

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Заочный»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Иванов

« ____ » _____ 2017 г.

Участок сборки и сварки дренажных трубопроводов системы запитания магистрального насоса

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2017. ПЗ ВКР**

Руководитель работы
Ярославцев С.И.,
доцент каф. ОиТСП

_____ И.О., Фамилия
Подпись
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ПЗ-540
Каюмов Ильгиз Робертович

« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролёр
преподаватель кафедры ОиТСП

_____ Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Описание сварной конструкции	7
1.2 Описание основного материала	10
1.3 Технология изготовления.....	11
1.4 Предлагаемая технология изготовления	26
1.4.1 Расчет режимов сварки швов №1 и №3.....	27
1.4.2 Расчет режимов сварки шва №2.....	30
1.5 Контроль качества	32
1.6 Выбор оборудования	36
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	43
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ.....	45
3.1 Расчет фондов рабочего времени	45
3.2 Расчет норм штучного времени	48
3.3 Организация производства	53
3.4 Расчет расхода материалов	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ	61

						Лист
					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация является одним из крупнейших на мировом рынке поставщиком нефти, нефтепродуктов, а также природного газа. Для поддержания этого почетного места в стране активно строятся и вводятся в эксплуатацию новые трубопроводы, а также модернизируются и перевооружаются существующие старые.

В системе перекачивания добытых ископаемых по трубопроводам участвует множество различных устройств, каждое по своему назначению. Важное место в этой системе занимают магистральные насосы, которые, создавая в системе давление, обеспечивают передачу транспортируемой среды из места добычи либо передержки в требуемый пункт назначения.

Магистральный насос является сложной технической единицей, состоящей из роторной группы, обеспечивающей подачу энергии перекачивания в трубопровод; системы запираания, необходимой для перекрытия подачи транспортируемой среды в систему транспортирования и многих других элементов.

Важным элементом в системе запираания являются дренажные трубопроводы, изготовленные из нержавеющей стали и воспринимающие основное давление при перекрытии транспортируемой среды. Поэтому, при выходе из строя хотя бы одного из дренажей, происходит сбой в работе насоса, и он не выполняет свой функционал. Следовательно, при изготовлении дренажных трубопроводов предъявляются особые требования по качеству.

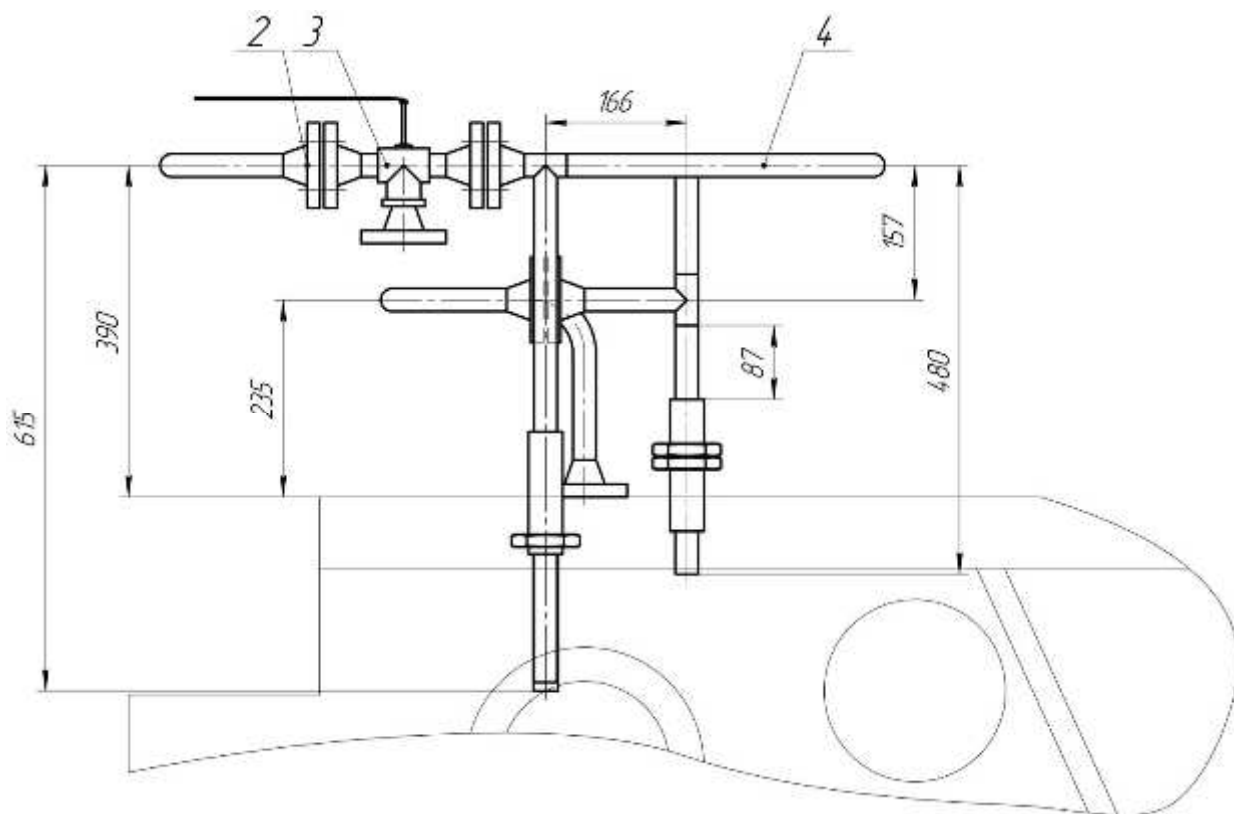
Темой выпускной квалификационной работы является участок сборки и сварки дренажных трубопроводов системы запираания магистрального насоса. Основным направлением при развитии темы является совершенствование технологии изготовления путем частичной механизации процесса сборки и автоматизации технологии сварки.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание сварной конструкции

