды составляет менее 5 % от рабочего давления  $P_r = 0,018 < 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ МПа}$ , то по формуле 2.4 расчетное давление определяем без учета гидростатического

$$P = P_p = 1,035 \text{ МПа}$$

Пробное давление определяем по формуле (2.2). Для этого предварительно по таблице А.1 приложения А определяем значения допускаемых напряжений для стали 20К при расчетной температуре, равной температуре среды в аппарате  $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$   $[\sigma] = 136 \text{ МПа}$  и при температуре испытания  $t_n = 20^\circ\text{C}$  –

$[\sigma]_{20} = 146 \text{ МПа}$ . Допускаемое напряжение при расчетной температуре определяем линейной интерполяцией.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,035 \cdot \frac{146}{136} = 1,388 \text{ МПа.}$$

Гидростатическое давление воды в условиях испытания определяем по формуле (2.3), учитывая, что плотность воды  $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						54
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла		

$$P_{г\text{ воды}} = \rho_{в} \cdot g \cdot H_{в} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,88 \cdot 10^{-6} = 0,0184 \text{ МПа.}$$

Так как гидростатическое давление воды составляет менее 5% от пробного давления

$$P_{г\text{ воды}} = 0,0184 < 0,05 \cdot P_{пр} = 0,05 \cdot 1,388 = 0,07 \text{ МПа,}$$

то расчетное давление в условиях испытаний  $P_{и}$  равно пробному давлению:

$$P_{и} = 1,388 \text{ МПа}$$

Если выполняется условие

$$P_{и} \leq 1,35 \cdot P \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma]$$

то расчет на прочность в условиях испытаний проводить не требуется.

$$1,388 \leq 1,35 \cdot 1,035 \cdot 146 / 136 = 1,5 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, следовательно, расчет на прочность в условиях испытаний проводить не требуется.

## 2.2 Допускаемые напряжения

Допускаемое напряжение для стали 20К, при расчете по предельным нагрузкам внешнего барабана, работающего при статических однократных нагрузках, определяют для углеродистых и низколегированных сталей по формуле 2.6:

$$[\sigma] = \min\left(\frac{R_e \text{ или } R_{p0,2}}{n_T}; \frac{R_m}{n_B}; \frac{R_{m/10^5}}{n_D}; \frac{R_{p1,0/10^5}}{n_{II}}\right) \quad (2.6) [4]$$

где  $R_e$  – минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа;

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лис
						55
Изм	Лис	№ докум	Подпи	Ла		

$R_{p0,2}$  – минимальное значение 0,2 %-ого условного предела текучести при расчетной температуре (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2 %), МПа;

$R_m$  – минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, МПа;

$R_{m/10^5}$  – среднее значение предела длительной прочности за  $10^5$  ч при расчетной температуре, МПа;

$R_{p1,0}$  – минимальное значение 1 %-ого условного предела текучести при расчетной температуре (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 1 %), МПа;

$n_T$  – коэффициент запаса прочности по пределу текучести;

$n_B$  – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению (пределу прочности);

$n_L$  – коэффициент запаса прочности по пределу длительной прочности;

$n_{П}$  – коэффициент запаса прочности по пределу ползучести.

Для сталей, используемых в данном паровом котле, допускаемые напряжения при расчетной температуре приведены в приложении А (таблицы А1).

Расчетные значения предела текучести и временного сопротивления приведены в приложении А (таблицы А3 – А4).

В условиях испытания допускаемое напряжение определяем по формуле 2.7:

$$[\sigma] = \frac{R_e^{20} \text{ или } R_{p0,2}^{20}}{n_T} \quad (2.7) [4]$$

где  $R_e^{20}$  – минимальное значение предела текучести при температуре 20 °С, МПа;

$R_{p0,2}^{20}$  – минимальное значение условного 0,2 %-ого предела текучести при температуре 20 °С (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2 %), МПа;

$R_{p1,0}^{20}$  – минимальное значение условного 1 %-ого предела текучести при температуре 20 °С (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 1 %), МПа.

