

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой _____

_____ Б.Н. Гузанов

«_____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Оптимизация технологии изготовления конвективной части
водогрейного котла

Исполнитель:

студентка группы ЗСМ-503

(подпись)

А.В. Глухих

Руководитель:

к.т.н., доцент

(подпись)

Л.Т. Плаксина

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

(подпись)

Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 112 листов машинописного текста, 8 рисунков, 37 таблиц, 38 использованных источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1, Приложение А, Б, В, Г, Д, Е.

Ключевые слова (136 символов): КОНВЕКТИВНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ НАГРЕВА; ВОДОГРЕЙНЫЙ КОТЕЛ; СПИРАЛЬНОЕ ОРЕБРЕНИЕ ТРУБ; УСТАНОВКА АСОТ 2-М, МАШИНА СТЫКОСВАРОЧНАЯ МСО-604, КОНТАКТНАЯ СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ.

В дипломном проекте проведена разработка оптимизации технологии изготовления конвективной части водогрейного котла.

В методической части разработана программа краткосрочной подготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением».

В экономической части дипломного проекта представлено технико-экономическое обоснование оптимизации технологии изготовления конвективной части котла.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНВЕКТИВНОЙ ЧАСТИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА	Литер	Лист	Листов
Разраб.	Глухих А.В.						2	
Провер.	Плаксина							
Н. Контр.	Билалов Д.Х.							
Утверд.	Гузанов Б.Н.					ФГАОУ ВО РГПТУ ИИПО каф. ИММ группа ЗСМ-503		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Анализ сварной металлоконструкции	8
1.1 Назначение данной конструкции	8
1.2 Условия эксплуатации котла	12
2 Обоснование выбора конструкционного материала сварной металлоконструкции	15
2.1 Характеристика выбранного конструкционного материала по химическому составу, механическим свойствам	15
2.2 Характеристика свариваемости стали	20
2.3 Оценка свариваемости по расчету эквивалентного углерода	21
3 Анализ существующего способа сварки выбранной металлоконструкции (базовый вариант)	25
4 Выбор способа сварки	29
4.1 Ручная дуговая сварка, ее краткая характеристика	29
4.2 Контактная сварка, ее краткая характеристика	31
4.3 Обоснование выбора способа сварки	35
5 Анализ способа сварки выбранной металлоконструкции (проектируемый вариант)	36
6 Выбор и обоснование сварочного оборудования	44
6.1 Установка спирального оребрения труб АСОТ-2М	44
6.2 Контактная стыкосварочная машина МСО-604	48
7 Выбор и обоснование вспомогательного оборудования	50
7.1 Трубогибочный станок 5Н 428	50
7.2 Линия сплошной зачистки трубы	50
7.3 Кран электрический мостовой однобалочный повдесной	51
7.4 Машина трубогибочная ИВ-3430	51
8 Контроль качества сварных соединений	54
9 Технологический процесс сборки и сварки металлоконструкции	58
10 Расчет экономической эффективности	64

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

10.1	Определение капиталобразующих инвестиций	64
10.1.1	Определение общей трудоемкости годовой производственной программы	69
10.1.2	Расчет количества оборудования и его загрузки	69
10.1.3	Расчет капитальных вложений.....	70
10.2	Определение себестоимости изготовления металлоконструкции	72
10.2.1	Стоимость конструкционного материала	74
10.2.2	Расчет затрат на электроэнергию	75
10.3	Расчет численности производственных рабочих	76
10.3.1	Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды	77
10.4	Расчет полной себестоимости изделия	80
10.4.1	Затраты на амортизацию оборудования	81
10.4.2	Затраты на ремонт и техническое обслуживания оборудования ...	82
10.5	Расчет основных показателей сравнительной эффективности	85
11	Методическая часть	91
11.1	Сравнительный анализ профессионального стандарта	93
11.2	Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки давлением»	100
11.3	Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	102
11.4	Разработка план - конспекта урока... ..	103
	Заключение	108
	Список использованных источников.....	110
	Приложение А Лист задания	114
	Приложение Б Спецификация	115

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена технологичность и конструктивные особенности изготовления конвективной поверхности нагрева с использованием спирального оребрения труб.

Технология сборки и сварки данного изделия в настоящее время не является автоматизированной даже частично. Основной проблемой существующей технологии изготовления данного изделия является значительное количество возникающих дефектов, а, следовательно, брака, возникающего из-за человеческого фактора и несовершенства оснастки.

Исходя из нынешнего состояния решаемой задачи, необходимо повысить уровень автоматизации процесса сварки и разработать новую технологию изготовления изделия. При этом необходимо экономически обосновать проектируемый вариант технологии.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкций.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки конвективной части водогрейного котла.

Целью дипломного проекта является оптимизация технологии изготовления конвективной части водогрейного котла, с применением спирального оребрения труб, увеличенного диаметра.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант изготовления конвективной части водогрейного котла;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						6
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки конвективной части водогрейного котла;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления конвективной части водогрейного котла с применением спирального оребрения труб увеличенного диаметра, включающий автоматическую сварку; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						7
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ СВАРНОЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

1.1 Назначение данной конструкции

Пиковый теплофикационный водогрейный котел ПТВМ-100 (П- пиковый; Т- теплофикационный; В – водогрейный; М- мазутный) тепловой производительностью 100 Гкал/час предназначен как для покрытия пиков теплофикационных нагрузок ТЭЦ, так и в качестве основного источника теплоснабжения.

Котел – башенный, водотрубный, прямоточный, с принудительной циркуляцией. Изменение теплопроизводительности котла осуществляется изменением количества работающих горелок при постоянном расходе сетевой воды и переменном температурном перепаде. В зависимости от расхода воды котел может работать либо по 2-х ходовой, либо по 4-х ходовой схеме.

Котел оборудован 16 газомазутными горелками (производительностью по газу 900 м³/час и по мазуту – 800 кг/час) и 16 дутьевыми вентиляторами с индивидуальными электроприводами.

Обмуровка котла натрубного типа, облегченная. Конструкция обмуровки допускает ее монтаж совместно с блоками котла.

Таблица 1 – Технические характеристики

Тепловая производительность	100 Гкал/час.
Рабочее давление	1-2 МПа
Температура воды: <ul style="list-style-type: none">• при пиковом режиме• при основном режиме	T=104°C; T=150°C; T=70°C; T=150°C.
Расход воды: <ul style="list-style-type: none">• при пиковом режиме• при основном режиме	D=2140 т/час; D _{мин} = 1500 т/час; D=1235 т/час; D _{мин} = 800 т/час.
Гидравлическое сопротивление <ul style="list-style-type: none">- D=2140 т/час, 2-х ходовая система- D=1235 т/час, 4-х ходовая система	0,96 атм; 2,15 атм.
Средний срок службы до списания, лет, не менее	20

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		8

Топочная камера предназначена для сжигания высокосернистого мазута и природного газа. Размеры топочной камеры 6,23x6,23 м, высота призматической части – 5,3 м. Стены топочной камеры полностью экранированы трубами $\varnothing 60 \times 3$ мм с шагом $S=64$ мм.

Количество труб: в фронтном и заднем экранах - по 96 шт., в левом и правом боковых экранах - по 98 штук.

Амбразуры горелок выполнены из зашипованных трубчатых колец, включенных в циркуляционный контур котла. Все трубы экрана соединены между собой горизонтальными поясами жесткости с шагом по высоте 2,8 м. Настенные экраны котлов вварены в верхние и нижние камеры (коллекторы) $d_n \times S = 273 \times 11$ мм.

Верхние камеры боковых экранов разделены перегородкой (заглушкой) на две части - фронтную и заднюю. Экранные трубы и коллекторы выполнены из Стали 20.

Наклонные участки холодной воронки и топки закрыты шамотом. Объем топочной камеры – 245 м³.

Лучевоспринимающая поверхность экранов (с учетом поверхности, закрытой шамотом) – 224 м².

Конвективная часть состоит из 96 секций. Каждая секция выполнена на 4^x – U-образных змеевиков $\varnothing 28 \times 3$ мм стали 20, вваренных концами в стояки $\varnothing 83 \times 3,5$ мм стали 20. Змеевики расположены в шахматном порядке с шагами $S_1=64$ мм, $S_2=33$ мм. Трубы змеевиков каждой секции свариваются четырьмя вертикальными дистанционными стойками, образуя жесткую форму. По ходу газов конвективная часть разделена на два пакета, зазор между которыми составляет 600 мм.

Поверхность нагрева змеевиков 2960 м².

Стояки по длине имеют две перегородки для соответствующего направления движения воды через змеевики.

Водяной объем, включая трубопроводы в пределах котла - $V = 30$ м³

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						9
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Температура уходящих газов при максимальной нагрузке:

- на мазуте - 230 °С;
- на газе - 185 °С;
- КПД котла при 40% нагрузке 92,6% и 92,1% соответственно при работе на мазуте и газе.

Котел работает устойчиво в диапазоне нагрузок от 15 до 100%.

Компоновка котла башенная с верхним выходом дымовых газов на естественной тяге. Котлы водотрубные с принудительной циркуляцией. Вода в котле нагревается за один цикл, т.е. кратность циркуляции равна единице.

Котел оборудован 16 газомазутными горелками производительностью 900 м³/час (0,25 м³/с) по газу и 800 кг/час (0,22 кг/с) по мазуту.

Каркас котла состоит из четырех плоских рам, связанных в пространственную конструкцию в виде параллелепипеда общей высотой 14,45 м и размерами в плане 6,9х6,9 м. Угловые стойки являются общими для двух рам, примыкающих друг к другу в углах. На верхней отметке расположены грузовые ригели рам и несущие балки потолка, к которым подвешивается весь котел. Для придания общей пространственной жесткости конструкции используются помосты, опоясывающие каркас на трех отметках.

Обмуровка выполнена облегченной с креплением непосредственно к экранным трубам. Натрубная обмуровка состоит из трех слоев теплоизоляционных материалов: шамотобетона на глиноземистом цементе, минеральной ваты в виде матрасов в металлической сетке и уплотнительной газоне-проницаемой обмазке, которая также обеспечивает гидроизоляцию котла от атмосферных осадков.

Общая толщина обмуровки – 115 мм.

При работе котла в пиковом режиме **циркуляция воды** происходит по 2-х ходовой схеме: из напорного трубопровода сетевая вода попадает в нижнюю входную камеру, откуда по четырем трубам $d_{нхS} = 263 \times 7$ мм (по

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						10
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

двум к нижнему коллектору левого бокового экрана и по двум - к нижнему коллектору правого бокового экрана) подается к коллекторам боковых экранов и делается два хода.

Первый ход: снизу вверх по боковым экранам и через боковые верхние коллектора, фронтальной и задней верхние коллектора, конвективную часть попадает в промежуточные коллектора фронтального и заднего экранов.

Второй ход: из промежуточных коллекторов сверху вниз вода проходит фронтальной и задней экраны и попадает в нижнюю выходную камеру, а оттуда по трубопроводу диаметром 630 и 8 мм в коллектор горячей воды диаметром 800 мм.

Изменение теплопроизводительности котла осуществляется путем изменения числа работающих горелок.

Подача воздуха в каждую горелку на котлах производится вентилятором типа Ц-9-57 производительностью 10 000 м³/ч (2,8 м³/с), и напор – 160 мм. вод. ст. (1,57 кПа), мощность электродвигателя 7 кВт, число оборотов электродвигателя 1450 об/мин (24 об/с). Вентиляторы установлены на нулевой отметке и имеют общий всасывающий короб.

На каждом котле установлено 4 обдувочных аппарата.

Обдувочный аппарат представляет собой вращающуюся трубу Ø50 мм с отверстиями, через которые выходит пар с давлением 13 атм, струи которого и очищают поверхности нагрева конвективной части котла.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						11
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1 – Котел ПТВМ-100, общий вид

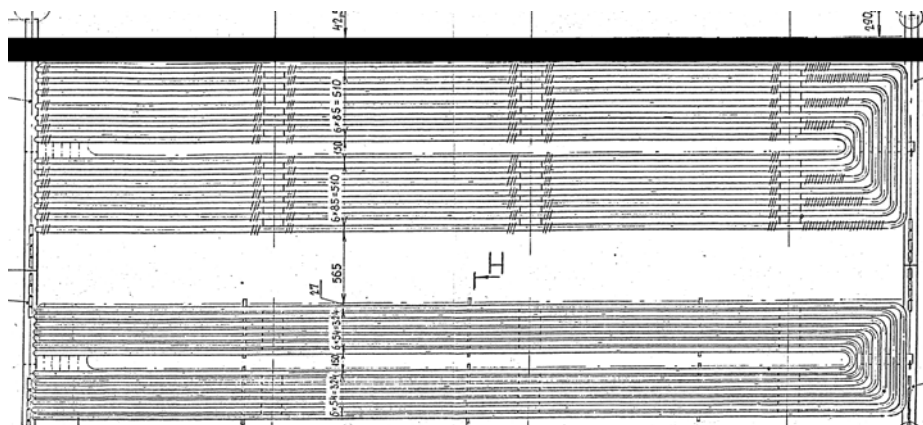


Рисунок 2 – Эскиз полусекций конвективной части котла ПТВМ-100

1.2 Условия эксплуатации котла

Для покрытия тепловых нагрузок в эксплуатации находятся котлы ПТВМ-100 мощностью соответственно, 100 МВт.

Надежная работа водогрейных котлов возможна только при отсутствии закипания воды в обогреваемых трубах. Поэтому условия, при которых это обеспечивается, должны быть рассмотрены с особой тщательностью.

Полное закипание всей воды, проходящей через котел, возможно только или при снижении расхода ее до предела, при котором она нагревается выше температуры кипения, или при уменьшении давления

						ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата			12

воды в котле до значения, при котором соответствующая ему температура кипения будет меньше температуры воды в котле. Однако оба эти случая являются прямым нарушением нормальной эксплуатации.

Необходимым условием нормальной работы водогрейных котлов является поддержание давления воды в них на уровне, обеспечивающем достаточный недогрев ее до кипения. Выбор этого уровня давления должен производиться из условия недопущения поверхностного кипения с учетом тепловой и гидравлической неравномерностей.

Вследствие неодинаковых перепадов давления на концах параллельно работающих обогреваемых труб расход воды в некоторых из них может оказаться значительно меньше среднего и стать причиной появления поверхностного кипения.

Нагрузка пиковых теплофикационных котлов должна соответствовать температуре наружного воздуха.

Максимальной нагрузки котлы достигают при температуре наружного воздуха ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так как эти котлы работают на естественной тяге и запроектированы с максимальной экономией металла и средств, то соответствие нагрузки наружной температуре является главным обстоятельством для их нормальной работы.

Важным условием для работы пиковых водогрейных котлов является наличие специальных автоматических устройств, обеспечивающих защиту котлов при неправильных действиях обслуживающего персонала и неполадок оборудования.