Система запирания магистрального нефтеперекачивающего насоса является неотъемлемой частью конструкции, так как необходима для обеспечения перекрытия потока рабочей среды запирающим органом. Общий вид системы запирания показан на рисунке 1.1.



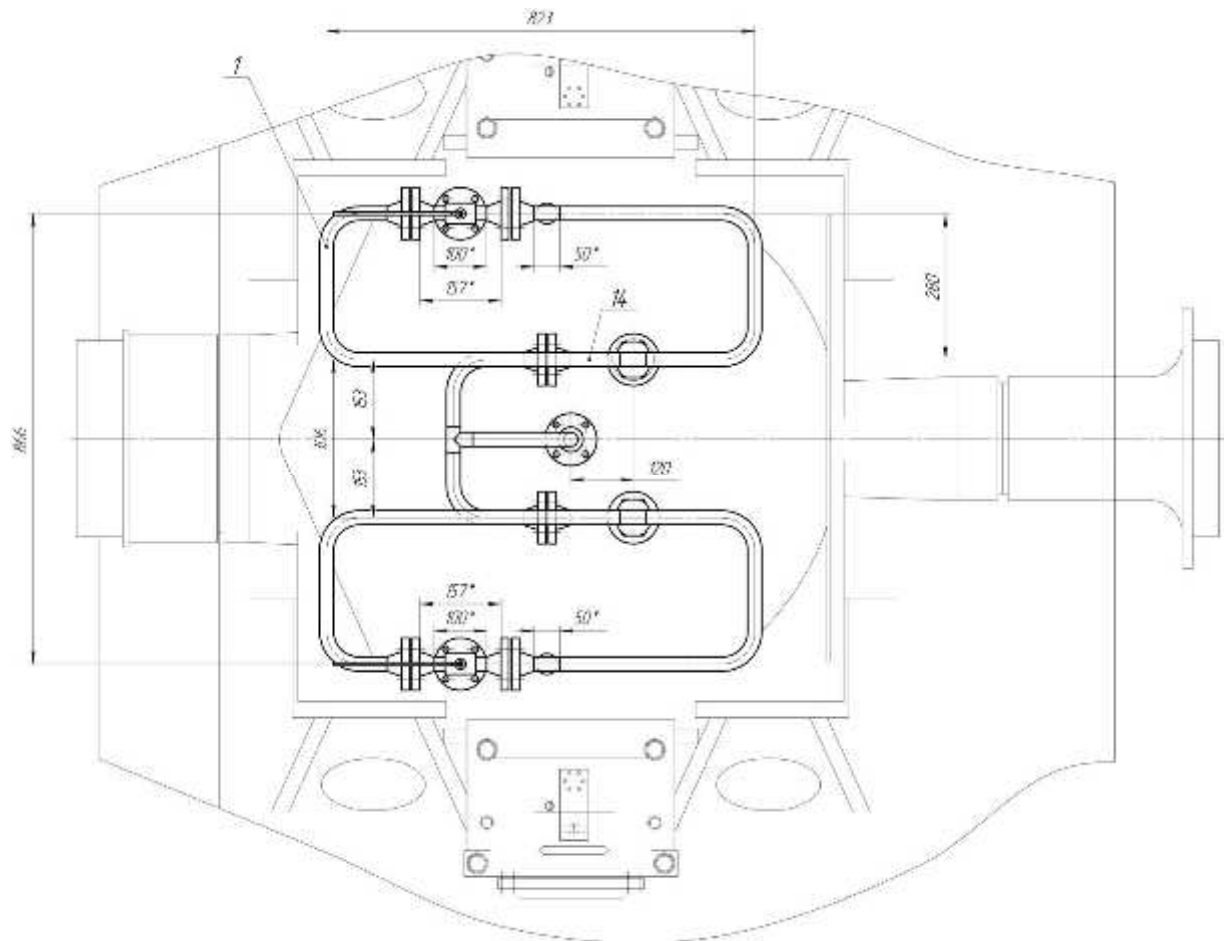
а)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