Коэффициенты запаса прочности должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значения коэффициентов запаса прочности

Условия нагружения	Коэффициент запаса прочности			
	$n_T$	$n_B$	$n_D$	$n_{II}$
Рабочие условия	1,5	2,4	1,5	1,0
Условия испытания:				
гидравлические	1,1	-	-	-
пневматические	1,2	-	-	-
Условия монтажа	1,1	-	-	-

Определяем допускаемое напряжение для стали 20К, используемую в трубных досках, водогрейных трубах, внутреннего и внешнего барабана, при расчетной температуре  $t = 200^\circ\text{C}$

Допускаемые напряжения при расчетной температуре  $t = 200^\circ\text{C}$  определяем методом линейной интерполяции. Для этого определим допускаемые напряжения для стали 20К по таблице А.1 приложения А:

При температуре  $t_1 = 200^\circ\text{C}$ ,  $[\sigma]_{200} = 136\text{МПа}$

При температуре  $t_2 = 250^\circ\text{C}$ ,  $[\sigma]_{250} = 132\text{МПа}$

Допускаемое напряжение при температуре  $215^\circ\text{C}$

$$[\sigma] = [\sigma]_{200} + \frac{[\sigma]_{250} - [\sigma]_{200}}{t_2 - t_1} \cdot (t - t_1) \quad (2.8) [4]$$

$$[\sigma] = 136 + \frac{132 - 136}{250 - 200} \cdot (215 - 200) = 134,8\text{МПа.}$$

Округляем результат вычисления до 0,5 МПа в сторону большего значения

$$[\sigma] = 135\text{МПа}$$



## 2.3 Расчет режимов сварки

Режимы для сборки под флюсом стыкового шва обечайки, кольцевого стыкового шва.

Схема стыкового шва по ГОСТ 8713

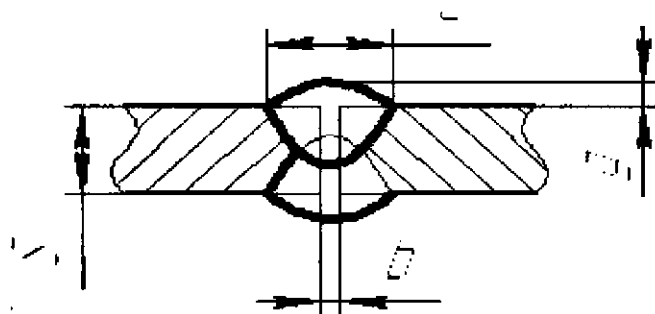


Рисунок 8 – Стыковой шов обечайки

где  $e = 12\text{мм}$  - ширина шва

$g = 2\text{мм}$  – выпуклость шва

$S = 8\text{мм}$  - толщина металла

$b = 1\text{мм}$  - зазор между деталями

Площадь наплавленного металла

$$F_{\text{н}} = S \cdot b + 1,5e \cdot g \quad (2.9) [9]$$

$$F_{\text{н}} = 8 \cdot 1 + 1,5 \cdot 12 \cdot 2 = 4,4\text{мм}^2$$

Глубина проплавления при двусторонней сборке

$$h_1 = 0,6 \div 0,7 \cdot S \quad (2.10) [9]$$

$$h_1 = 0,6 \cdot 8 = 4,8\text{мм}$$

Сборочный ток

$$I_{\text{св}} = (80 \dots 100) \cdot h_1 \quad (2.11) [9]$$

$$I_{\text{св}} = 100 \cdot 4,8 = 480\text{А}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд

БР – 150700.62 –

Лист

58

Диаметр электродной проволоки

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} \quad (2.12) [9]$$

где  $j$  – плотность тока, равная 40-80 А/мм<sup>2</sup>

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{480}{40}} = 4 \text{ мм}$$

Напряжение на дуге

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \quad (2.13) [9]$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{4}} \cdot 480 = 32 \text{ В}$$

Скорость подачи электродной проволоки

$$V_{п} = \frac{4 \cdot \alpha_{\rho} \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \rho} \quad (2.14) [9]$$

где  $\alpha_{\rho}$  - коэффициент расплавления проволоки,  $\rho$  - плотность стали 7,8 г/см<sup>2</sup>

Коэффициент проплавления находится по формуле

$$\alpha_{\rho} = 7 + 0,04 \cdot \frac{I_{св}}{d_3} \quad (2.15) [9]$$

$$\alpha_{\rho} = 7 + 0,04 \cdot \frac{480}{4} = 12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

тогда скорость подачи будет равна

$$V_{п} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 480}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 7,8} = 59 \text{ м/ч}$$

Скорость сварки

					БР – 150700.62 –	Лист
						59
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

$$V_{св} = \frac{\alpha_{п} \cdot I_{св}}{100 \cdot F_{п} \cdot \rho} \quad (2.16) [9]$$

где  $\alpha_{п}$  - коэффициент наплавки, г/А ч

Коэффициент наплавки находится по формуле

$$\alpha_{п} = \alpha_{р} \cdot (1 - \varphi) \quad (2.17) [9]$$

где,  $\varphi$  - коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, равный 0,03

$$\alpha_{п} = 12 \cdot (1 - 0,03) = 11,64 \text{ г/А ч}$$

тогда скорость сварки будет равна

$$V_{св} = \frac{11,64 \cdot 480}{100 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 18 \text{ м/ч}$$