В целях предотвращения аварий водогрейных котлов, связанных с неправильными действиями персонала и другими причинами, в схемах автоматики предусматриваются сигнализация, автоматическая защита и блокировки.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						13
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Для водогрейных котлов при сжигании газообразного и жидкого топлива предусмотрены устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам (форсункам) при:

Повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;

Понижении давления жидкого топлива перед форсунками, кроме котлов, оборудованных ротационными форсунками;

Понижении давления воздуха перед горелками для котлов, оборудованных горелками с принудительной подачей воздуха;

Уменьшении разрежения в топке;

Повышении температуры воды на выходе из котла;

Повышении или понижении давления воды на выходе из котла;

Уменьшении расхода воды через котел;

Погасании факела горелок;

Неисправности цепей защиты, включая исчезновение напряжения (только для котельных второй категории).

Во всех перечисленных случаях действия защиты автоматически закрываются отсечный клапан на подводе газа к зажигающим устройствам, отсечный клапан и задвижка на общем газопроводе (или на общем мазутопроводе) к котлу и отключаются все горелки.

При отключении котла автоматической защитой подается звуковой сигнал, включается световое табло, указывающее причину отключения.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						14
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Обоснование выбора конструкционного материала сварной металлоконструкции

2.1 Характеристика выбранного конструкционного материала по химическому составу, механическим свойствам

Конвективная часть (базовый вариант) изготавливается из труб 28x3 сталь 20 ТУ 14-3-190-2004 и труб 83x4 сталь 20 ТУ 14-3-190-2004, дистанционирующих элементов из листа 5 стали 3 пс 2. Применение труб из стали 20 ТУ 14-3-190-2004 обусловлено нормами расчетов прочности, паспортом котла, параметрами и условиями эксплуатации котла. В данном случае параметрами рабочей среды котла являются температура 150°C и давление 10-20 кгс/см², согласно ТУ 14-3-190-2004 трубы из стали марки 20 применяются для котельных установок и трубопроводов с предельным давлением пара и горячей воды 6,4 МПа (64 кгс/см²) и температурой 400°C.

Верхние и нижние полусекции в проектируемом варианте изготавливаются из труб Ø38x3,5; 83x4 сталь 20, для спирального оребрения применяется лента 1,0x15 стали 08 кп, дистанционирующих элементы из листа 5 сталь 12X18Н10Т, а также применяются проставки из листа 5 стали 3 пс 2, применение данных материалов, также обусловлено параметрами рабочей среды и условий эксплуатации.

Сталь 20 – сталь конструкционная углеродистая качественная

Таблица 2 - Химический состав стали 20 (ГОСТ 1050 -74), в % [27]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,17-0,24	0,07	0,25-0,50	0,25	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		15

Таблица 3 - Механические свойства стали 20 при T = 20°C [27]

Сортамент	Размер	σ_b временное сопротивление разрыву	σ_T Предел прочности	δ_5 Относительное удлинение	ψ Относительное сужение	KCU, Дж/см ² Ударная вязкость	Термо обр.
	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	
Лист термообработ., ГОСТ 4041-71	4-14	340-490		28			
Трубы горячедеформир., ГОСТ 550-75		431	435	22	50	780	
Трубы, ГОСТ 8731-87		412	245	21			
Трубы, ГОСТ 10705-80		372	225	22			
Прокат, ГОСТ 1050-88	до 80	410	245	25	55		Нормализация
Прокат нагартован., ГОСТ 1050-88		490		7	40		
Прокат отожжен., ГОСТ 1050-88		390		21	50		
Лента отожжен., ГОСТ 2284-79		310-540		18			
Лента нагартован., ГОСТ 2284-79		490-830					

Таблица 4 – Твердость, сталь 20 [27]

Твердость 20 после отжига, ГОСТ 1050-88	HВ 10 ⁻¹ = 163 МПа
Твердость 20 калиброванного нагартованного, ГОСТ 1050-88	HВ 10 ⁻¹ = 207 МПа
Твердость 20, Лист термообработ. ГОСТ 4041-71	HВ 10 ⁻¹ = 127 МПа
Твердость 20, Трубы горячедеформир. ГОСТ 550-75	HВ 10 ⁻¹ = 156 МПа
Твердость 20, Трубы ГОСТ 8731-87	HВ 10 ⁻¹ = 156 МПа
Твердость 20, Лист толстый отожжен. ГОСТ 1577-93	HВ 10 ⁻¹ = 156 МПа

Назначение - трубы перегревателей, коллекторов и трубопроводов котлов высокого давления, листы для штампованных деталей, цементуемые детали для длительной и весьма длительной службы при температурах до 350 °С.

Сталь 3 пс 2 – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества.

Таблица 5 - Химический состав стали 3 пс 2 (ГОСТ 380 -71), в % [29]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,14-0,22	0,12-0,30	0,40-0,65	0,30	0,05	0,04	0,30	0,30	0,08

Таблица 6 - Механические свойства проката, стали 3 пс 2 [29]

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_b	$\delta_5, (\delta_4), \%$ относительно удлинение после разрыва
			предел текучести	временное сопротивление разрыву	
			МПа		
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 Листы холоднокатаные	До 2,0 вкл.	-	370-480	(20)
		Св.2,0 до 3,9	-		(22)
		До 2,0 вкл.	-	370-480	(22)
		Св.2,0 до 3,9 вкл.	-		(24)

Назначение – несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах.

В проектируемом варианте для оребрения применяется лента толщиной $S=1,0$ мм и шириной 15 мм сталь 08 кп (08; 10 кп; 10).

Сталь 08кп – конструкционная углеродистая обыкновенного качества.

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ				

Таблица 7 – Химический состав стали 08 кп (ГОСТ 1050-88), в % [28]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.05-0.12	до 0,03	0,25-0,5	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,1	до 0,3	до 0,08

Таблица 8 - Механические свойства стали 08 кп, при T = 20°C [28]

Сортамент	Размер	σ_B Предел прочности	σ_T Предел прочности	δ_5 Относительное удлинение	ψ Относительное сужение	КСУ, Дж/см ² Ударная вязкость	Термообр.
	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	
Лист термообработ., ГОСТ 4041-71	4-8		270-370		34		
Трубы, ГОСТ 5005-82		390	350	10			
Трубы, ГОСТ 10705-80		294	174	27			
Прокат калиброван. нагартован., ГОСТ 10702-78		370		8	60		
Сталь калиброван., ГОСТ 10702-78		314-412			60		отжиг
Полоса, ГОСТ 1577-93	6-60	290	175	35	60		нормализация

Таблица 9 – Твердость стали 08 кп [28]

Твердость 08кп, лист термообработ. ГОСТ 4041-71	НВ 10 ⁻¹ = 100 МПа
Твердость 08кп, прокат горячекатан. , ГОСТ 10702-78	НВ 10 ⁻¹ = 115 МПа
Твердость 08кп, прокат калиброван., ГОСТ 107025-78	НВ 10 ⁻¹ = 131 МПа

Назначение - для прокладок, шайб, вилок, труб, а также деталей, подвергаемых химико-термической обработке — втулок, проушин, тяг.

Также в проектируемом варианте применяется лист толщиной 5 из стали 12Х18Н10Т для изготовления дистанционирующих элементов.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Сталь 12Х18Н10Т – хромоникелетитановая аустенитная сталь

Таблица 10 – Химический состав ст 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632-72), в % [30]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,4-1,0	0,020	0,035	0,30

Таблица 11 - Механические свойства стали 12Х18Н10Т [30]

ГОСТ	Состояние поставки, режимы термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	Ψ
			предел текучести	временное сопротивление разрыву	относит. удлинение	относит. сужение
			МПа		%	
не менее						
5949-75	Прутки. Закалка 1020-1100°C, воздух, масло или вода	60	196	510	40	55
18907-73	Прутки шлифованные, обработанные на заданную прочность. Прутки нагартованные.	-	-	590-830	20	-
		до 5	-	930	-	-
7350-77 (образцы поперечн.)	Листы горячекатаные или холоднокат: закалка 1000-1080°C, вода или воздух. Закалка 1050-1080°C, вода или воздух нагартованные	св.4	236	530	38	-
		до 3,9	205	530	40	-
5582-75 (образцы поперечн.)		до 3,9	-	880-1080	10	-
25054-81	Поковки. Закалка 1050-1100°C, вода или воздух	до 1000	196	510	35	40
18143-72	Проволока термообр.	1,0-6,0	-	540-880	20	-
9940-81	Трубы бесшовные горячедеформ. без термообработки	3,5-32	-	529	40	-

Назначение – детали, работающие до 600°C.

								Лист
								19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ			

2.2 Характеристика свариваемости стали

Свариваемость — комплексная технологическая характеристика металлов и сплавов, выражающая реакцию свариваемых материалов на процесс сварки и определяющая техническую пригодность материалов для выполнения заданных сварных соединений, удовлетворяющих условия эксплуатации.

В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость.

Понятия свариваемости:

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Критерием хорошей свариваемости является способность сохранения сварным соединением специальных физических, механических свойств — равнопрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости, антифрикционности, прочности, вязкости и т. д. Свариваемость различных металлов и сплавов неодинакова.

Свариваемость характеризуется способностью изменять свойства шва и сварного соединения по сопоставлению со свойствами основного металла, способностью к взаимной кристаллизации.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						20
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Степень свариваемости металла считается более высокой, если для сварки можно применить много ее способов и различные режимы при каждом способе, как, например, для низкоуглеродистой стали.

2.3 Оценка свариваемости по расчету эквивалентного углерода

Определение свариваемости по ГОСТ 29273-92: металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, чтобы свариваемые детали отвечали техническим требованиям, как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют.

Для определения склонности стали к образованию холодных трещин определяют эквивалент углерода. Эквивалент углерода $C_{экв}$, %, определяют по эмпирическим формулам. Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что $C_{э} < 0,45\%$, то сварка данной стали может выполняться без предварительного подогрева; если $C_{э} \geq 0,45\%$, то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение $C_{э}$.

$$C_{экв.} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad (1)$$

Определяем склонность стали 20 к образованию холодных трещин:

$$C_{экв.} = 0.24 + 0.50/6 + 0.25/5 + 0.25/15 + 0.25/15 = 0.41$$

Определяем склонность стали 3 пс2 к образованию холодных трещин:

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						21
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\text{ЭКВ.}} = 0.22 + 0.65/6 + 0.30/5 + 0.30/15 + 0.30/15 = 0.42$$

Определяем склонность стали 0,8 кп к образованию холодных трещин:

$$C_{\text{ЭКВ.}} = 0.12 + 0.5/6 + 0.1/5 + 0.30/15 + 0.30/15 = 0.26$$

Значение $C_{\text{Э}}=0,41\%$ (сталь 20); $C_{\text{Э}}=0,42\%$ (сталь 3) и $C_{\text{Э}}=0,26\%$ (сталь 08 кп) - не более 0,45% сталь 20; сталь 3 пс 2 и сталь 08 кп не склонны к образованию холодных трещин, таким образом - сталь 20; сталь 3 пс 2 и сталь 08 кп относятся к хорошо сваривающимся практически всеми видами сварки. Основные требования при их сварке - обеспечение равнопрочности сварного соединения основному металлу, отсутствие дефектов, требуемая форма сварного шва, производительность и экономичность.

Определим сталь 20, сталь 3 пс 2, сталь 08 кп и 12Х18Н10Т на склонность к образованию горячих трещин. Горячие трещины – это хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и околошовной зоны, возникающие в твердо-жидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии.

Склонность сталей к образованию горячих трещин оценивается по критерией Уилкинсона:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 10^2}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (2)$$

Если $HCS < 4$, при ($\sigma_{\text{в}} < 700$ МПа) тогда принято считать, что сталь не склонна к образованию горячих трещин, также если $HCS < 2$ при ($\sigma_{\text{в}} > 700$ МПа), в этом случае сталь также не склонна к образованию горячих трещин.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						22
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Сталь 20:

$$HCS = \frac{0,24 \cdot \left(0,04 + 0,035 + \frac{0,07}{25} + \frac{0,25}{100}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,50 + 0,25} = 1,1$$

Сталь 3пс 2:

$$HCS = \frac{0,22 \cdot \left(0,05 + 0,04 + \frac{0,30}{25} + \frac{0,30}{100}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,65 + 0,30} = 1,03$$

Сталь 08 кп:

$$HCS = \frac{0,12 \cdot \left(0,04 + 0,035 + \frac{0,03}{25} + \frac{0,3}{100}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,50 + 0,1} = 0,6$$

Т.к. сталь 20 - 1,1; сталь 3 пс 2 – 1,03; сталь 08 кп – 0,6 - меньше 4, то все эти стали не склонны к образованию горячих трещин.

Рассчитаем склонность к горячим трещинам сталь 12Х18Н10Т:

$$\frac{Cr_3}{Ni_{эkv.}} = \frac{Cr + 1.37Mo + 1.5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 3.31Mn + 22C + 14.2N + Cu} \quad (3)$$

$$\frac{Cr_3}{Ni_{эkv.}} = \frac{19 + 1.5 \cdot 0,8 + 3 \cdot 1}{11 + 3.31 \cdot 2 + 22 \cdot 0,12 + 0,3} = 1,7$$

$\frac{Cr_3}{Ni_{эkv.}} > 1,5$, то горячие трещины не появляются.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						23
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Анализ существующего способа сварки выбранной металлоконструкции (базовый вариант)

Конвективная часть (базовый вариант) котла ПТВМ-100 состоит из 96 левых и 96 правых полусекций.

Каждая полусекция (верхней и нижней части) состоит из 7 двухзаходных U-образных змеевиков из труб $\varnothing 28 \times 3$, вваренных своими концами в стояки $\varnothing 83 \times 4$. Змеевики расположены в шахматном порядке с шагом $S_1 = 64$ мм, $S_2 = 33$ мм. Трубы змеевиков каждой полусекции дистанционируются четырьмя вертикальными гребенками. Конструкция пакета не разборная и замена труб не возможна.

Полная поверхность нагрева конвективной части $H = 2950 \text{ м}^2$.

Изготовление змеевиков с проставками и дистанционирующими гребенками производится с помощью ручной дуговой сварки, что значительно трудоемко и занимает достаточно много времени на изготовление.

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, был выбран тип сварных соединений С17 по ГОСТ 16037-80. Ручная дуговая сварка производится электродами типа Э50А, сварные стыки располагаются не менее 100 мм от началагиба.

Параметры сварных соединений изделия согласно данным стандартам указаны в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 - Размеры конструктивных элементов, мм

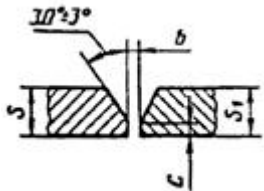
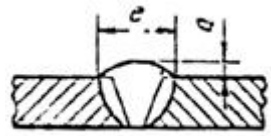
Конструктивные элементы	
подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва
	

Таблица 13 - Размеры сварных соединений, мм

Условное обозначение сварного соединения	S = S ₁	e		g		b		c	
		Номи н.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Ном ин.	Пред. Откл.	Но мин	Пред. Откл.
C17	3	7	±2	7	±2	1,0	+0,5	0,5	+0,5

Расчет режимов ручной дуговой сварки

Параметры режима ручной дуговой сварки составляют:

- 1) Диаметр покрытых электродов $d_э$;
- 2) Сварочный ток I_c ;
- 3) Напряжение на сварочной дуге U_c ;
- 4) Количество проходов n_n ;
- 5) Скорость сварки V_c ;

Диаметр электрода $d_э$ определяется в зависимости от типа шва, у нас стыковой.