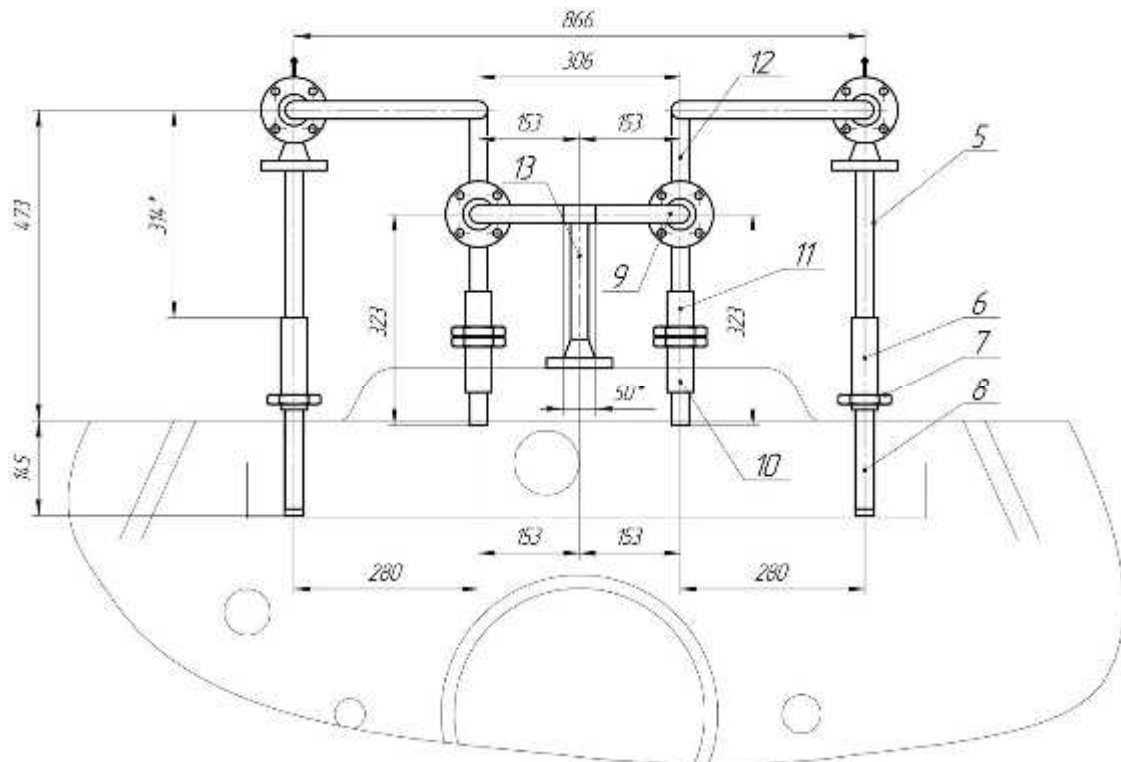
15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

8



б)



а) – вид спереди; б) – вид сверху; в) – вид сбоку

Рисунок 1.1 – Общий вид системы запираения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

9

Как видно из рисунка 1.1 система запираания представляет собой систему трубок, соединенных между собой в определенной последовательности, как при помощи сварки, так и при помощи фланцевого соединения. Система является гидравлической, при работе которой применяется масло, находящееся под давлением 8 МПа. Этого давления достаточно для работы.