Проверим выбранные основные параметры режима сварки. Для этого рассчитываем величину погонной энергии сварки ( Дж/см)

$$q_p = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} \quad (2.18) [9]$$

где  $\eta_u$  - эффективный КПД нагрева изделия дугой, принимаемый 0,8

$$q_p = \frac{480 \cdot 32 \cdot 0,8}{18} = 682,6 \text{ Дж/с}$$

Находим коэффициент формы провара

$$\varphi = k \cdot (19 - 0,01 I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{св}} \quad (2.19) [9]$$

При плотности тока  $j \leq 120 \text{ А/мм}^2$ ,  $k = 0,367 \cdot j^{0,1925}$  при сварке на обратной полярности.

$$\varphi = 0,367^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 480) \cdot \frac{4 \cdot 32}{480} = 3,122$$

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Пис
Изм	Пис	№ докум	Подпи	Ла		60

Определяем глубину проплавления  $h_2$  и ширину  $b_2$  шва, при рассчитанных выше основных параметрах режима

$$h_2 = 0.0076 \cdot \sqrt{\frac{q_p}{\varphi}} \quad (2.20) [9]$$

$$h_2 = 0.0076 \cdot \sqrt{\frac{682,6}{3,122}} = 0.11 \text{ см}$$

$$b_2 = \varphi \cdot h_2 \quad (2.21) [9]$$

$$b_2 = 3,122 \cdot 0.11 = 0.34 \text{ см}$$

Полученные значения глубины проплавления и ширины шва сравнивают с исходными данными. Погрешность не должна превышать  $\pm 5\%$ .

Сравнив расчетные и исходные данные, делаем вывод, что режим сварки подобран верно.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		61

### 3. Организационно - экономическая часть

					БР – 150700.62 –	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла		62

По базовой технологии изготовления парового котла прихватки производились ручной аргонодуговой сваркой. В связи с этим фактически использовали 3 вида сварки: автоматическая сварка под слоем флюса, полуавтоматическая в среде углекислого газа и полуавтоматическую в среде углекислого газа (CO<sub>2</sub>), аргона (Ar) и кислорода (O<sub>2</sub>). В данной работе предлагается прихватки производить полуавтоматической сваркой в смеси газов, что сокращает вспомогательное время и сокращает количество сварочного оборудования.

При расчете некоторых величин использованы заводские данные. Некоторые показатели брались и рассчитывались укрупнено.

### 3.1. Определение типа производства.

Исходя из веса изделия и готовой программы выпуска (50 шт.), по табличным данным определяем, что тип производства водогрейного котла – мелкосерийное.

### 3.2. Расчет нормы времени.

Расчет нормы времени зависит от типа производства. При серийном производстве рассчитываем штучное время  $t_{шт}$

$$t_{шт} = t_0 + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд} \quad (3.1)$$

где  $t_0$  – основное время сварки изделия (образование сварного шва), мин;

$t_{вн}$  – вспомогательное время, мин;

$t_{обс}$  – время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом,  $t_{опер}$  в размере 10 % от  $t_{опер}$ , мин;

$t_{отд}$  – время на отдых,  $t_{отд}$  в размере 7 % от  $t_{опер}$ , мин

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
						63
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		

1. Сварка продольных швов обечаек

$L=4570\text{мм}$ ,  $V=30\text{м/ч}$ , 1 проход

$$t_0 = 4,57/30 = 0,152 \text{ час}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 6 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 6,152 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 5 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 5,152 \text{ час}$

2. Сварка кольцевых швов обечаек

$L = 18840\text{мм}$  (для 6 швов),  $V=30\text{м/ч}$ ,

$$t_0 = 18840/30 = 6,28 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 7 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 13,28 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 6 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 12,28 \text{ час}$

3. Сварка котельных труб с трубной доской

$L = 14820,8 \text{ мм}$ ,  $V = 35\text{м/ч}$

$$t_0 = 1728/35 = 0,423 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 2,5 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 2,923 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 2,2 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{вн}} = 2,623 \text{ час}$

4. Сварка опорной балки

$L = 9320 \text{ мм}$ ,  $V = 30\text{м/ч}$ ,

$$t_0 = 9320/30 = 3,1 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
--------------------	--------------------------

$$t_{\text{вн}} = 1,5 \text{ час}$$

$$t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 4,6 \text{ час}$$

$$t_{\text{вн}} = 1,2 \text{ час}$$

$$t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 4,3 \text{ час}$$

5. Сварка опорных стоек с балками

$$L = 1728 \text{ мм}, V = 15 \text{ м/ч}$$

$$t_o = 1728/15 = 0,115 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 1 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 1,115 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 0,9 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 1,015 \text{ час}$