Расчет $d_э$ производим по формуле

$$d_э = (K_d^{III} \cdot S)^{0,7} + K_d^{IV} = h_p^{0,7} + K_d^{IV}, \text{ мм} \quad (4)$$

Влияние положения шва учитываем коэффициентом K_d^{IV} . Если положение нижнее или «лодочка», принимаем $K_d^{IV} = 1$.

$$d_э = (0,7 \times 3)^{0,7} = 1,7 + 1 = 2,7 \text{ мм}$$

Диаметр электрода принимаем 2,5 мм.

Сварочный ток I_c (род, полярность и значение) зависит от химического состава и диаметра стержня, типа и толщины покрытия, положения шва и других факторов.

Сварочный ток рассчитываем по формуле:

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$I_c = K_I^{III} \cdot K_I^{IV} \cdot d_э^{1,4}, \text{ А} \quad (5)$$

Влияние типа покрытия и положения шва на сварочный ток учитываем соответственно коэффициентами K_I^{III} и K_I^{IV} . $K_I^{III} = 20$, так как тип покрытия электрода ЦУ-5 – основной. K_I^{IV} принимаем 1, так как положение шва нижнее.

$$I_c = 20 \cdot 1 \cdot 2,5^{1,4} = 72, \text{ А}$$

Напряжение на сварочной дуге U_c зависит от многих факторов: типа и толщины покрытия, состава и диаметра стержня (электрода), положения шва и длины дуги.

Рассчитываем U_c для электродов:

Основного типа (тип покрытия электродов ЦУ-5)

$$U_c = 12 + 0,36 \frac{I_c}{d_э}, \text{ В} \quad (6)$$

$$U_c = 12 + 0,36 \frac{72}{2,5} = 22,4 \text{ В}$$

Скорость сварки V_c получаем из известного выражения коэффициента наплавки:

$$V_{ci} = \frac{\alpha_H \cdot I_{ci}}{\rho \cdot F_{ШВ}}, \text{ м/ч} \quad (7)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч (принимают из характеристики выбранного электрода, в данном случае – 9,5 г/А); $F_{ШВ}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (равна 0,6525), см²; ρ – плотность металла электрода, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

										Лис
										26
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ					

4 Выбор способа сварки

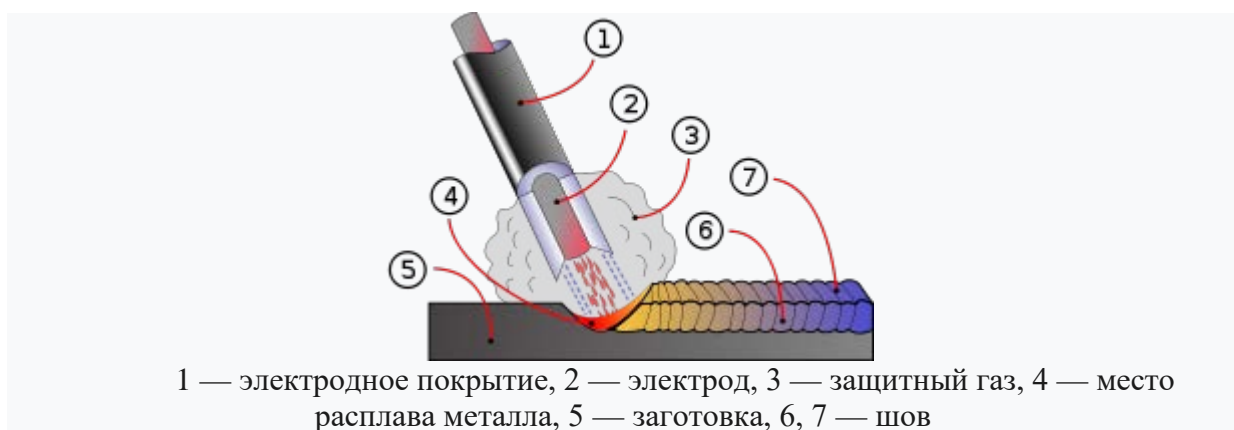
4.1 Ручная дуговая сварки, ее краткая характеристика

Одним из распространенных видов дуговой сварки является ручная дуговая сварка.

Ручная дуговая сварка — сварка, источником энергии которой является электрическая дуга.

Используется для сварки углеродистых сталей обычного качества, качественных сталей с различным содержанием марганца, низколегированных и легированных, жаропрочных и жаростойких сталей, чугуна и цветных металлов.

Для ручной дуговой сварки характерно зажигание дуги, производимое касанием электродов к металлическому изделию, поддержание длины дуги во время сварки и перемещение электродов. При протекании тока короткого замыкания электрод в месте касания нагревается до высокой температуры, зажигается дуга и производится сварка дугой с переносом материала электрода или проволоки в место сварки. Для защиты места сварки от газов, содержащихся в воздухе, используется защита места сварки газами (аргоновая сварка).



1 — электродное покрытие, 2 — электрод, 3 — защитный газ, 4 — место расплава металла, 5 — заготовка, 6, 7 — шов

Рисунок 3 - Ручная дуговая сварка

						Лис
					ДП 44.03.04.843 ПЗ	28
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Ручная дуговая сварка разделяется на следующие виды:

- одно, двух и многоэлектродную, используемую для ускорения работ и повышения производительности труда;
- сварку при постоянном и переменном токе;
- сварку однофазной и трёхфазной дугой.

В зависимости от длины свариваемого стыка и толщины свариваемого существуют разные способы ведения шва:

- Короткие швы до 250 мм. делают способом - «на проход».
- Швы средней длины от 250 до 1000 мм. выполняют от середины к краям ступенчатым способом по участкам.
- Швы длинные делают обратно-ступенчатым способом от середины к краям.

Ручная дуговая сварка классифицируется:

- по виду электрода. Электроды могут быть плавящиеся и неплавящиеся.
- по виду дуги (свободная или сжатая)
- по воздействию дуги на металл (прямого или косвенного действия, трёхфазной дугой).

Ручная дуговая сварка возможна при разных положениях сварного шва в пространстве

При сварке электроды перемещаются в трех направлениях: по оси электрода - для поддержания длины дуги; вдоль оси валика - для образования шва; поперек шва - для получения нужной ширины шва и глубины проплавления.

Недостатки ручной дуговой сварки:

1. Отсутствие возможности регулирования глубины проплавления металла и скорости плавления электрода, вследствие чего при сварке тонкого материала возникают большие трудности в получении качественного шва.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						29
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Большой срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков (1-2 года).
3. Зависимость качества сварки от индивидуальных особенностей сварщика.
4. Наличие шлака с обратной стороны шва при односторонней сварке замыкающих швов для некоторых конструкций, в которых внутренняя поверхность покрывается защитными неорганическими покрытиями.

Преимущества ручной дуговой сварки:

Допускается сварка в труднодоступных местах;

1. Сварка в любых положениях в пространстве (под углом, вертикальная);
2. Сварки большого вида сталей, чугуна, цветных металлов, из-за широкого выбора разных марок электродов;
3. Простота и дешевизна сварочного оборудования.

4.2 Контактная сварка, ее краткая характеристика

Контактной сваркой называется сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплотой, выделяющейся при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые части.

Количество теплоты (Дж), выделяющейся при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте детали, может быть определено по формуле:

$$Q = I^2 R t, \quad (8)$$

где I — ток, А; R — сопротивление участка цепи в месте контакта деталей, Ом; t — продолжительность действия тока, с.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						30
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Из формулы видно, что количество теплоты зависит от тока в сварочной цепи. Поэтому для быстрого нагрева свариваемых кромок применяют большие токи, достигающие нескольких десятков тысяч ампер. Так как электрическое сопротивление прохождению тока в месте контакта свариваемых деталей велико, то на этом очень малом участке выделяется большое количество теплоты, которое вызывает быстрый нагрев металла. С повышением температуры металла в зоне контакта его сопротивление возрастает, следовательно, еще более возрастает количество выделяющейся теплоты и ускоряется процесс нагрева металла. Таким образом, применение больших сварочных токов позволяет осуществить быстрый нагрев металла и выполнить сварку за десятые и даже сотые доли секунды.

Режим контактной сварки характеризуется совместным действием основных параметров — тока и времени его протекания, силы сжатия и времени ее действия.

По току и времени его протекания различают два режима сварки: жесткий и мягкий. *Жесткий* режим характеризуется большим током и малым временем процесса сварки. Такой режим применяется для сварки сталей, чувствительных к нагреву и склонных к образованию закалочных структур, а также легкоплавких цветных металлов и их сплавов. *Мягкий* режим характеризуется большей продолжительностью процесса и постепенным нагревом свариваемого металла. Таким режимом пользуются при сварке углеродистых сталей, обладающих низкой чувствительностью к тепловому воздействию.

Машины для контактной сварки состоят из двух основных частей: электрической и механической. *Электрическая* часть машин состоит из трансформатора, переключателя ступеней (регулятора тока), регулятора времени, прерывателя тока и токо - подводящих проводов и устройств. Трансформатор применяется однофазный с секционированной первичной обмоткой, позволяющей с помощью переключателя ступеней изменять

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						31
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжение во вторичной обмотке. При первичном напряжении 220 или 380 В, а вторичном— 1...20 В сварочный ток достигает нескольких десятков килоампер. Вторичная обмотка трансформатора у машин малой мощности состоит из отдельных гибких медных по полос, охлаждаемых воздухом, у машин средней и большой мощности — из пустотелых медных витков, охлаждаемых проточной водой. *Механическая* часть состоит из станины и механизмов, обеспечивающих точную фиксацию и необходимое давление для сжатия свариваемых деталей.

Совмещенные графики изменения сварочного тока и силы сжатия во времени называют циклограммой. Цикл сварки имеет четыре периода: сжатие, сварку, проковку и паузу. Для управления циклом работы машины применяют устройство, называемое регулятором времени. Регулятор имеет металлический корпус с выведенными наружу регулировочными ручками, с помощью которых длительность периодов цикла плавно регулируется: период сварки от 0,03 до 6,75 с, остальные — от 0,03 до 1,35 с.

Включение и выключение машин контактной сварки производится от первичной обмотки сварочного трансформатора. В процессе сварки необходимо включать и выключать большой ток десятки раз в секунду. Для этой цели машины небольшой мощности и неавтоматического действия имеют механические или электромагнитные контакторы. При больших мощностях такие контакторы имеют большие габариты и низкую производительность и не обеспечивают точного дозирования и стабильности подачи энергии, поэтому на машинах средней и большой мощности устанавливают игнитронные или тиристорные прерыватели.

Контактная сварка по форме сварного соединения подразделяется на стыковую, точечную, шовную и шовно - стыковую.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						32
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

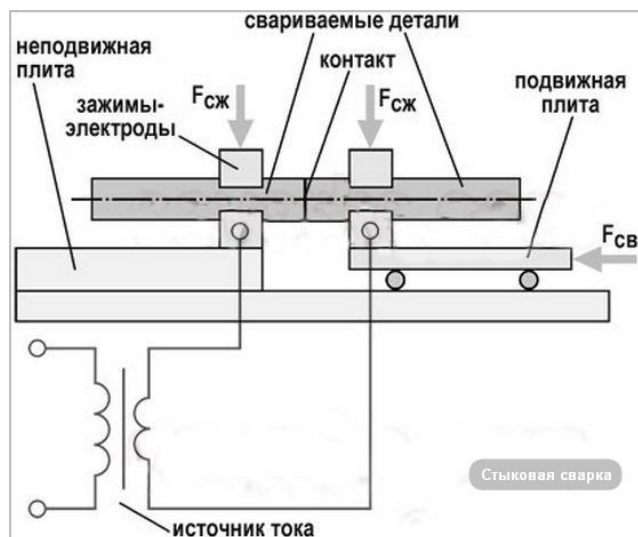


Рисунок 4 – Контактная стыковая сварка

Преимущества контактной сварки:

Отсутствие необходимости в операциях подготовки кромок и термообработки, высокую производительность (в 5-7 раз выше по сравнению с электродуговой сваркой), полную автоматизацию процессов сборки и сварки поворотных и неповоротных стыков, отсутствие необходимости в сварочных материалах. Стабильное качество сварки, низкий уровень остаточных сварочных напряжений, физической и химической неоднородности металла после сварки.

Контактная сварка – высокопроизводительный процесс, легко поддающийся механизации и автоматизации, что способствует ее широкому применению в строительстве и промышленности, например для сварки стыковых и крестообразных соединений арматуры в железобетонных конструкциях, для сварки элементов конструкций из листовой стали или алюминия, для соединения элементов стальных конструкций (типа балок, ферм, мачт), для сварки труб, а также для стыковых соединений медных и алюминиевых проводов при электромонтажных работах.

Недостатки контактной сварки:

1. Высокая стоимость оборудования.

									Лис
									33
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

2. Узкая специализация контактных машин;
3. Более жесткие, чем при дуговой сварке, допуски на диаметр и толщину стенки стыкуемых труб.

4.3 Обоснование выбора способа сварки

На выбор способа сварки влияет объем и сроки изготавливаемой продукции.

Применение ручной дуговой сварки характеризуется низкой производительностью изготавливаемой продукции, дополнительным временем на подготовку кромок под сварку и очистку сварных швов после сварки от брызг наплавленного металла, затратами на сварочные материалы, а также большим количеством огарков, которые остаются после сварки.

Применение контактной сварки не требует дополнительной обработки швов на зачистку после сварки из-за отсутствия брызг расплавленного металла, отсутствует необходимость в сварочных материалах. Повышается производительность изготовления.

На основании вышеперечисленного выбираем контактную сварку.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						34
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Анализ способа сварки выбранной металлоконструкции (Проектируемый вариант)

За длительную эксплуатацию температурные нагрузки, наружная и внутренняя коррозия углеродистой стали, а также воздействие химически слабых растворов серы привели к образованию свищей. Ремонт проводится путем разрезания стояка конвективной части и отглушения всего змеевика. После отглушения змеевиков конвективной части сокращается поток воды через котел, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления котла выше нормируемого и к росту потери давления сетевой воды с увеличением затрат электрической энергии на работу сетевых насосов. Отглушенные змеевики без протока по ним воды подвергаются перегреву дымовыми газами, особенно в первой ступени по ходу газов. Из-за перегрева стали змеевиков, происходит их деформация и выгорание с последующим разрушением. Это приводит к снижению сопротивления газового тракта и как следствие к росту температуры уходящих газов и снижению к.п.д. котла.