Принцип действия системы следующий: в первую очередь производится подача масла в систему через узел крана шарового (поз. 3). Узел монтируется при помощи фланцевого узла (поз. 2). Для этого к узлу при помощи фланцевого соединения монтируется трубка подвода масла. Соединение при этом болтовое. После открытия крана масло распределяется по системе по патрубкам (поз. 1 и 4). Отводящие трубки (поз. 5) соединенные через муфту (поз. 6) с помощью гайки (поз. 7) с патрубком корпуса (поз. 8) служат для создания давления в системе с правой и с левой сторон насоса. При помощи тройников, трубка (поз. 12) устанавливается в корпус и передает давление масла в заднюю часть насоса через муфты (поз. 10 и поз. 11), соединенных между собой гайками. В центральную часть корпуса насоса давление подается при помощи тройника, подсоединенного к трубке (поз.12). Тройник соединен с трубкой (поз. 9), которая опять же через тройник и патрубок (поз. 13) передает давление.

Система состоит из трубок и патрубков диаметром 27 мм с толщиной стенки 4 мм. Поставка труб для изготовления осуществляется в соответствии с ГОСТ 9941-81 «Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия».

Заготовка при диаметре 27 мм и толщине стенки 4 мм поставляется связками, с длиной труб в каждой не более 7 м. Точность изготовления труб обычная.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.2 Описание основного материала

Трубки, патрубки и муфты, составляющие в совокупности систему запираания, изготавливаются из аустенитной коррозионно-стойкой стали марки 12X18H10T. Данная сталь используется в тяжелой и легкой промышленности для изготовления деталей, работающих при температурах, не превышающих 600 °С. Также она используется при изготовлении сварных аппаратов и сосудов, которые работают в различных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, а также в растворах щелочей и солей. Она может применять и для иных изделий, работающих под давлением при температуре от -196 до +600 °С. В агрессивных же средах рабочая температура не должна превышать значения +350 °С.

Химический состав стали 12X18H10T регламентируется ГОСТ 5632-2014 «Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки». Массовая доля химических элементов в стали 12X18H10T показана в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Массовая доля химических элементов в стали 12X18H10T

В процентах

C	Si	Mn	Ti	S	P	Cr	Ni
Не более							
0,12	0,8	2,0	0,6	0,02	0,04	17,0 – 19,0	9,0 – 11,0

Механические свойства стали 12X18H10T регламентируются требованиями ГОСТ 9941-81. Они представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 12X18H10T

Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Предел прочности σ_B , МПа, не менее	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
216	549	35

Согласно ГОСТ 9941-81 сталь марки 12X18H10T имеет неограниченную

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

свариваемость (сваривается без ограничений). Следовательно, ввиду отсутствия конкретной формулы для расчета эквивалента углерода сталей аустенитного класса примем, что предварительный подогрев перед сваркой не применяется.

1.3 Технология изготовления

Трубки для изготовления системы запирания поставляются и принимаются на производство партиями. Партия должна состоять из труб одного диаметра, одной толщины стенки, одного вида термической обработки. Дополнительно оговаривается поставка труб одной плавки. Все партии сопровождаются сертификатом качества, в котором также должен быть указан химический состав труб и сведения о проведенной термической обработке. Партия состоит из количества труб, не превышающего 300 шт.

При входном контроле партии для проверки механических свойств и стойкости к межкристаллитной коррозии отбирают:

- 2 трубы от партии для проверки на растяжение;
- 1 трубу от партии для проверки на сплющивание или раздачу;
- 2 трубы от партии для проверки на стойкость к межкристаллитной коррозии.

На каждый вид испытаний от отобранной трубы отбирается по одному образцу.

При неудовлетворительных результатах хотя бы по одному контролируемому параметру, испытания проводятся на удвоенном количестве образцов. При этом результаты распространяются на всю партию. При повторных неудовлетворительных результатах партия бракуется.

Одновременно с проверкой партии по механическим и металлографическим свойствам проводится проверка геометрических размеров и качества поверхности. Контролируемые характеристики:

- длина труб измеряется рулеткой;
- кривизна труб измеряется линейкой поверочной и набором щупов;
- диаметр и овальность контролируется гладким микрометром;

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

– толщина стенки проверяется трубным микрометром.

Также входному контролю подлежат тройники, узлы кранов шаровых. Они проверяются по геометрическим параметрам и по сертификатным данным.

После проведения входного контроля трубы отправляются на резку. Резка производится на отрезном маятниковом станке марки СОМ-400Б. Этот станок предназначен для резки труб, различной арматуры и металлопроката. Режущим инструментом является круг отрезной на основе вулканита. Общий вид станка отрезного марки СОМ-400Б показан на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Общий вид станка отрезного марки СОМ-400Б

Технические характеристики станка отрезного марки СОМ-400Б приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики станка отрезного марки СОМ-400Б

Характеристика	Значение
Наибольший размер разрезаемого в тисках материала, мм:	
– труба	Ø90
– уголок	75
– круг	Ø45

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ					13

Продолжение таблицы 1.3.