6. Сварка опоры с паровым котлом

$$L = 635 \text{ мм}, V = 15 \text{ м/ч}$$

$$t_o = 635/15 = 0,042 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 1 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 1,042 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 0,9 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 0,942 \text{ час}$

7. Сварка отдельных частей котла

$$L = 1632,8 \text{ мм}, V = 15 \text{ м/ч}$$

$$t_o = 1632,8/15 = 0,108 \text{ часа}$$

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{вн}} = 0,8 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 0,908 \text{ час}$	$t_{\text{вн}} = 0,6 \text{ час}$ $t_{\text{опер}} = t_o + t_{\text{вн}} = 0,708 \text{ час}$

Всего:

Базовая технология	Проектируемая технология
$t_{\text{опер}} = 6,152 + 13,28 + 2,923 + 4,6 +$	$t_{\text{опер}} = 5,152 + 12,28 + 2,623 + 4,3 +$

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд

БР – 150700.62 –

Лист

65



$1,115 + 1,042 + 0,908 = 30,02$ час	$1,015 + 0,942 + 0,708 = 27,72$ час
$t_{\text{обс}} = 30,02 * 0,1 = 3$ час	$t_{\text{обс}} = 27,72 * 0,1 = 2,7$ час
$t_{\text{отд}} = 30,02 * 0,07 = 2,1$ час	$t_{\text{отд}} = 27,72 * 0,07 = 1,9$ час
$t_{\text{шт}} = 30,02 + 3 + 2,1 = 35,12$ час	$t_{\text{шт}} = 27,72 + 2,7 + 1,9 = 32,32$ час

### 3.3. Расчет действительного фонда времени работы оборудования и рабочих

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле:

$$F_{\partial}^o = F_{\text{НОМ}}^o \cdot k_{\text{ппр}} \quad (3.2)$$

где  $F_{\partial}^o$  - действительный фонд времени работы оборудования, ч/год.

$F_{\text{НОМ}}^o$  - номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год.

$k$  – коэффициент учитывающий время по плану на капитальный и средний ремонт, текущее планово-предупредительное обслуживание,

$$k = 0,97;$$

Номинальный годовой фонд работы оборудования определяется по формуле:

$$F_{\text{НОМ}}^o = \frac{D_2}{D_{\text{н}}} \cdot \text{Ч}_{\text{н}} \quad (3.3)$$

где  $D_2$  - число дней работы в году,  $D_2 = 248$ ;

$\text{Ч}_{\text{н}}$  - число часов работы в неделю,  $\text{Ч}_{\text{н}} = 40$ ;

$D_{\text{н}}$  – число дней работы в неделю,  $D_{\text{н}} = 5$  дней;

$$F_{\text{НОМ}}^o = \frac{247 \cdot 40}{5} = 1976,$$

$$F_{\partial} = 1976 \cdot 0,97 = 1916,72$$

Действительный фонд времени рабочего рассчитывается по формуле:

$$F_{\partial}^p = F_{\text{НОМ}}^p \cdot k_o, \quad (3.4)$$

где  $F_{\partial}^p$  - действительный фонд времени рабочего, ч/год;

$F_{\text{НОМ}}^p$  - номинальный фонд времени рабочего, ч/год;

$k_o$  - коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, болезни, выполнение общественных и государственных обязанностей,  $k = 0,88$ ;

$$F_{\text{НОМ}}^o = \frac{D_2}{D_H} \cdot \Psi_H$$

где  $\Psi_H$  - число часов работы в неделю рабочего,  $\Psi_H = 40$  ч.

$$F_{\text{НОМ}}^p = \frac{247 \cdot 40}{5} = 1976 \text{ ч.}$$

$$F_{\partial} = 1976 \cdot 0,88 = 1738,88 \text{ ч.}$$

### 3.4. Методика расчета потребности в оборудовании и количестве рабочих

Расчетное количество сварочного оборудования, необходимое для выполнения планового задания  $C_p$  следует определять следующим образом:

$$C_p = \frac{t_{\text{шт.к}} \cdot N}{F_{\partial}^o \cdot k_b \cdot k_{\text{пр}}} \quad (3.5)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска изделий, шт;

$t_{\text{шт.к}}$  – штучное время, ч;

$F_{\partial}^o$  - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

$k_b$  – коэффициент выполнения норм выработки, ( $k_b = 1,2$ );

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент простоя оборудования, ( $k_{\text{пр}} = 0,8$ ).