Одним из направлений существенного усовершенствования водогрейных котлов является применение оребренных поверхностей нагрева.

В данном случае предусматривается реконструкция конвективной части на основе труб увеличенного диаметра со спирально-ленточным оребрением.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						35
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

трубы большего диаметра привело к снижению гидравлического сопротивления конвективных пакетов и составляет ~ 57 кПа (вместо 75 кПа).

Таблица 15 – Сравнительная характеристика конвективной поверхности нагрева с применением оребренных труб и существующей заводской из гладких труб. Топливо-природный газ

Наименование параметра	Конвективная поверхность нагрева из гладких труб (базовая конструкция)	Конвективная поверхность нагрева с применением оребренных труб (новая конструкция)
1	2	3
Типоразмер трубы, $d_n \times S$	28x3	38x3,5
Параметры оребрения, $h_{рб} \times t_{рб} \times S_{рб}$	-	13,5x5x1,0
Шаги шахматного трубного пучка, S_1/S_2	64/33	128/27; 128/42,5
Число пакетов по высоте газохода, шт.	2	2
Число полусекций, шт.	96x2=192	96x2=192
Количество рядов змеевиков в пакетах, шт.	192x2=384	192x1=192
Количество змеевиков в полусекциях (по высоте), шт.	7; 7	7; 7
Число параллельно включенных змеевиков в полусекции, шт.	14; 14	7; 7
Количество параллельно включенных змеевиков в КПН, шт.	1344; 1344	672; 672
Число приварок труб к стоякам, шт.	5376	2688
Число труб по ходу газов, шт.	28; 28	28; 28
Высота пакета по осям крайних труб, мм	925; 925	825; 1213
Высота поверхности, мм	2472	2603
Полная поверхность нагрева, mm^2	1475+1475=2950	996+7075=8075
Температура газов на входе в КПН, °C	1262	1262
Температура газов между пакетами, °C	337	569
Температура уходящих газов, °C	157	124

Окончание таблицы 15

1	2	3
КПД котла, %	89,8	91,5
Теплопроизводительность котла, Гкал/ч	100,62	102,47
Температура воды на входе в КПН, °С	77	77
Температура воды на выходе в КПН, °С	150	152
Скорость газов, м/с	8,7; 4,2	7,8; 4,3
Скорость воды, м/с	1,4; 1,4	1,4; 1,4
Гидравлическое сопротивление кПа	75	57
Аэродинамическое сопротивление, Па	278	256
Масса поверхности нагрева с проставками (без учета стояков), G, т	31+31=62	24,8+52,3=77,1
В т.ч. труб, G _{тр} , т	62	24,8+25,2=50
В т.ч. ленты G _{ленты} , т	-	27,1

Поэтому предлагается заменить существующие конвективные гладкотрубные поверхности нагрева на:

1. Нижний конвективный пакет на гладкотрубный с диаметром трубы 38x3,5 мм с поперечным шагом – 128 мм и продольным шагом – 27 мм, число рядов труб по ходу газов – 28;
2. Верхний конвективный пакет на оребренный из труб диаметром 38x3,5 мм с поперечно-ленточным оребрением с поперечным шагом - 128 мм и продольным шагом – 42,5 мм; параметры оребрения: высота ребра – 13,5 мм, толщина ребра – 1,0 мм, шаг ребра – 5,0 мм, число рядов труб по ходу газов – 28.

Максимальная температура дистанционирующих вставок нижнего и верхнего конвективных пакетов не превышает 400°С, что значительно ниже температуры окалинообразования используемого материала ст.20.

Реконструированная конвективная часть состоит из 96 нижних гладких полусекций и 96 верхних оребренных полусекций и размещается в пределах заводской (базовой) с сохранением отметок коллекторов и

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		38

расположением стояков полусекций по заводским чертежам.

Нижние полусекции выполняются из U-образных змеевиков из гладких труб $\varnothing 38 \times 3,5$ в один ряд со стояками из труб $\varnothing 83 \times 4$ мм. Трубы змеевиков в каждой полусекции дистанционируются тремя рядами проставок из листа $S=5$ мм сталь 3пс 2 и тремя рядами дистанционирующих гребенок из листа $S=5$ мм из стали 12X18H10T. Шаг шахматного трубного пучка для нижних полусекций $S_1/S_2=128/27$ мм. Число рядов труб по ходу газов – 28.

Верхние полусекции выполняются из U-образных змеевиков из труб $\varnothing 38 \times 3,5$ со спирально-ленточным оребрением в один ряд со стояками из труб $\varnothing 83 \times 4$ мм. Оребрение выполняется из ленты толщиной $S=1,0$ мм и шириной 15 мм сталь 08 кп (08; 10 кп; 10). Шаг оребрения $t_{op} = 5,0$ мм. Трубы змеевиков каждой полусекции дистанционируются тремя рядами проставок из листа $S=5$ мм сталь 3 пс 2 и 12X18H10T. Число рядов труб по ходу газов – 28.

Спирально-ленточное оребрение труб $38 \times 3,5$ выполняется из ленты толщиной $S=1,0$ мм и шириной 15 мм сталь 08 кп. Шаг оребрения $t_{op} = 5,0$ мм, на установке АСОТ-2М – установка предназначена для спирального оребрения труб из углеродистых и нержавеющей сталей путем приварки ленты по спирали непрерывным швом к гладкой трубе. Приварка ленты осуществляется с нагревом током высокой частоты на следующих режимах:

Таблица 16 – Режимы сварки спирального оребрения труб

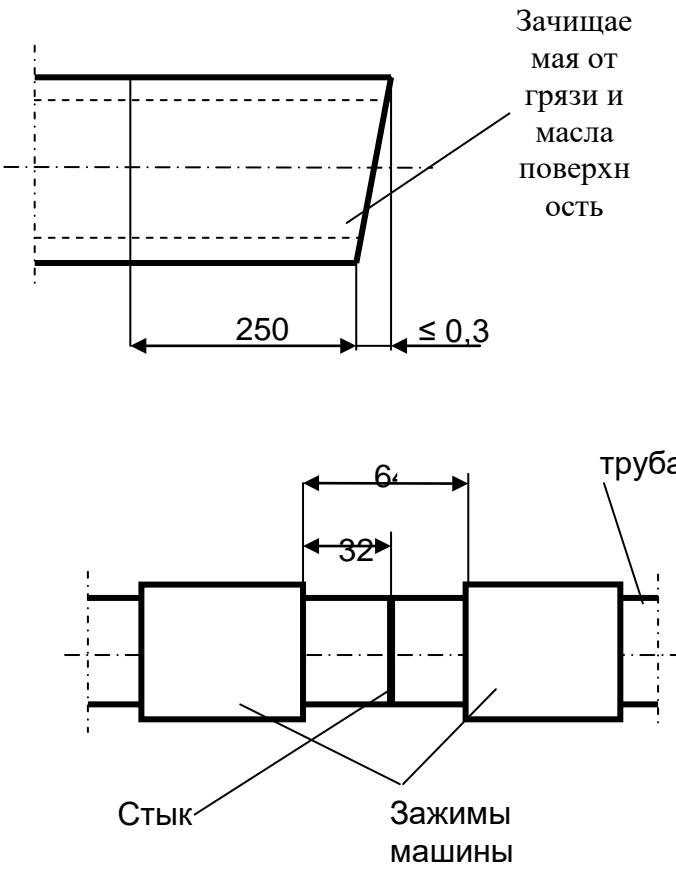
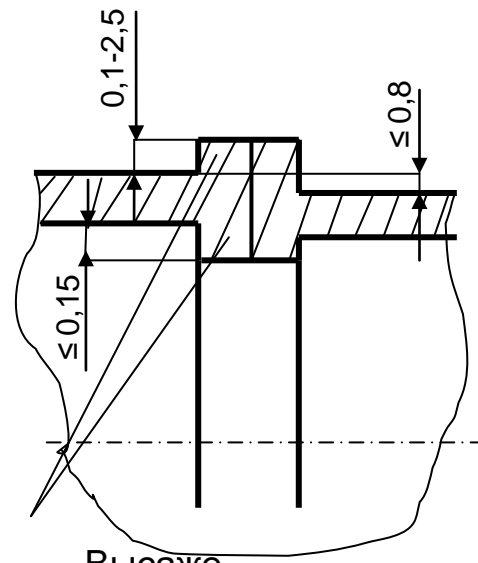
Средний ток при оплавлении, А	Припуск на оплавление, мм	Средняя скорость оплавления, см/с	Скорость осадки, см/с	Усилие осадки, кгс/см ²	Припуск на усадку, мм
100	0,7	0,5	0,3	8	1

После спирально-ленточного оребрения трубы перемещают к трубогибочным станкам и к контактной стыкосварочной машине МСО-604, на которой производят сборку змеевиков труб, с помощью контактной

									Лис
									39
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ				

сварки.

Таблица 17 – Размеры конструктивных элементов

Подготовка труб и сборка соединения	Конструктивные размеры сварного соединения
	

Расчет режима сварки непрерывным оплавлением

Параметрами стыковой сварки оплавлением являются:

- средний ток при оплавлении - I , А,
- припуск на оплавление - $L_{\text{опл}}$, мм,
- средняя скорость оплавления - $V_{\text{опл}}$, см/с,
- скорость осадки - $V_{\text{ос}}$, см/с,
- усилие осадки - P , Н,
- припуск на осадку - $L_{\text{ос}}$, мм.

Средний ток при оплавлении определяется по приведенной ниже формуле в зависимости от скорости оплавления. Средняя скорость оплавления выбирается по литературным данным: $V_{опл} = 5 \text{ мм/с} = 0,5 \text{ см/с}$.

$$I_{опл} = \frac{V_{опл} \times F \times \gamma [c(T_{опл} + T_{нод}) + m_0] + 2\lambda \times F \frac{dT}{dX}}{K_n \times R_{опл}} \quad (9)$$

где γ , c , λ - плотность (7,8 г/см³), теплоемкость (0,71 Дж/гК), теплопроводность (0,38 Вт/см-К) принять средними в интервале температур 0 - $T_{пл}$;

$T_{опл}$ - средняя температура частиц металла, удаляемых при оплавлении из стыка (для стали $T_{опл} = 2250 \text{ К}$),

K_n - коэффициент, учитывающий не синусоидальность формы кривой тока при оплавлении, $K_n = 0,7$,

m_0 - скрытая теплота плавления (Дж/г, для стали $m_0 = 273 \text{ Дж/г}$),

$\frac{dT}{dX}$ - градиент температур у стыка, К/см, при сварке стали

непрерывным оплавлением $\frac{dT}{dX} = (4000 \dots 8000), \text{ К / см}$

F - сечение заготовок, см ,

$R_{опл}$ - сопротивление стыка при оплавлении, Ом, т.к. для детали

$R_{опл} \gg R_d$ то $R_{св} \approx R_{опл}$,

для стали $R_{опл} = K_{\phi} \times 2 \times 10^{-3} / \sqrt{F}$

где K_{ϕ} - коэффициент, зависящий от формы сечения заготовок:

для круга (так как труба имеет круглое сечение) - $K_{\phi} = 1$,

$R_{опл} = 1 \times 2 \times 10^{-3} / \sqrt{75,4} = 0,23$

$$I_{опл} = \frac{0,5 \times 75,4 \times 7,85 [7,85(2250) + 273] + 2 \cdot 7,85 \times 75,4 \cdot 4000}{0,7 \times 0,23} = 6175 \text{ А}$$

									Лис
									41
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

6 Выбор и обоснование сварочного оборудования

6.1 Установка спирального оребрения труб АСОТ-2М

Операция спирально-ленточного оребрения трубы производится на установке АСОТ-2М.

Назначение, краткая техническая характеристика и принцип работы установки АСОТ-2М

Приварка ленты к трубам осуществляется на установке АСОТ-2М. Установка предназначена для спирального оребрения труб из углеродистых и нержавеющей сталей путем приварки ленты по спирали непрерывным швом к гладкой трубе. Приварка ленты осуществляется с нагревом током высокой частоты.

Установка АСОТ-2М имеет следующие технические характеристики, представленные в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики установки АСОТ-2М

диаметр оребряемых труб, мм	20...60
толщина стенки оребряемых труб, мм	2...8
ширина оребряющей ленты, мм	6...20
толщина оребряющей ленты, мм	0,8...2,0
шаг оребрения, мм	4...15
длина неоребренной заходной части трубы (не менее), мм	100
длина неоребренной выходной части трубы (не менее), мм	600
сетевое давление сжатого воздуха, МПа	0,4...0,6
сетевое давление воды водопровода, МПа	0,2
емкость бака агрегата оборотного водоохлаждения, м ³	2,3
заправка бака	Дистиллят
давление в сети оборотного водоохлаждения, МПа	0,32
напряжение питающей сети, В	380
частота питающей сети, Гц	50
рабочая частота сварочного тока, кГц	440
обслуживающий персонал, чел.	1

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		43

Принцип действия установки:

Гладкая труба со стеллажа подается на ролики входного рольганга и вводится в сварочную машину. Ролики сварочной машины, предварительно настроенные на заданный шаг оребрения перемещают трубу через концентратор (индуктор) в зону сварки. Лента со смоточного устройства, пройдя направляющие ролики и механизм натяжения, заправляется в прижимной ролик и механически закрепляется на трубе. К трубе и ленте подводятся контактные токоподводы. Затем включается привод вращения трубы, высокочастотный нагрев трубы и ленты и начинается процесс сварки (процесс спирального оребрения трубы). После окончания сварки лента механически отрезается, оребренная труба сбрасывается в промежуточный приемник и затем в накопитель оребренных труб.

Краткое описание основных блоков

Установка АСОТ-2М состоит из следующих основных блоков:

- машина сварочная;
- система обратного водоохлаждения;
- высокочастотный генератор типа ВЧСЗ-250/0,44;
- входной рольганг;
- выходной рольганг.

Машина сварочная состоит из станины, на которой смонтированы механизм перемещения трубы, механизмы токоподводов к трубе и ленте, концентратор (индуктор) тока, ролики прижимные и ведущие, механизм натяжения ленты, коробка раздаточная, панель с пневмоаппаратурой.

Система обратного водоохлаждения состоит из:

- Бака с рабочей жидкостью (дистиллят) $V = 2,3 \text{ м}^3$;
- Двух охладительных агрегатов;
- Коллектора;

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						44
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

- Перекачивающих насосов;
- Трубопроводов с запорной арматурой.

Система обеспечивает охлаждение ВЧ-генератора. Шины, токоподводы, механизм натяжения ленты, концентратор тока (индуктор), прижимной, упорные ролики и 1-ая пара опорных роликов выходного рольганга охлаждаются технической водой из цеховой водопроводной сети со сливом через резервуар станины сварочной машины в канализацию.