Базовая технология	Проектируемая технология
$C_p = \frac{35,12 \cdot 50}{1976 \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 0,92 \text{ шт}$	$C_p = \frac{32,32 \cdot 50}{1976 \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 0,85 \text{ шт}$

Согласно этому на участке по одной единице каждого типа оборудования.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подпи	Лд		67

Определяем коэффициент загрузки оборудования  $\eta_{загр}$ :

Базовая технология	Проектируемая технология
$\eta_{загр} = 0,92/1 = 0,92$	$\eta_{загр} = 0,85/1 = 0,85$

Определяем расчетное количество основных рабочих  $P_p^o$ :

$$P_p^o = \frac{t_{шт.к} \cdot N}{F_{\partial}^p \cdot k_v} \quad (3.6)$$

где  $F_{\partial}^p$  - действительный фонд времени работы одного рабочего в год, ч/год;

$k_v$  - коэффициент выполнения норм выработки рабочими,  $k_v=1,2$ .

Базовая технология	Проектируемая технология
$P_p^o = \frac{35,12 * 50}{1738.88 * 1,2} = 0,84 \text{ чел}$	$P_p^o = \frac{32,32 * 50}{1738.88 * 1,2} = 0,77 \text{ чел}$

Учитывая специфику производства, для каждого типа операций определяется не менее 1 рабочего (сборщик, оператор полуавтоматической сварки, оператор автоматизированной сварки, вспомогательный рабочий)

$$P_{ир}^o = 4 \text{ чел}$$

$$P_{ир}^o = 4 \text{ чел}$$

### 3.5. Расчет капитальных вложений.

Расчет капитальных вложений производится по формуле:

$$K_{общ} = K_{об} + K_{пр} \quad (3.7)$$

где  $K_{общ}$  - общие капитальные вложения, руб;

$K_{об}$  - капитальные вложения в сварочное оборудование, руб;

$K_{пр}$  - капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления, руб;

$K_{об} = 98000$ (комплект ВДУ-800) + 72000 (комплект ВДУ-306 и ПДГ-308) + 2 * 180000 (2 комплекта АДФ-800) = 530000 руб	$K_{об} = 98000$ (комплект ВДУ-800) + 180000 (комплект АДФ-800) + 60000 (сварочная головка TS-2000) + 30000 (газовый смеситель MG-50) = 458000 руб
--	--

Капитальные вложения в приспособления включают стоимость приспособлений и манипуляторов:

$$K_{\text{пр}} = 351000 \text{ (стенд сварки под флюсом)} + 285000 \text{ (стенд сборки обечаек)} + 62000 \text{ (приспособление-треножник)} = 698000 \text{ руб.}$$

Общие капитальные вложения по вариантам

Базовый	Проектируемый
$K_{\text{общ}} = 530000 + 698000 = 1218000 \text{ руб.}$	$K_{\text{общ}} = 458000 + 698000 = 1156000 \text{ руб.}$

Удельные капитальные вложения:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / N$$

где N – программа выпуска

$K_{\text{уд}} = 1218000/50 = 24360 \text{ руб.}$	$K_{\text{уд}} = 1156000 / 50 = 23120 \text{ руб.}$
---	---

### 3.6 Расчет текущих затрат

Определяем технологическую себестоимость  $C_{\text{т}}$  сварочных работ на одно изделие:

$$C_{\text{т}} = C_{\text{м}} + C_{\text{э}} + C_{\text{з}} + C_{\text{об}}, \quad (3.8)$$

где  $C_{\text{м}}$  – затраты на сварочные материалы;

$C_{\text{э}}$  - затраты на технологическую электроэнергию.

$C_{\text{з}}$  - затраты на заработную плату

$C_{\text{об}}$  - расходы на эксплуатацию и содержание оборудования.

Затраты на сварочные материалы рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{эл}} + C_{\text{г}} + C_{\text{ф}} + C_{\text{э}}, \quad (3.9)$$

где  $C_{\text{эл}}$  - затраты на электродную проволоку;

$C_{\text{г}}$  - затраты на защитный газ;

$C_{\text{ф}}$  - затраты на флюс;

$C_{\text{э}}$  - затраты на электроды;

По сравнению с базовой технологией сокращается время на прихватку, расход газа.

Принимаем укрупнено массу металла прихваток равной 15 % от массы остального наплавленного металла:  $M_{\text{прихв}} = 3 \text{ кг}$ ,  $M_{\text{ш}} = 20 \text{ кг}$ ,  $\sum M = 23 \text{ кг}$ .