Высокочастотный генератор типа ВЧСЗ-250/0,44. В качестве источника питания используется высокочастотный генератор типа ВЧСЗ-250/0,44 со следующими техническими параметрами:

- напряжение питающей сети, В380 (50 Гц)
- частота рабочая, кГц440
- напряжение анодное, кВ.....29-30,5
- ток сеточный, Ане более 5,0
- ток анодный, А10,5 – 11
- отклонение стабилизированного анодного напряжения в пределах регулирования, кВ3,5 – 10,5
- расход охлаждающей воды, м³/ч< 7

Входной рольганг состоит из сварных металлоконструкций и механизмов, обеспечивающих подачу трубы и ленты в сварочную машину. Заготовки труб размещаются на стеллаже, имеющем скос в сторону механизма сброса трубы. Сброс трубы на опорные ролики осуществляется с пульта управления №1. На раме входного рольганга установлено смоточное устройство, на котором размещается моток или бухта оребряющей ленты. Лента через направляющие ролики подается в сварочную машину.

Рольганг выходной с накопителем размещен с правой стороны от сварочной машины. Рольганг оснащен перемещающейся кареткой, которая служит для вывода оребренной трубы из механизма подачи трубы и

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						45
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

концентратора тока (индуктора) с последующей укладкой ее в приемник. Пуск каретки (выход рольганга) и сброс трубы из приемника в накопитель осуществляется с пульта управления №1.

Пульт управления №1 представляет собой конструкцию, в которой размещена аппаратура управления и контроля. Все основные элементы размещены на передней панели пульта в соответствии с последовательностью выполнения операций во время процесса.

Пульт управления №2 (расположенный на машине) представляет собой отдельную разборную конструкцию с размещенными на ней элементами управления, которыми пользуется сварщик, находясь непосредственно у машины. Пуль встроен в машину и соединен с пультом №1 с помощью разъема. Все элементы пульта расположены на его передней панели.



Рисунок 6 – Установка спирального оребрения труб АСОТ-2М

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		46

6.2 Контактная стыкосварочная машина МСО-604

Операция сварки труб между собой производится на контактной стыкосварочной машине МСО-604.

Техническое описание стыкосварочной машины МСО-604.

Сварочная машина МСО-604 предназначена для стыковой сварки с непрерывным оплавлением и оплавлением с предварительным подогревом котельных труб с наружным диаметром от 25 до 42 мм и других изделий, преимущественно круглого сечения, из перлитных, аустенитных, легированных, высоко и низкоуглеродистых сталей сечением до 850 мм².



Рисунок 7 – Машина контактной сварки оплавлением МСО-604

Таблица 21 – Технические характеристики машины контактной сварки МСО-604

Наименование технических характеристик	Значение
1	2
Напряжение сети при частоте 50 Гц	380 В
Наибольший вторичный ток	40 кА
Номинальный длительный вторичный ток	6 кА
Наибольшая мощность при коротком замыкании	323 кВА
Мощность при ПВ = 50 %	103 кВА
Усилие зажатия заготовок	12500 Н
Усилие осадки	6300 Н
Тип привода зажатия заготовок	Пневматический рычажный
Тип привода осадки	Пневматический

									Лис
									47
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ				

Окончание таблицы 21

1	2
Тип привода оплавления и подогрева	Электромеханический
Наибольшая скорость осадки, не менее	80 мм/с
Диапазон регулирования скорости оплавления	От 0,3 до 10 мм/с
Наибольший ход подвижного зажима	70 мм
Пределы регулирования напряжения холостого хода	От 4,05 до 8,09 В
Регулирование сварочной мощности - ступенчатое	16 ступеней
Габаритные размеры (ДхШхВ), не более	
-устройство сварочное	2500х1580х1180 мм
-шкаф с аппаратурой	800х650х1760 мм
-станция управления	600х650х1760 мм
Масса, не более	
-устройство сварочное	3800 кг
-шкаф с аппаратурой	180 кг
-станция управления	120 кг

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						48
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

7 Выбор и обоснование вспомогательного оборудования

7.1 Трубоотрезной станок 5Н428

Операции подготовки поверхности, зачистки и сборки под сварку производятся на участке сборки.

Резка трубы в размер выполняется на трубоотрезном станке 5Н428, резка труб происходит за счет непрерывного вдавливания вращающегося режущего диска.

Таблица 22 – Технические характеристики трубоотрезного станка 5Н428

Диаметр разрезаемой трубы (условный проход), мм	15...50
Диаметр режущего диска, мм	160
Число оборотов режущего диска, минуту	193
Электрический двигатель	4А100L6У3
Мощность, кВт	2,2
Число оборотов, оборотов/минуту	1000
Напряжение, В	380
Габаритные размеры, мм	
Длина	745
Ширина	1400
Высота	1045
Масса, кг	295

7.2 Линия сплошной зачистки трубы

Операция подготовки поверхности трубы выполняется на линии сплошной зачистки трубы.

Технические характеристики линии сплошной зачистки трубы представлены в таблице 23.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						49
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 23 – Технические характеристики линии сплошной зачистки трубы

Диаметр зачищаемых труб, мм	25 ... 60
Длина зачищаемых труб, мм	3000 ... 12 000
Скорость движения труб, м/мин	5,3; 8,24
Средняя производительность за 8 часов при коэффициенте использования 0,8, пог.м	при V = 5,3 м/мин – 2035,0 при V = 8,24 м/мин – 3 164,0
Мощность потребляемая линией, кВт	9,5
Габариты линии	26315x3520x1355
Обслуживающий персонал	1 человек
Изменение скоростей движения труб производится путем переброса ремней на шкивах привода	

7.3 Кран электрический мостовой однобалочный подвесной

Для перемещения и кантовки заготовок труб используется кран электрический мостовой однобалочный подвесной 3-10,2-9,0-12-380-У3 по ГОСТ 7890-93.

Технические характеристики крана представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Характеристики мостового однобалочного крана

Грузоподъемность	3,2 т.
Общая длина	10 м.
Пролет	9 м.
Высота подъема	12 м.
Напряжение трехфазного тока	380±10 В.
Исполнение	У3

7.4 Машина трубогибочная ИВ-3430

Для изготовления гибов змеевиков применяют машину трубогибочную с механическим приводом. Диаметр труб для гнутья - 25-108 мм.

Машина трубогибочная предназначена для гибки труб в холодном состоянии с оправкой (дорном) и без нее методом наматывания трубы на

гибочный ролик минимальным радиусом гiba 1,5 диаметра трубы, максимальный радиус гiba 500 мм.

Машина трубогибочная с механическим приводом оснащена электронным блоком управления с возможностью программирования угла гiba, а также имеется многопрограммный режим - 8 программ до 8 гибов в каждой программе. При гибке с дорном эллипсность трубы на изогнутом участке составляет не более 5%.

Простота и надежность конструкции механического привода легкость в обслуживании обеспечивают эффективность применения машины гибочной при гибке труб как крупным, так и мелкими партиями.

Таблица 25 – Технические характеристики машины трубогибочной ИВ 3430

Наибольшие размеры изгибаемой трубы, мм, наружный диаметр	102
Наибольшие размеры изгибаемой трубы, мм, толщина стенки	5
Наименьший диаметр изгибаемой трубы, мм	25
Внутренний радиус гибочного инструмента, мм, наибольший	500
Внутренний радиус гибочного инструмента, мм, наименьший	1,5Д
Расстояние от оси центра гибочного ролика до места превышения конца оправки, мм	3000
Угол поворота гибочного инструмента, град.	210
Частота вращения гибочного инструмента об/мин.	2
Мощность электродвигателя, Квт	11
Габаритные размеры в плане, мм (слево-направо)	3730
Габаритные размеры в плане, мм (спереди-назад)	1930
Высота над уровнем пола, мм	1160
Масса машины с комплектом инструмента	2100

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		51



Рисунок 8 - Машина трубогибочная ИВ 3430

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						52
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

8 Контроль качества сварных соединений

Для достижения показателей по качеству изготавливаемой продукции необходимо соблюдать требования технических условий при изготовлении сварных соединений.

Технические условия трубы со спиральным оребрением.

1. Перед запуском в производство гладкие трубы и лента должны подвергаться входному контролю по инструкции предприятия-изготовителя. Наружная поверхность гладких труб перед оребрением должна быть очищена до чистого металла от окалины, продуктов коррозии, масла и других загрязнений. Для удаления внутренних загрязнений трубы должны быть продуты сжатым воздухом.

2. На трубах допускается один контактный стык. Расположение стыка на трубе определяется чертежом. Подготовка кромок стыкуемых концов труб и сварки между собой производится согласно требованиям чертежа, РД, ОСТ. Контроль качества шва сварного соединения неразрушающим методом производится по технологии предприятия-изготовителя. Сваренные из двух отрезков трубы должны быть прямыми. Допускается прогиб трубы до 5 мм на любом ее участке длиной 3 м. Для труб длиной менее 3 м предельное отклонение прогиба уменьшается пропорционально длине.

3. Основные размеры и предельные отклонения на размеры оребренных труб приведены в таблице.

4. На поверхности трубы не допускаются дефекты, обусловленные высокочастотной сваркой: прожоги, подплавления основного металла трубы, а также подрезы и риски глубиной более 0,2 мм.

5. Диаметр оребренной трубы и предельные отклонения должны соответствовать чертежу и таблице.

6. Количество витков на один метр оребренной трубы (шаг ребер)

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						53
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

должны соответствовать чертежу и таблице.

7. Наклон ребра не должен превышать 10° .

8. Допускается прикорневая гофрировка ребер. Ее величина в нижней части ребра должна быть не более трех толщин ($\leq 3\delta$) ребра для ребер с отношением $b/d \leq 0,3$ и не более четырех толщин ($\leq 4\delta$) ребра для ребер с отношением $b/d > 0,3$.

9. Допускаются надрывы, подплавления и вмятины (местное уменьшение высоты ребра) на кромке ребер. Количество витков с данным отклонением не должно превышать 10% от общего количества витков на трубе.

10. Длина оребренной трубы L , длина неоребренных концов l_k и предельные отклонения этих размеров определяются чертежом. Общая длина оребренной части l_{op} определяется чертежом, а предельное отклонение – таблицей.

11. Допускаются пропуски оребрения и участки с неприваренными витками: Любой отдельный пропуск оребрения и любой отдельный участок с неприваренными витками должны быть не более величин, указанных в таблице; Расстояние между двумя участками с пропусками оребрения или с неприваренными витками, а также между пропуском оребрения и неприваренными витками должно быть не менее 150 мм; Расстояние от участка с пропусками оребрения или с неприваренными витками и концов оребренной части трубы должно быть не менее 150 мм; Общая длина пропусков оребрения и неприваренных витков на одну трубу должно быть не более 2,5% общей длины оребренной части трубы; Для каждого теплообменника (секции, блока модуля) сумма длин пропусков оребрения и неприваренных витков должна быть не более 1% общей длины оребренной части труб.

12. Грат в местах сопряжения ленты с трубой не удаляется.

13. Цвета побежалости на ребрах и трубе, а также отслаивающаяся

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						54
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

пленка окалины, браковочными признаками не являются.

14.Неприваренные ребра по концам оребренных труб должны быть удалены механическим способом. При этом длина неприваренного участка ребра не должна превышать высоту ребра.

15.Оребренные трубы должны быть прямыми. Допускается прогиб трубы до 5 мм на любом ее участке длиной 3 м. Для труб длиной менее 3 м предельное отклонение прогиба уменьшается пропорционально длине.

16.Среднее значение относительной величины сплавления ребра с трубой ($a_{спл}$) должно быть не менее:

- 90% - для труб и ленты из углеродистых сталей;
- 85% - для труб и ленты из низколегированных хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей;
- 70% - для труб и ленты из аустенитных хромоникелевых сталей.

17. Обработка концов неоребренных участков труб выполняется в соответствии с требованиями чертежей.

Таблица 26 – Основные размеры и предельные отклонения на оребренные трубы

Наименование параметра	Значение
Диаметр оребренной трубы, D, мм	$d+2b-3$
Предельное отклонение на диаметр оребренной трубы, мм	+0,5; -1,5
Шаг ребер, t, мм (n' , вит/м)*	4,0 ... 15,0 (222...67)
Предельное отклонение на количество витков, %	± 4
Длина трубы, L_{max} , мм	11 500
Предельное отклонение на длину оребрения, мм	$\pm 2t$, но не более ± 10
Минимальная длина неоребренных концов, ℓ_k , мм	
Начало трубы	100
Конец трубы	600
Длина единичного пропуска оребрения, $\ell_{пр}$, мм	≤ 70
Единичное количество неприваренных витков, шт	≤ 7
Отношение, b/d	$\leq 0,4$
Отношение, b/δ	≤ 15

* $t=1000/n'$

									Лис
									55
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.843 ПЗ				

Технические условия для сварных соединений выполненных контактной сваркой

1. стык обезжирить;
2. устранить все пленки, главным образом оксидные;
3. выполнить пассивирование, нейтрализацию;
4. просушить поверхности;
5. выполнить контроль готовности деталей к процессу для прочного сварного контакта.