$t_{\text{св}} = 3,53 \text{ часа}$  – время основной сварки

Базовый	Проектируемый
$t_{\text{прихв}} = 1,1 \text{ часа}$ $C_{\text{э}} = Q_{\text{н}} * C_{\text{эл}}$ Где $Q_{\text{н}}$ - норма расхода наплавленного металла, $C_{\text{эл}}$ – цена 1 кг электродов, $C_{\text{эл}} = 360 \text{ руб}$ $Q_{\text{н}} = M_{\text{прихв}} * 1,7$ Где 1,7 – коэф-т расхода электродов при полуавтоматической сварке $Q_{\text{н}} = 3 * 1,7 = 5,1 \text{ кг}$ , $C_{\text{э}} = 5,1 * 360 = 1836 \text{ руб}$ , $Q_{\text{н проволоки}} = 20 * 1,1 = 22 \text{ кг}$ $C_{\text{пров}} = 200 \text{ руб/кг}$ , $C_{\text{пров}} = 200 * 22 = 4400 \text{ руб}$	$t_{\text{прихв}} = 0,53 \text{ часа}$ $C_{\text{э}}$ – отсутствует. $Q_{\text{н}} = 23 * 1,1 = 25,3 \text{ кг}$ $C_{\text{пров}} = 200 * 25,3 = 5060 \text{ руб}$

Затраты на защитный газ:

$$C_{\text{г}} = Q_{\text{г}} * C_{\text{г}}^*, \quad (3.10)$$

где  $Q_{\text{г}}$  – расход газа на изделие, л;

$C_{\text{г}}$  – цена газа, руб/л;  $C_{\text{Ar}} = 8,2 \text{ руб/л}$ ,  $C_{\text{CO}_2} = 4,4 \text{ руб/л}$ ;  $C_{\text{O}_2} = 1,2 \text{ руб/л}$

Базовый	Проектируемый
Расход углекислого газа для сварки котельных труб с трубной доской: $10 \text{ л/мин} = 600 \text{ л/час}$ Тогда учитывая время прихватки, получаем расход углекислого газа = $600 * 1,1 = 660 \text{ л/изделие}$	Расход смеси для сварки котельных труб с трубной доской: $13 \text{ л/мин} = 780 \text{ л/час}$ Тогда учитывая время прихватки, получаем расход углекислого газа = $780 * 0,53 = 413,4 \text{ л/изделие}$

$8,2 * 660 = 5412 \text{ руб}$	$8,2 * 413,4 * 0,75 + 4,4 * 413,4 * 0,2 + 1,2 * 413,4 * 0,05 = 2931 \text{ руб}$
--------------------------------	--

Расход газа для швов, выполняемых полуавтоматической сваркой, одинаков для обоих вариантов:

Расход смеси – 10 л/мин = 600 л/ч

$T_{\text{св л/а}} = 1,81 \text{ часа}$

Расход газа равен:

$600 * 1,81 = 1086 \text{ л/изделие}$

Стоимость газа:

$8,2 * 1086 * 0,8 + 4,4 * 1086 * 0,2 = 8079,84 \text{ руб}$

Суммарная стоимость защитного газа:

Базовый	Проектируемый
$C_{\text{г}} = 5412 + 8079,84 = 13491,84 \text{ руб}$	$C_{\text{г}} = 2931 + 8079,84 = 11010,84 \text{ руб}$

Затраты на флюс также одинаковы:

$$C_{\text{ф}} = Q_{\text{ф}} * C_{\text{ф}}, \quad (3.11)$$

где  $Q_{\text{ф}}$  – расход флюса на изделие, кг;

$C_{\text{ф}}$  – цена флюса, руб/кг;  $C_{\text{ф}} = 58 \text{ руб}$

$M_{\text{авт. св}} = 20,6 \text{ кг}$

$Q_{\text{ф}} = 20,6 * 1,4 = 28,84 \text{ кг}$

Где 1,4 – коэффициент расхода флюса в зависимости от массы наплавленного металла

$$C_{\text{ф}} = 28,84 * 58 = 1672,72 \text{ руб}$$

Итого затраты на материалы:

Базовый	Проектируемый
---------	---------------

$$C_M = 1836 + 5412 + 13491,84 + 1672,72 = 22412,56 \text{ руб.}$$

$$C_M = 2931 + 11010,84 + 1672,72 = 15614,56 \text{ руб.}$$

Затраты на технологическую электроэнергию  $C_э$  шва для дуговой сварки определяют по формуле:

$$C_э = Q_H \cdot q_э \cdot Ц_э, \quad (3.12)$$

где  $Q_H$  - масса наплавленного металла, кг;  $Q_H = 23$  кг

$q_э$  - расход электроэнергии на 1кг наплавленного металла,  $q_э = 6$  кВт/кг (для сварки сталей);

$Ц_э$ , - цена электроэнергии,  $Ц_э = 2,1$  руб/кВт;

$$C_э = 23 * 6 * 2,1 = 289,8 \text{ руб}$$

Определяем затраты труда на заработную плату  $C_з$ , руб/изделие:

$$C_з = З_о + З_д + O_c, \quad (3.13)$$

где  $З_о$  – основная з/плата, руб;

$З_д$  – дополнительная з/плата, руб;

$O_c$  – отчисления на социальные нужды, руб.