Кроме соблюдения технических условий, необходимо выполнять ряд следующих мероприятий по качеству:

1. Визуально-измерительный контроль.
2. Металлографический контроль образцов сварных соединений.
3. Механические испытания на разрыв образцов сварных соединений.
4. Прогонка шаром.
5. Гидравлические испытания.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						56
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4
11	<p>Слесарная Переместить партию труб от линии сплошной зачистки трубы к установке АСОТ-2М.</p> <p>Подать партию труб в загрузочное устройство установки АСОТ-2М.</p>		<p>Кран электрический мостовой однобалочный Строп текстильный Установка спирального оребрения труб АСОТ-2М.</p>
12	<p>Наладочная Регулировать ролики входного и выходного рольгангов. Установить токоподводы, индуктор, прижимной диск. Подать трубу и ленту на сварочное устройство АСОТ-2М. Зафиксировать ленту к трубе. Установить по шкале сварочного устройства ша навивки ленты, согласно чертежа. Отрегулировать шаг ленты и режимы сварки. Сварить контрольный образец.</p>		<p>Стойка-индикатор, гаечный ключ.</p> <p>Заглушка. Молоток. Настроечный ключ.</p> <p>Установка АСОТ-2М.</p>
13	<p>Контрольная операция Визуальный контроль контрольного образца. Измерительный контроль контрольного образца. Металлографический контроль контрольного образца. металлографическими исследованиями контролируется величина сплавления ребра с трубой.</p>		<p>Рулетка измерительная Штангенциркуль ШЦ-1 0-125 Микроскоп</p>

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4
14	<p>Сварочная (оробрение труб) Установить трубу выдерживая размер «а» Заправить ленту и зафиксировать. Оребрять участок трубы выдерживая размер L₁ (карта наладки, рисунок). После технического останова переместить трубу на размер «b» (пропуск оребрения). Оребрять участок трубы L₂. Повторить переход «4» на размер «b» Повторить переход «3» выдерживая размер L₃. После технического останова отрезать ленту. Дослать трубу на выходной рольганг Повторить переходы с 1 по 9 «п» раз, где «п» - количество труб, входящих в конструкцию ПТВМ. Контроль – ВИК.</p>	<p>I = 100 А; V = 960 м/час; Мощность нагрева = 80 кВт</p>	<p>Установка АСОТ-2М Заглушка. Молоток. Рулетка. Мел. Ножницы. Рулетка измерительная Штангенциркуль ШЦ-1 0-125</p>
15	<p>Слесарная Корректировка оребрения, выдерживая размеры а, b, L₁, L₂, L₃. Контроль оребрения контролерами ОТК, мастером.</p>		<p>Рулетка. Зубило. плоскогубцы.</p>
16	<p>Транспортная Подать партию оребренных труб в контейнер. Переместить к трубогибочному станку стыкосварочной машине МСО-604.</p>		<p>Кран электрический мостовой однобалочный Строп текстильный Тележка тракторная Q-5 т.</p>

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4
17	<p>Слесарная Установить трубу в трубогиб. Разметить начало 1-го гиба, гнуть 90°, разметить начало 2-го гиба, гнуть 90°. Зачистить наждачной бумагой, на длине – 150 мм. Контроль</p>		<p>Машина трубогибочная ИВ3430</p>
18	<p>Сварочная Установить трубу №1 и трубу №2 в стыкосварочную машину. Произвести контактную сварку. Снять внутренний град пневмопушкой. Наружный град убрать клещами. Продувка воздухом, прогонка шаром. Уложить полученный змеевик на место складирования. Операцию повторить с 1 по 7-й змеевик. Контроль - ВИК</p>	<p>I = 6175 А; V = 18 м/час; U = 6 В</p>	<p>Контактная машина МСО-604. Пневмопушка. Клещи. УВД 630. Контрольные шары. Шароловитель. Рулетка измерительная</p>
19	<p>Сборочная Уложить змеевик с 1-го по 7-й на сборочный стенд. Разметить концы змеевиков по стояку. Перемещать каждый змеевик (7 шт.) к отрезному станку, подрезать и удалить внутренние заусенки напильником. Зачистить наждачной бумагой концы на длине 150 мм под сварку. Зачистить шлиф.машинкой поверхность вокруг отверстий стояка. Вставить змеевики (7 шт.) в стояк, выставить параллель и прихватить с 2-х сторон (прихватка 5 мм). Контроль – ВИК.</p>	<p>I = 72 А; V = 9 м/час; U = 22,4 В</p>	<p>Кран электрический мостовой однобалочный Строп текстильный Сборочный стенд. Трубоотрезной станок 5Н428. Напильник круглый, напильник плоский. Бумага наждачная. Шлифовальная машина Makita BO 4566. Сварочный аппарат ЕСАВ Renegade ES 300i Рулетка измерительная Штангенциркуль ШЦ-1 0-125</p>

10 Расчет экономической эффективности

В дипломном проекте спроектирован технологический процесс сборки и сварки конвективной части водогрейного котла, изготавливаемого из стали 20 с применением спирального оребрения труб увеличенного диаметра.

По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой. При этом для сборки и сварки использовались: Сварочный аппарат ЕСАВ Renegade ES 300i, с комплектом электрододержателя и покрытыми электродами.

Проектируемая технология предполагает замену ручной дуговой сварки конвективной части водогрейного котла на автоматическую сварку давлением с применением спирального оребрения труб (на установке АСОТ-2М), увеличенного диаметра и сварку труб между собой контактной сваркой на машине МСО-604.

10.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени на сварку стыковых швов и продольных швов конвективной части водогрейного котла.

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле 10:

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{пз} + t_{в} + t_{обс} + t_n, \quad (10)$$

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

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

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

$t_{в}$ – вспомогательное время, ч.;

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

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

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						63
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле 11:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (11)$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м

$V_{св}$ – скорость сварки, м/ч,

$\Sigma L_{шв} = 4$ м; $V_{св} = 1,1$ м/ч - (базовый вариант),

(проектируемый вариант):

для контактной сварки на машине МСО-604: $V_{св} = 18$ м/ч; $\Sigma L_{шв} = 2$ м

для установки спирального оребрения труб АСОТ-2М: - $V_{св} = 960$ м/ч ;

$\Sigma L_{шв} = 2902$ м;

Определяем основное время по формуле (43) для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{4}{1,1} = 3,6 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

Проектируемый вариант:

$$t_{осн} = \frac{2}{18} = 0,11 \text{ ч. – для контактной сварки на машине МСО-604}$$

$$t_{осн} = \frac{2902}{960} = 3 \text{ ч. – для установки спирального оребрения труб АСОТ-2М;}$$

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

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = \frac{3,6 \cdot 10}{100} = 0,36 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

Проектируемый вариант:

$$t_{нз} = \frac{0,11 \cdot 10}{100} = 0,011 \text{ ч. – для контактной сварки на машине МСО-604}$$

$$t_{нз} = \frac{3 \cdot 10}{100} = 0,3 \text{ ч. – для сварки на установке спирального оребрения труб АСОТ-2М;}$$

									Лис
									64
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

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

$$t_e = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (12)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным $t_э = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$.

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

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (13)$$

где n_C – количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{шв}$ – длина шва, м, $L_{шв} = 4 \text{ м}$

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле (45)

для базового варианта:

$$t_{кр} = 4 \cdot (0,6 + 1,2) = 7,2 \text{ мин.} = 0,12 \text{ ч.}$$

для проектируемого:

$t_{кр} = 2 \cdot (0,6 + 1,2) = 6,3 \text{ мин.} = 0,06 \text{ ч.}$ - для контактной сварки на машине МСО-604

Для сварки на установке спирального оребрения труб АСОТ-2М зачистка кромок не предусмотрена, а предусмотрена зачистка трубы по всей длине, на линии сплошной зачистки трубы: $t_{кр} = 98 \text{ м} \cdot (0,6 + 1,2) = 176,4 \text{ мин.} = 2,94 \text{ ч}$ (98 м - длина труб, предусмотренных на одну секцию)

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						65
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Сварка в базовом варианте производится в два прохода. Время на очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$ рассчитываем по формуле (для базового варианта)

$$t_{бр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_c - 1)) = 7,2 = 0,12 \text{ ч.}$$

Для сварки на установке АСОТ-2М и на контактной машине МСО-604 – очистка швов не предусмотрена, согласно технологии изготовления.

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 мин. на 1 знак, $t_{кл} = 0,21$ мин.

Клеймо не ставится при сварке труб на контактной машине МСО-604 и установке АСОТ-2М.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{узм}$) зависит от его массы, данные указаны в таблице 28.

Таблица 28 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

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

$$t_{узм} = 0,14 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение t_6 для обоих вариантов

$$t_6 = 0,083 + 0,12 + 0,12 + 0,21 + 0,14 = 0,7 \text{ ч.} \text{ – (базовый вариант)}$$

$$t_6 = 0,14 + 0,06 = 0,2 \text{ ч.} \text{ – для сварки на контактной машине.}$$

$$t_6 = 0,083 + 0,14 + 2,94 = 3,163 \text{ ч.} \text{ – для сварки на установке АСОТ-2М.}$$

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

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$t_{обс} = (0,06...0,08) \cdot t_{осн} \quad (14)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) по формуле (14) для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 3,6 = 0,252 \text{ ч.} \text{ – базовый вариант}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,11 = 0,0077 \text{ ч.} \text{ – для сварки на контактной машине}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 3 = 0,21 \text{ ч.} \text{ – для сварки спирального оребрения труб.}$$

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

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (15)$$

Рассчитываем t_n по формуле (47) для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 3,6 = 0,252 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,11 = 0,0077 \text{ ч.} \text{ – для сварки на контактной машине}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 3 = 0,21 \text{ ч.} \text{ – для сварки спирального оребрения труб}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (10)

$$T_{шт-к} = 3,6 + 0,36 + 0,7 + 0,252 + 0,252 = 5,16 \text{ ч.} \text{ – базовый вариант}$$

$$T_{шт-к} = 0,11 + 0,011 + 0,2 + 0,0077 + 0,0077 = 0,34 \text{ ч.} \text{ – для контактной$$

сварки

$$T_{шт-к} = 3 + 0,3 + 3,163 + 0,21 + 0,21 = 6,9 \text{ ч.} \text{ – для сварки спирального$$

оребрения труб

$$T_{шт-к} = 5,16 \text{ ч.} \text{ (базовый вариант);}$$

$$T_{шт-к} = 0,34 \text{ ч.} \text{ (проектный вариант - для контактной сварки).}$$

$$T_{шт-к} = 6,9 \text{ ч.} \text{ (проектный вариант - для сварки спирального оребрения}$$

труб).

									Лис
									67
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

10.1.1 Определение общей трудоемкости годовой производственной программы

Определяем *общую трудоемкость годовой производственной программы* $T_{\text{произв. пр.}}$ сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (16), где N – годовая программа, *шт.*, в нашем случае $N = 576$ *шт.*

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт-к}} \cdot N \quad (16)$$

$T_{\text{произв. пр.}} = 5,16 \cdot 576 = 2972,16$ ч. (базовый вариант);

$T_{\text{произв. пр.}} = 0,34 \cdot 576 = 196$ ч. (проектный вариант - для контактной сварки).

$T_{\text{произв. пр.}} = 6,9 \cdot 576 = 3974,4$ ч. (проектный вариант - для сварки спирального оребрения труб).

10. 1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_p , по формуле (17):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_n} \cdot 100 \quad (17)$$

$C_p = \frac{2972,16}{1914 \cdot 1,2} = 1,3$; примем $C_{\text{п}} = 2$ шт. (базовый вариант);

$C_p = \frac{196}{1914 \cdot 1,2} = 0,08$; примем $C_{\text{п}} = 1$ шт. (проектируемый вариант - для контактной сварки).

$C_p = \frac{3974,4}{1914 \cdot 1,2} = 1,7$; примем $C_{\text{п}} = 2$ шт. (проектируемый вариант - для сварки спирального оребрения труб).

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						68
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Принятое количество оборудования C_{II} определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%. Таким образом, по базовой технологии используются две установки для сварки. По новой измененной технологии также достаточно двух установок: так как одна установка – АСОТ-2М спирального оребрения труб, одна линия сплошной зачистки труб и одна машина для контактной сварки.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования K_3 производим по формуле (18):

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{II}} \quad (18)$$

$$K_3 = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

(проектируемый вариант - для контактной сварки).

$$K_3 = \frac{1,7}{2} = 0,85$$

(проектируемый вариант - для сварки спирального оребрения труб).

Коэффициент загрузки оборудования равен 1, так как оборудование и техоснастка не используется на других работах этого предприятия.

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был, возможно, ближе к единице.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						69
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

10.1.3 Расчет капитальных вложений

Для внедрения новой технологии необходимо приобрести или изготовить новое оборудование и техоснастку, так как их не имеется в наличие на производстве. Затраты на приобретение оборудования будут являться дополнительными затратами на внедрение новой технологии.

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ ($K_{об}$, руб.) определяется по формуле:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{Пj} \cdot K_{зj}, \quad (19)$$

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

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

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

Балансовая стоимость оборудования ($K_{обj}$) определяется:

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \quad (20)$$

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

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

В проектировании на стадии предварительного технико-экономического обоснования допускается при отсутствии детальных расчетов принимать объем СМР на уровне 20% от первоначальной стоимости технологического оборудования. Амортизационные отчисления принимаем на уровне 8-15% в год от балансовой (первоначальной или

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						70
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

10.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости проводим по формуле:

$$C_T = MЗ + З_э + З_{пр}, \quad (21)$$

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

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

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

Расчет материальных затрат

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

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

$$MЗ = C_{o.m} + C_{эH} + C_{др}. \quad (22)$$

где $C_{o.m}$ - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эH}$ - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.

$C_{др}$ - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие

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

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						72
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} \quad (23)$$

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

10.2.1 Стоимость конструкционного материала ($C_{к.м}$)

Затраты на конструкционный материал: $C_{к.м} = m_k \times Ц_{к.м}$,

где m_k – масса конструкции, т;

$Ц_{к.м}$ - цена одной тонны конструкционного материала, руб.

Затраты на конструкционный материал которым является сталь 12Х18Н10Т (для проектируемого варианта).

$$C_{к.м} = 1,5 \cdot 495000 = 742\,500 \text{ руб.}$$

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20 труба 83x4 (для базового и проектируемого варианта)

$$C_{к.м} = 2,5 \cdot 125500 = 313\,750 \text{ руб.}$$

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20 труба 28x3 (для базового варианта)

$$C_{к.м} = 68 \cdot 96\,450 = 6\,558\,600 \text{ руб.}$$

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20 труба 38x3,5 (для проектируемого варианта)

$$C_{к.м} = 55 \cdot 96\,450 = 5\,304\,750 \text{ руб.}$$

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 3 листовой металл (для базового варианта)

$$C_{к.м} = 2,4 \cdot 40250 = 96\,600 \text{ руб.}$$

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 08 кп лента 1,0x15 (для проектируемого варианта)

$$C_{к.м} = 29 \cdot 70\,000 = 2\,030\,000 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						73
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Затраты на электроды ЦУ-5 Ø2,5 (для базового варианта)

$$C_{к.м} = 0,5 \cdot 130\,570 = 65\,285 \text{ руб.}$$

В проектируемом варианте – предусмотрена контактная сварка.

$$C_{к.м} = 7033635 \text{ руб. (для базового варианта)}$$

$$C_{к.м} = 15073500 \text{ руб. (для проектируемого варианта)}$$

$$C_{о.м} = 7033635 \cdot 1,06 = 7455653,1 \text{ руб. (для базового варианта)}$$

$$C_{о.м} = 15073500 \cdot 1,06 = 8391000,00 \text{ руб. (для проектируемого варианта)}$$

Статья «Топливо и энергия на технологические цели» ($C_{эн}$, руб.) включает затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции (силовая энергия).

10.2.2 Расчет затрат на электроэнергию

на операцию проводим по формуле

$$Z_э = \alpha_э \cdot W \cdot Ц_э, \text{ руб.} \quad (24)$$

где $\alpha_э$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_э$ – цена за 1 кВт·ч; $Ц_э = 3,16$ кВт/ч.

Для укрупнённых расчётов величину $\alpha_э$ можно принимать равной:

- при сварке на переменном токе, кВт·ч/кг 3...4;
- при многопостовой сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 6...8;
- при автоматической сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 5...8;
- под слоем флюса, кВт·ч/кг 3...4.

$W = 54,19$ кВт·ч (для базового варианта, по данным предприятия);

$W = 88,41$ кВт·ч (для проектируемого варианта, по данным предприятия);

$$Z_э = 7 \cdot 54,19 \cdot 3,16 = 1198,68 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_э = 7 \cdot 88,41 \cdot 3,16 = 1955,63 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		74

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (22):

По базовому варианту:

$$MЗ = 65285 + 1198,68 = 66483,68 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$MЗ = 1955,63 \text{ руб.}$$

10.3 Расчет численности производственных рабочих

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

$$Ч_{op} = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{op} \cdot K_B} \quad (25)$$

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

Φ_{op} - действительный фонд времени производственного рабочего

($\Phi_{op} = 1870 \text{ час.}$);

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

$$Ч_{op} = \frac{2972,16}{1870 \cdot 1,1} = 1,44 \text{ примем } Ч_{OP} = 2 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$Ч_{op} = \frac{106}{1870 \cdot 1,1} = 0,1$ примем $Ч_{op} = 1$ чел. (проектируемый вариант для контактной сварки)

$Ч_{op} = \frac{3974,4}{1870 \cdot 1,1} = 1,9$ примем $Ч_{op} = 1$ чел. (проектируемый вариант для установки спирального оребрения труб)

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает два сварщика, по новой измененной технологии работают 2 сварщика (один на установке АСОТ-2М, один на машине контактной сварки).

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						75
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих $Ч_{ор}$.

10.3.1 Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ($З_{пр}$) с отчислениями на социальное страхование определяется:

$$З_{пр} = \frac{С_{тар} \cdot \Phi_p \cdot k_{дон} \cdot k_{соц} \cdot k_n}{N}, \quad (26)$$

где Φ_p - годовой действительный фонд времени одного рабочего, час. ($\Phi_p \approx 1870$ час.);

N - годовая программа выпуска металлоизделий, шт.

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика: $T_{ст}$ сварщика ручной дуговой сварки - 51,68 руб./час (базовый вариант), $T_{ст}$ сварщика автоматической сварки - 48 руб./час (проектируемый вариант).

$$З_{пр} = \frac{51,68 \cdot 1870 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{576}, = 392,61 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$З_{пр} = \frac{48 \cdot 1870 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{576}, = 364,65 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле

$$Д_{вр} = \frac{T_{ст} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (27)$$

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

$T_{ст}$ – тарифная месячная ставка, руб. $T_{вр}$;

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						76
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$T_{вр}$ – время работы во вредных условиях труда, мин. $T_{вр} = T_{шт-к}$

(0,1 ...0,31), мин.; Коэффициент в пределах (0,10...0,31).

$$D_{вр} = \frac{51,68 \cdot 95,48 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,164 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{вр} = \frac{48 \cdot 6,32 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,010 \text{ руб. (проектируемый вариант для контактной}$$

сварки);

$$D_{вр} = \frac{48 \cdot 128,71 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,205 \text{ руб. (проектируемый вариант для установки}$$

спирального оребрения труб);

$$Z_{пр} = 392,61 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,164 = 765,75 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$Z_{пр} = 364,65 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,010 = 711,078 \text{ руб. (проектируемый вариант для контактной сварки).}$

$Z_{пр} = 364,65 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,205 = 711,27 \text{ руб. (проектируемый вариант для спирального оребрения труб).}$

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

$$ЗП_{д} = K_{д} \cdot ЗП_{о} \cdot K_{сс}, \quad (28)$$

где $ЗП_{д}$ – выплаты, предусмотренные законодательством

за непроработанное на производстве время, руб.;

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

$K_{д}$ – коэффициент дополнительной заработной платы. $K_{д} = 1,13$;

$K_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы.

$K_{сс} = 1,3$.

$ЗП_{д} = 1,13 \cdot 765,75 \cdot 1,3 = 1124,89 \text{ руб. (базовый вариант);}$

$ЗП_{д} = 1,13 \cdot 711,078 \cdot 1,3 = 1044,57 \text{ руб. (проектируемый вариант для контактной сварки).}$

									Лис
									77
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

10.4 Расчет полной себестоимости изделия

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

$$C_{ПР} = C_T + P_{np} + P_{хоз} \quad (29)$$

где C_T – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

Общепроизводственные расходы определяются по формуле

$$P_{np} = C_A + C_p + P_{ПР}^* \quad (30)$$

где C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

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

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

В статью «Общепроизводственные расходы» ($P_{ПР}$, руб.) включаются расходы на:

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

									Лис
									79
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

10.4.1 Затраты на амортизацию оборудования

Рассчитываем по формуле

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к} \cdot K_O}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O, \quad (31)$$

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

H_A – норма годовых амортизационных отчислений, %; примем

$H_A = 14,3 \%$ (7 лет начисления амортизации оборудования);

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

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

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

n_o – количество оборудования, шт.;

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени,

$K_B = 1,1$.

Затраты на амортизацию при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, приходящиеся на одно изделие:

$$C_A = \frac{873656,44 \cdot 14,3 \cdot 3 \cdot 5,16}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 918,57 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{7522000 \cdot 14,3 \cdot 4 \cdot 7,24}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 14795,62 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						80
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

10.4.2 Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования

рассчитываем по формуле

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100}, \quad (32)$$

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

D принимается равным 3 %.

$C_p = \frac{1048387,85 \cdot 3}{100} = 31451,64$ руб./на производственную программу или 54,60 руб в расчете на одно металлоизделие (31451,64 руб./576), - базовый вариант;

$C_p = \frac{9026400 \cdot 3}{100} = 270792$ руб./на производственную программу или 470,13 руб./на металлоконструкцию (270792 руб./576 шт), - проектируемый вариант.

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

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{\%P_{\text{пр}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (33)$$

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

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

$\%P_{\text{пр}} = 10$.

$P_{\text{пр}1}^* = \frac{1089008,64 \cdot 10}{100} = 108\,900,86$ руб. (базовый вариант);

$P_{\text{пр}2}^* = \frac{2022785,28 \cdot 10}{100} = 202278,53$ руб. (проектируемый вариант).

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (30):

$R_{\text{пр}} = 918,57 + 31\,451,64 + 108\,900,96 = 141\,271,17$ руб. (базовый вариант);

$R_{\text{пр}} = 14795,62 + 270792 + 202\,278,53 = 487866,15$ руб. (проектируемый вариант).

									Лис
									81
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

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

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле

$$P_{ХОЗ} = \frac{\%P_{ХОЗ} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (34)$$

где ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

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

$P_{ХОЗ}$ при изготовлении одной металлоконструкции:

$$P_{ХОЗ} = \frac{25 \cdot 1890,64}{100} = 472,66 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ХОЗ} = \frac{25 \cdot 3511,78}{100} = 877,95 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Производственная себестоимость годового выпуска металлоконструкций при базовом и проектируемом варианте технологии, $C_{ПР}$ рассчитывается по формуле (29):

$$C_{ПР} = 24160015,94 + 141271,17 + 272252,16 = 24573539,27 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{ПР} = 25189402,29 + 487866,15 + 505699,2 = 26182967,64 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» (P_K , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары,

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						82
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Окончание таблицы 32

1	2	3	4
3. Технологическая себестоимость C_T , руб.	24160015,94	25189402,29	1029386,35
4. Общепроизводственные расходы, P_{PP}	141271,17	487866,15	346594,88
5. Общехозяйственные расходы, $P_{ХОЗ}$	272252,16	505699,2	233447,04
6. Производственная себестоимость, C_{Pr}	24573539,27	26182967,64	1609428,37
7. Коммерческие расходы, P_K ,	24573,56	26183	1610
8. Полная себестоимость, $C_{П}$	24600932,83	26209150,60	

10.5 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

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

Годовой выпуск продукции (воздухосборник) составляет 576 шт.

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

$$\Delta C = (C_{T1} - C_{T2}) N, \quad (37)$$

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

N - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

В данном расчете *годовая экономия по технологической себестоимости* составит в соответствии с формулой (16):

$$\Delta C = (41944,47 - 43731,60) \cdot 576 = - 1029,38 \text{ тыс. руб.}$$

									Лис
									84
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

технологическая себестоимость в проектируемом варианте превышает технологическую себестоимость в базовом варианте за счет расходов на материалы и приобретаемое оборудование.

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, П, руб. рассчитываем по формуле

$$П = В - C_{п}, \quad (38)$$

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (Ц, руб.) по формуле:

$$\Delta C_{п} = C_{п1} - C_{п2}, \quad (39)$$

где $C_{п1}$, $C_{п2}$ - полная себестоимость годового выпуска продукции по базовому и проектируемому вариантам соответственно.

Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$Ц_1 = 42705,10 \cdot 1,3 = 55516,63 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = 45502,75 \cdot 1,5 = 68254,13 \text{ руб.}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по формуле

$$В = Ц * N \quad (40)$$

по базовому и проектируемому вариантам:

$$В_1 = 55516,63 \cdot 576 = 31977578,88 \text{ руб.}$$

$$В_2 = 68254,13 \cdot 576 = 39314376 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						85
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой

$$\Pi = B - C_{\text{п}}, \quad (41)$$

по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий

$$\Pi_1 = 31977578,88 - 24600932,83 = 7376646,05 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 39314376 - 26209150,60 = 13105225,40 \text{ руб.}$$

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

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (42)$$

где Π_1 , Π_2 – прибыль соответственно в базовом и проектируемом вариантах.

$$\Delta\Pi = 13105225,40 - 7376646,05 = 5728579,35 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, проводим по формуле

$$N_{\text{кр}} = \frac{C_{\text{пост}}}{Ц - C_{\text{пер}}}, \quad (43)$$

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

$C_{\text{пост}}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий, $C_{\text{п}}$, за вычетом технологической себестоимости в расчете на

									Лис
									86
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

годовую программу выпуска, C_T);

Π - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

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

По базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{\text{кр1}} = \frac{24600932,83 - 24160015,94}{55516,63 - 41944,47} = 33 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{кр2}} = \frac{26209150,60 - 25189402,29}{68254,13 - 43731,60} = 42 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, R , проводим по формуле

$$R = \frac{\Pi}{C_n} * 100 \quad (44)$$

$$R_1 = \frac{7379440,35}{24600932,83} \cdot 100 = 30 \%$$

$$R_1 = \frac{13104790,08}{26209150,60} \cdot 100 = 50 \%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $\Pi_{\text{тр}}$ производим по формуле

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{ор}}} \quad , \quad (45)$$

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

$\text{Ч}_{\text{ор}}$ - численность производственных рабочих, чел.

соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{\text{тр1}} = \frac{31977578}{2} = 15988789 \text{ руб./чел.} = 15988,789 \text{ тыс. руб./чел.}$$

$$\Pi_{\text{тр2}} = \frac{39314376}{2} = 19657188 \text{ руб./чел.} = 19657,18 \text{ тыс. руб./чел.}$$

									Лис
									87
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, $T_{ок}$ производим по формуле

$$T_o = \frac{\Delta K_d}{\Delta \Pi}, \quad (46)$$

где ΔK_d – дополнительные капитальные вложения, руб.;

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

$$T_o = \frac{9026400}{5728579,35} = 1,6 \text{ год}$$

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в виде таблицы 33.

Таблица 33 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
	Годовой выпуск продукции, N	шт.	576	576	
	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	руб.	31977578,88	39314376	7336797,12
	Капитальные вложения, К	руб.	1048387,85	9026400	7978012,15
	Технологическая себестоимость металлоизделия, C_T	руб.	24160015,94	25189402,29	1029386,36
	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, C_p	руб.	24600932,83	26209150,6	1608217,77
	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	7376646,05	13105225,40	5728579,35
	Годовой экономический эффект, \mathcal{E}_r	руб.	2563874,36		

Окончание таблицы 33

1	2	3	4	5	6
	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	2	2	
	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П _{тр}	тыс.руб./чел.	15988,78	19657,18	3668,4
	Рентабельность продукции, R	%	30	50	20
	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т _{ок})	лет	1,6		
	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	33	42	-11

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения долговечности сварных соединений конструкции металлоизделия. Снижение трудозатрат за счет сокращения числа гибов, приварок труб к стоякам, а также к снижению гидравлического сопротивления конвективных пакетов, повышения теплопроизводительности надежности работы котла.

									Лис
									89
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП 44.03.04.843 ПЗ

11 Методическая часть

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки конвективной части водогрейного котла. В процессе разработки предложена оптимизация технологии изготовления конвективной части водогрейного котла, с применением спирального оребрения труб и замена ручной дуговой сварки на автоматическую сварку давлением.

Для оптимизации данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на механизированное и автоматическое, что позволяет использование автоматического оборудования для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки давлением», уровень квалификации 4. В базовой технологии работы выполнялись рабочими: «Сварщик ручной дуговой сварки» (4 разряда), в связи с этим необходимо разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках предприятия.

Для разработки программы краткосрочной подготовки рабочих необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. Профессиональный стандарт – это характеристика квалификации, необходимой для осуществления определенного вида профессиональной деятельности, в том числе выполнения определенной трудовой функции.

Профессиональный стандарт – многофункциональный документ, который применяется:

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						90
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

1. В сфере труда – для управления персоналом, формирования кадровой политики;
2. В системе профессионального образования – при разработке и актуализации федеральных государственных образовательных стандартов и программ (в части профессиональной составляющей), профессионально-общественной аккредитации образовательных программ);
3. При независимой оценке квалификации.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						91
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Продолжение таблицы 34

1	2	3
<p>Трудовые действия</p>	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для РД, настройка сварочного оборудования для РД с учетом особенностей его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение РД сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования.</p> <p>Выполнение дуговой резки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных РД сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p> <p>Исправление дефектов РД сваркой.</p>	<p>Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документации.</p> <p>Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты.</p> <p>Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции.</p> <p>Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки давлением.</p> <p>Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции.</p> <p>Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля. Контроль исправления дефектов сварных соединений.</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
<p>Необходимые знания</p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для РД.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых РД.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых РД.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для РД сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Техника и технология РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p> <p>Методы контроля и испытаний сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки давлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.</p> <p>Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки давлением.</p> <p>Требования к подготовке конструкции под сварку.</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
		<p>Технология полностью механизированной и автоматической сварки давлением.</p> <p>Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля.</p> <p>Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.</p> <p>Правила технической эксплуатации электроустановок.</p> <p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.</p> <p>Правила эксплуатации газовых баллонов.</p> <p>Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.</p>
<p><i>Другие характеристики:</i></p>	<p>Область распространения РД в соответствии с данной трудовой функцией:</p> <p>сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную: сварка дуговая плавящимся электродом; сварка (дуговая) гравитационная покрытым электродом; резка воздушно-дуговая; резка кислородно-дуговая; сварочный процесс: сварка ручная дуговая ванная покрытым электродом;</p> <p>ручная дуговая резка и строжка металлов.</p>	<p>-</p>

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						96
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Окончание таблицы 34

1	2	3
<p><i>Характеристики выполняемых работ:</i></p>	<p>Прихватка элементов конструкции РД во всех пространственных положениях сварного шва; РД сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками во всех пространственных положениях сварного шва; ручная дуговая резка сложных деталей из различных материалов; наплавка поверхностей баллонов и труб, дефектов деталей машин, механизмов, конструкций и инструментов; устранение РД трещин и раковин в изделиях с толщиной более 0,2 мм и в изделиях с труднодоступными для сварки местами; исправление дефектов сваркой</p>	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям Сварщик ручной дуговой сварки » (3-го разряда) и «Оператор автоматической сварки давлением» является следующее:

Необходимые знания:

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

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

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						97
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением.

Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

Необходимые умения:

Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.

Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.

Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки давлением.

Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки давлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.

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

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						98
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

11.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки давлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на месте в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением», который представлен в таблице 33. Продолжительность обучения две недели.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						99
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 35 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением» 4-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ	ОБУЧЕНИЕ
19		
1.1	Основы экономики отрасли	1
1.2	Материаловедение	2
1.3	Основы электротехника	4
1.4	Чтение чертежей	4
1.5	Спецтехнология	8
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	
2.1	Упражнения по автоматической сварке несложных деталей на учебно-производственном участке	15
2.2	Работа на предприятии	40
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	6
	ИТОГО	82

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						100
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

11.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разработана на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований производства.

Таблица 36 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Принцип работы, назначение и технические характеристики установки спирального оребрения труб АСОТ-2М	1
2	Конструкция установки АСОТ-2М	
2.1	Устройство и основные узлы установки спирального оребрения труб АСОТ-2М	1
2.2	Пульт управления установки	0,5
2.3	Блок сигнализации	0,5
2.4	Принципиальная схема оборотного водоохлаждения дистиллятом установки АСОТ-2М	0,5
3	Технология автоматической сварки	
3.1	Подготовка к работе и порядок выполнения работ на установке	1
3.2	Наладка рольгангов и сварочных регулировок	1
3.3	Технические условия трубы оребренной	1
4	Контроль качества трубы оребренной	0,5
5	Техника безопасности при работе на установке АСОТ-2М	1
	Итого:	8

11.4 Разработка плана - конспекта урока

Тема урока «Устройство и основные узлы установки спирального оребрения труб АСОТ 2-М»

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве, основных узлах установки спирального оребрения труб АСОТ-2М.

Развивающая: развивать техническое и аналитическое мышление, память, внимание.

Воспитательная: воспитывать мотивацию к труду, добросовестное отношение к делу.

Тип урока – Урок освоения новых знаний:

Методы обучения – словесные (рассказ и беседа с обучающимися), наглядные (показ плакатов).

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат: «Установка АСОТ-2М»; «Схема установки АСОТ-2М»; «Инструкция по эксплуатации при работе на установке АСОТ-2М».

Таблица 37 – План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, прошу вас садиться, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела сегодняшнего занятия «Конструкция установки АСОТ-2М» Тема занятия: «Устройство и основные узлы установки спирального оребрения труб». Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах установки спирального оребрения труб, ее назначение и принцип работы».	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.

Продолжение таблицы 37

1	2	3
<p>Мотивация 5 минут</p>	<p>В связи с оптимизацией технологии процесса изготовления конвективной части водогрейного котла. А именно применение труб увеличенного диаметра, с применением спирального оребрения. Спиральное оребрение труб будет производиться на установке АСОТ-2М. Для работы на данной установке вам необходимо знать ее устройство и основные узлы.</p>	<p>Сообщаю причины необходимости изучения устройства и основных узлов установки АСОТ-2М.</p>
<p>Актуализация опорных знаний 10 минут</p>	<p>1. Что такое токи высокой частоты? 2. Как получают токи высокой частоты? 3. Где применяются токи высокой частоты? 4. Техника безопасности при проведении сварочных работ?</p>	<p>Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.</p>
<p>Изложение нового материала 30 минут</p>	<p>Разберем с Вами одну из разновидностей сварочного автомата, используемого при сварке давлением.</p> <p>Установка АСОТ-2М предназначена для спирального оребрения труб из углеродистых и нержавеющей сталей путем приварки ленты по спирали непрерывным швом к гладкой трубе. Приварка ленты осуществляется током высокой частоты.</p>  <p>Плакат – Установка АСОТ-2М</p>	<p>Прошу обучающихся записать определение, что такое установка АСОТ-2М и ее назначение.</p> <p>Обращаю внимание обучаемых на плакат Установка АСОТ-2М.</p> <p>Обучаемые внимательно рассматривают установку на плакате.</p>

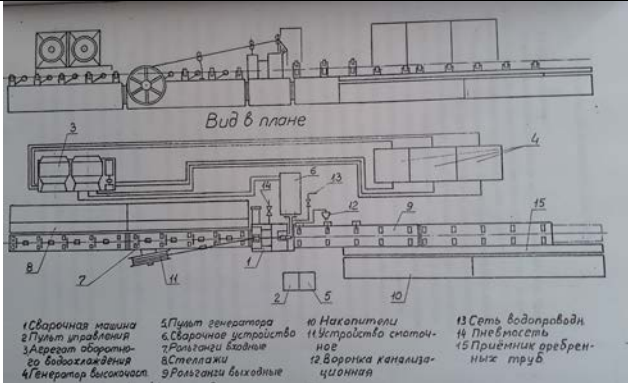
Продолжение таблицы 37

1	2	3
	<p>Посмотрите на плакат. На нем представлена установка АСОТ-2М. Давайте рассмотрим ее основные составляющие.</p> <p>Установка АСОТ-2М состоит из следующих основных блоков: машина сварочная, система обратного водоохлаждения, высокочастотный генератор типа ВЧСЗ-250/0,44, входной и выходной рольганги.</p> <p><i>Машина сварочная:</i> Состоит из станины, на которой смонтированы механизм перемещения трубы, механизм токоподводов к трубе и ленте, концентратор (индуктор) тока, ролики прижимные и ведущие, механизм натяжения ленты, коробка раздаточная, панель с пневмоаппаратурой. На схеме установки машина сварочная обозначена цифрой 1.</p> <p><i>Система обратного водоохлаждения:</i> Состоит из: 1. Бака с рабочей жидкостью (дистиллят) $V=2,3 \text{ м}^3$, 2. Двух охладительных агрегатов; 3. Коллектора; 4. Перекачивающих насосов; 5. трубопроводов с запорной арматурой.</p> <p>Система обеспечивает охлаждение ВЧ-генератора. Шины, токоподводы, механизм натяжения ленты, концентратор тока (индуктор), прижимной, упорные ролики и 1-ая пара опорных роликов выходного рольганга охлаждаются технической водой из цеховой водопроводной сети со сливом через резервуар станины сварочной машины в канализацию. На схеме установки система обратного водоохлаждения обозначена цифрой 3.</p>	<p>Рассказываю подробнее об установке АСОТ-2М</p> <p>По ходу объяснения прошу записать основные блоки установки. Диктую объяснение составных частей.</p> <p>Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю.</p> <p>Рассказываю и показываю устройство установки, при этом использую плакат «Схема установки АСОТ-2М».</p> <p>Рассматриваем схему установки на плакате.</p>

Продолжение таблицы 37

1	2	3
	<p><i>Высокочастотный генератор типа ВЧС3-250/0,44:</i> Используется в качестве источника питания. Установки высокочастотные предназначены для сварки труб из различных марок сталей, алюминия, меди, титана, разнородных металлов и сплавов, а также для сварки изделий конечных размеров по отбортованным кромкам методом оплавления. Рассмотрим, что означает обозначение ВЧС3-250/0,44: ВЧС - высокочастотная сварка, 3 – модификация, 250 - колебательная мощность, которая обозначается в кВт; 0,44 – рабочая частота, в МГц. Установки ВЧС выполняются в виде отдельных блоков сварной конструкции с односторонним обслуживанием, в которых размещаются элементы схемы. На схеме установки высокочастотный генератор обозначен цифрой 4.</p> <p><i>Входной рольганг:</i> Состоит из сварных металлоконструкций и механизмов, обеспечивающих подачу трубы и ленты в сварочную машину. Заготовки труб размещаются на стеллаже, имеющим скос в сторону сброса трубы. Сброс трубы на опорные ролики осуществляется с пульта управления. На раме входного рольганга установлено смоточное устройство, на котором размещается моток или бухта оребряющей ленты. Лента через направляющие ролики подается в сварочную машину. На схеме установки обозначен цифрой 7.</p> <p><i>Рольганг выходной:</i> С накопителем размещен с правой стороны от сварочной машины. Рольганг оснащен перемещающей кареткой, которая служит для вывода оребренной трубы из механизма подачи трубы и концентратора тока (индуктора) с последующей укладкой ее в приемник. Пуск каретки (выход рольганга) и сброс трубы из приемника в накопитель осуществляется с пульта управления. На схеме установки обозначен цифрой 9.</p>	<p>На схеме установки показываю, где размещен высокочастотный генератор.</p> <p>Записываем основные моменты.</p> <p>Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю.</p> <p>На схеме показываю расположение основных блоков.</p> <p>Делаю вывод по теме урока.</p>

Окончание таблицы 37

1	2	3
	 <p>Плакаты – Схема установки АСОТ-2М. Таким образом в рамках нашего урока мы узнали об основных составляющих установки АСОТ-2М, из чего они состоят и их функции в установке, а именно: машина сварочная, система обратного водоохлаждения, высокочастотный генератор типа ВЧСЗ-250/0,44, входной и выходной рольганги. Рассмотрели их на схеме установки.</p>	
<p>Первичное закрепление материала 5 минут</p>	<p>Давайте проверим, на сколько была вами понята рассказанная мною информация.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите, пожалуйста, основные блоки установки АСОТ-2М. 2. Из чего они состоят. 3. Покажите их на схеме установки АСОТ-2М 	<p>Прошу назвать и показать обучающихся основные блоки установки АСОТ-2М. Самые активные будут иметь дополнительный балл при сдаче экзамена. Ответы на вопросы оцениваются по 5-ти бальной шкале.</p>
<p>Получение домашнего задания 3 минут</p>	<p>Теперь запишем домашнее задание, Повторить по записям лекции и по инструкции эксплуатации установки АСОТ-2М: основные блоки установки АСОТ-2М, знать из чего они состоят. Уметь показать их на Схеме установки.</p>	<p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

В процессе разработки методической части дипломного проекта мы:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением»;
- составили учебный план для переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						107
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте предлагается модернизация водогрейного котла за счет применения труб увеличенного диаметра и применение спирального оребрения, с целью повышения теплопроизводительности и надежности водогрейного котла, а именно его конвективной части. Кроме того применение труб увеличенного диаметра приводит к уменьшению вероятности закупорки проходных сечений внутренними отложениями, увеличивается поверхность нагрева, к.п.д котла и снижается температура уходящих газов.

Эксплуатируется модернизированный котел дольше от 5 до 10 лет, и соответственно уменьшаются затраты на аварийные и плановые ремонты котла. Водогрейные котлы из труб меньшего диаметра, в данном случае в базовом варианте из трубы 28x3, эксплуатируются меньше, так как происходит закупорка проходных сечений. Ремонт проводится путем разрезания стояка и отглушения всего змеевика, после отглушения змеевиков конвективной части сокращается поток воды через котел, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления котла выше нормируемого и к росту потери давления сетевой воды с увеличением затрат электрической энергии на работу сетевых насосов. Отглушенные змеевики без протока по ним воды подвергаются перегреву дымовыми газами, особенно в первой ступени по ходу газов, из-за перегрева стали змеевиков, происходит их деформация и выгорание с последующим разрушением, это приводит к снижению и как следствие к росту температуры уходящих газов и снижению к.п.д. котла.

Технические показатели, полученные в результате исследования, подтверждают актуальность проектной разработки, экономическую значимость для предприятия, с одновременным повышением качества изготовления.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						108
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Произведенные экономические расчеты показывают, что увеличиваются затраты на изготовления, но при дальнейшей эксплуатации модернизированного котла повышается теплопроизводительность котла, увеличивается к.п.д. котла, снижается температура уходящих газов, сокращаются аварийные и плановые ремонты.

В методической части дипломного проекта была разработана программа профессиональной переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки давлением», для работы на установке спирального оребрения труб АСОТ-2М, тематический план теоретического обучения и разработан план конспект урока по теме «Устройство и основные узлы установки спирального оребрения труб АСОТ 2-М»

Таким образом, можно считать, что задачи дипломного проекта выполнены и цели достигнуты.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						109
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
- 2 Орлов, Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки / Б.Д. Орлов, Ю.В. Дмитриев, А.В. Чакалев. - М.: Машиностроение, 1977. – 536 с.
- 3 Шамов, А.Н. Высокочастотная сварка металлов / А.Н. Шамов, И.В. Лунин, В.Н. Иванов. - Л.: Машиностроение, 1977. – 200 с.
- 4 Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.] ; под общ.ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 5 Этингоф, Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства / Л.А. Этингоф - М.: Машиностроение, 1979. -280с.
- 6 Беляева, А. П. Профессионально – педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях / А.П. Беляева. – СПб.: Высш. шк., 1995. – 294 с.
- 7 Скакун, В.А. Преподавание курса «Организация и методика производственного обучения» / В.А. Скакун. М.: Высш.шк., 1990. – 253 с.
- 8 Скакун, В.А. Преподавание общетехнических и специальных предметов в средних ПТУ / В.А. Скакун. - М.: Высш. шк, 1987. - 271 с.
- 9 Шебеко, Л.П. Преподавание специальной технологии электрогазосварщикам: метод. пособие / Л.П. Шебеко. – М.: Высш.шк., 1974. -168 с.
- 10 Шебеко, Л.П. Производственное обучение электрогазосварщиков: метод. пособие / Л.П. Шебеко. – М.: Высш.шк., 1972. -184 с.
- 11 Эрганова, Н.Е. Методика профессионального обучения: Учеб. пособие / Н.Е. Эрганова. – 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2003. -150 с.
- 12 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций: атлас / С.А. Куркин. – М.: Машиностроение, 1986. – 327с.
- 13 Волченко, В.К. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
- 14 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.А Троицкий, В.П. Радько, В.Г. Демидко. – Киев: Вища школа, 2003. – 1144 с.
- 15 Куркин, С.А., Сварные конструкции / С.А. Куркин, Г.А. Николаев. – М.: Высш. шк. 1991. – 397 с.
- 16 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства / Т.В. Карпей. – Мн.: Дизайн ПРО, 2004. – 328 с.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		110

30 ГОСТ 5632-72*. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. – Введ. 1975-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 75с.

31 ГОСТ 16037-80*. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1981-06-30. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 23с.

32 ТУ 14-3-190-2004. Трубы стальные бесшовные для котельных установок и трубопроводов. – Введ. 2004-12-28. – М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 2004. – 16 с.

33 СТО ЦКТИ 10.002-2007. Стандарт организации. Элементы трубные поверхностей нагрева, трубы соединительные в пределах котла и коллекторы стационарных котлов. – Введ. 2007-11-01.

34 РТМ 108.030.140-87. Расчет и рекомендации по проектированию поперечно-ребренных конвективных поверхностей нагрева стационарных котлов. – Введ. 1988-07-01

35 ГОСТ 19521 – 74. Сварка металлов. Классификация. - Введ. 1975-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1978. – 14с.

36 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35с.

37 ГОСТ 3242-79. Соединения сварные. Методы контроля качества. Введ. 1981.01.01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2007. – 11 с.

38 ГОСТ 19281-89. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. 35 с.

					ДП 44.03.04.843 ПЗ	Лис
						112
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		