Определяем основную заработную плату производственных рабочих:

$$З_о = t_{\text{шт}} \cdot k_T \cdot k_d, \quad (3.14)$$

где  $k_m$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/ч;  $k_m = 76$  руб/ч для сварщиков

$k_d$  – коэффициент, учитывающий величину доплат к тарифной з/плате.

Для сварщиков:

$$З_о = 26,36 * 76 * 1,6 = 3205,38 \text{ руб}$$

Для сварщиков:

$$З_о = 26,36 * 76 * 1,6 = 3205,38 \text{ руб}$$

$З_о = 26,36 * 76 * 1,6 = 3205,38$ руб				$З_д = 22,15 * 38 * 1,6 = 2693,44$ руб		Пис
				<b>БР – 150700.62 –</b>		72
Изм	Пис	№ докум	Подпи	Ла		

Для сборщиков и вспомогательных рабочих:

Определяем дополнительную заработную плату производственных рабочих (рассчитываем в процентах от основной з/платы):

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{g}{100} \quad (3.15)$$

$Z_d = 3205,38 \cdot \frac{10}{100} = 320,54 \text{ руб}$	$Z_d = 2693,44 \cdot \frac{10}{100} = 269,34 \text{ руб}$
---	---

где  $g$  - процент дополнительной з/платы,  $g = 10\%$

Отчисления на социальные нужды определяем в процентах от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$O_c = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{C}{100} \quad (3.16)$$

где  $C$  – процент отчислений,  $C = 27,2 \%$

$O_c = (3205,38 + 320,54) \cdot \frac{27,2}{100} = 959,1 \text{ руб}$	$O_c = (2693,44 + 269,34) \cdot \frac{27,2}{100} = 805,88 \text{ руб}$
$C_s = 3205,38 + 320,54 + 959,1 = 4484,97$ <i>руб/изд.</i>	$C_s = 2693,44 + 269,34 + 805,88 =$ <i>3768,66 руб/изд.</i>

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования определяем по формуле:

$$C_{об} = A_o + Z_{тр} \quad (3.17)$$

где  $A_o$  – амортизационные отчисления;

$Z_{тр}$  – затраты на текущий ремонт и обслуживание сварочного производства.

Затраты на амортизацию сварочного оборудования по формуле:

$$A_o = \frac{\sum_{i=1}^m S_i \cdot n_i \cdot H_a \cdot \eta_{загр}}{N \cdot 100} \quad (3.18)$$

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла



где  $S_i$  – балансовая стоимость единицы оборудования  $i$  – типоразмера;

$n_i$  – количество единиц оборудования;

$N_a$  – норма амортизационных отчислений. (27%)

$A_{o1} = (1218000 * 27 * 0,92)/(50 \cdot 100) = 6051,02$ руб.	$A_{o2} = (1156000 * 27 * 0,85)/(50 \cdot 100) = 5306,04$ руб.
--	--

Затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования рассчитываем по формуле:

$$Z_{ip} = (P_o \cdot K_{об} \cdot \eta_{загр}) / (N \cdot 100), \quad (3.19)$$

где  $P_o$  - процент отчислений на текущий ремонт оборудования,

$$P_o = 11 \%$$

$Z_{ip1} = (1218000 * 11 * 0,92)/(50 \cdot 100) = 2465,23$ руб.	$Z_{ip2} = (1156000 * 11 * 0,85)/(50 \cdot 100) = 2161,72$ руб.
---	---

Таким образом, на основе вышеприведённых расчётов определим  $C_{об}$ :

$C_{об1} = 6051,02 + 2465,32 = 8516,34$ руб.	$C_{об2} = 5306,04 + 2161,72 = 7467,76$ руб.
--	--

Рассчитаем полные текущие затраты:

$C_m^b = 22412,56 + 289,8 + 4484,97 + 8516,34 = 35703,67$ руб	$= 15614,56 + 289,8 + 3768,66 + 7467,76 = 27140,78$ руб.
---	--

### 3.7 Расчет годового экономического эффекта

Раздел удален

					<b>БР – 150700.62 –</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд		74

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раздел удален

					БР – 150700.62 –	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Да		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Багрянский К.В. - Теория сварочных процессов. 34 стр.
- 2) Браткова О.Н. - Источники питания сварочной дуги. 67 стр.
- 3) Виноградов В.С. - Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки. 112 стр.
- 4) Липов Ю.М. – Компоновка и расчет парового котла
- 5) Волченко В.Н. - Сварка и свариваемые материалы, часть 1. 106 стр
- 6) Кононенко В.Я. - Сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродом. 132 стр.
- 7) Николаев Г.А. - Сварка в машиностроении. Справочник. Часть 2. 177 стр.
- 8) Юхин Н.А. - Выбор сварочного электрода. 103 стр.
- 9) Полухин П.И. - Технология металлов и сварка. 161 стр.
- 10) Новиков В.А. – Технология производства и монтажа паровых и газовых турбин.

					<b>БР – 150700.62 –</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпи</i>	<i>Лд</i>		76

# ПРИЛОЖЕНИЯ

					БР – 150700.62 –	Лист
						77
Изм	Лист	№ докум	Подпи	Да		

## Приложения А

Таблица А.1 – Допускаемые напряжения для углеродистых и низколегированных сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение $[\sigma]$ , МПа, для сталей марок					
	Ст3	09Г2С 16ГС	20 20К	10	10Г2 09Г2	17ГС 17Г1С 10Г2С1
20	154	196	147	130	180	183
100	149	177	142	125	160	160
150	145	171	139	122	154	154
200	142	165	136	118	148	148
250	131	162	132	112	145	145
300	115	151	119	100	134	134
350	105	140	106	88	123	123
375	93	133	98	82	108	116
400	85	122	92	77	92	105
410	81	104	86	75	86	104
420	75	92	80	72	80	92
430	71*	86	75	68	75	86
440	–	78	67	60	67	78
450	–	71	61	53	61	71
460	–	64	55	47	55	64
470	–	56	49	42	49	56
480	–	53	46**	37	46**	53

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Ла

БР – 150700.62 –

Лист

78

Таблица А.2 – Допускаемые напряжения для теплоустойчивых хромистых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение $[\sigma]$ , МПа, для сталей марок				
	12ХМ	12МХ	15ХМ	15Х5М	15Х5М-У
20	147	147	155	146	240
100	146,5	146,5	153	141	235
150	146	146	152,5	138	230
200	145	145	152	134	225
250	145	145	152	127	220
300	141	141	147	120	210
350	137	137	142	114	200
375	135	135	140	110	180
400	132	132	137	105	170
410	130	130	136	103	160
420	129	129	135	101	150
430	127	127	134	99	140
440	126	126	132	96	135
450	124	124	131	94	130
460	122	122	127	91	126
470	117	117	122	89	122
480	114	114	117	86	118
490	105	105	107	83	114
500	96	96	99	79	108
510	82	82	84	72	97
520	69	69	74	66	85
530	60	57	67	60	72
540	50	47	57	54	58
550	41	–	49	47	52
560	33	–	41	40	45
570	–	–	–	35	40
580	–	–	–	30	34
590	–	–	–	28	30
600	–	–	–	25	25

Примечания

1 Для промежуточных расчетных температур стенки допускаемое напряжение определяют линейной интерполяцией с округлением результата до 0,5 МПа в сторону меньшего значения.

2 При расчетных температурах ниже 200° С стали марок 12МХ, 12ХМ и 15ХМ применять не рекомендуется.

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Лд

БР – 150700.62 –

Лист

79

Таблица А.3 – Расчетное значение временного сопротивления для углеродистых и низколегированных сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления $R_m$ , МПа, для сталей марок					
	Ст3	09Г2С 16ГС	20 20К	10	10Г2 09Г2	17ГС 17Г1С 10Г2С1
20	460	470	410	340	440	440
100	435	425	380	310	385	385
150	460	430	425	340	430	430
200	505	439	460	382	439	439
250	510	444	460	400	444	444
300	520	445	460	374	445	445
350	480	441	430	360	441	441
375	450	425	410	330	425	425

Таблица А.4 – Расчетное значение предела текучести для углеродистых и низколегированных сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_s$ , МПа, для сталей марок					
	Ст3	09Г2С 16ГС	20 20К	10	10Г2 09Г2	17ГС 17Г1С 10Г2С1
20	250	300	220	195	270	280
100	230	265,5	213	188	240	240
150	224	256,5	209	183	231	231
200	223	247,5	204	177	222	222
250	197	243	198	168	218	218
300	173	226,5	179	150	201	201
350	167	210	159	132	185	185
375	164	199,5	147	123	162	174
400	–	183	–	–	–	158
410	–	–	–	–	–	156
420	–	–	–	–	–	138

Изм	Лист	№ докум	Подпи	Дл

БР – 150700.62 –

Лист

80