Угол поворота тисков, град	0...45
Размер отрезного круга, мм	(300...400)×(3...4)×32
Частота вращения шпинделя, об/мин	2850
Мощность электродвигателя, кВт	4
Частота вращения электродвигателя, об/мин	2850
Напряжение питания станка, В	380
Масса станка, кг	75
Габаритные размеры станка, мм	1200×500×900

Связка труб поставляется к месту складирования заготовок с главного склада, которое расположено около станка. Далее она развязывается и трубы поштучно вручную, в соответствии с заданием устанавливаются в тисках, отмеряется требуемая длина для отрезки, труба закрепляется и режется. Геометрические размеры заготовок трубок и патрубков показаны на рисунке 1.3.

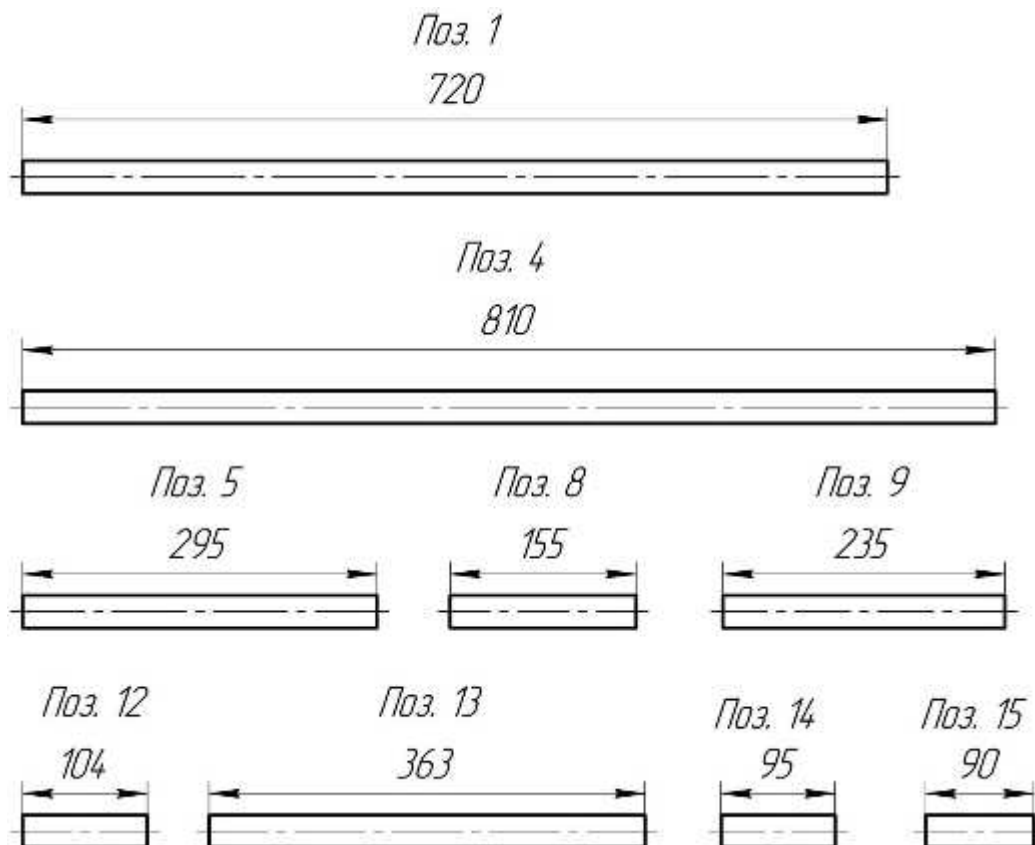


Рисунок 1.3 – Геометрические размеры заготовок трубок и патрубков

После отрезания исполнитель работ контролирует длину патрубков. После проведения контроля патрубки складываются в ящик и переправляются на участок сборки и сварки. Также туда отправляются тройники, узлы кранов шаровых и муфты.

На участке сборки присутствует следующая оснастка:

- сборочный стол 2000×1500;
- трубогиб ручной;
- прижимы механические;
- струбцины;
- стол слесарный;
- зачистной инструмент;
- источник питания для сварки;
- сварочная горелка для сварки неплавящимся электродом в среде аргона;
- обезжириватель «Уайт-спирит»;
- ветошь;
- шкаф для хранения инструмента;
- тиски слесарные;
- баллоны с аргоном для сварки;
- система местной вентиляции.

Общий вид слесарного стола показан на рисунке 1.4.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

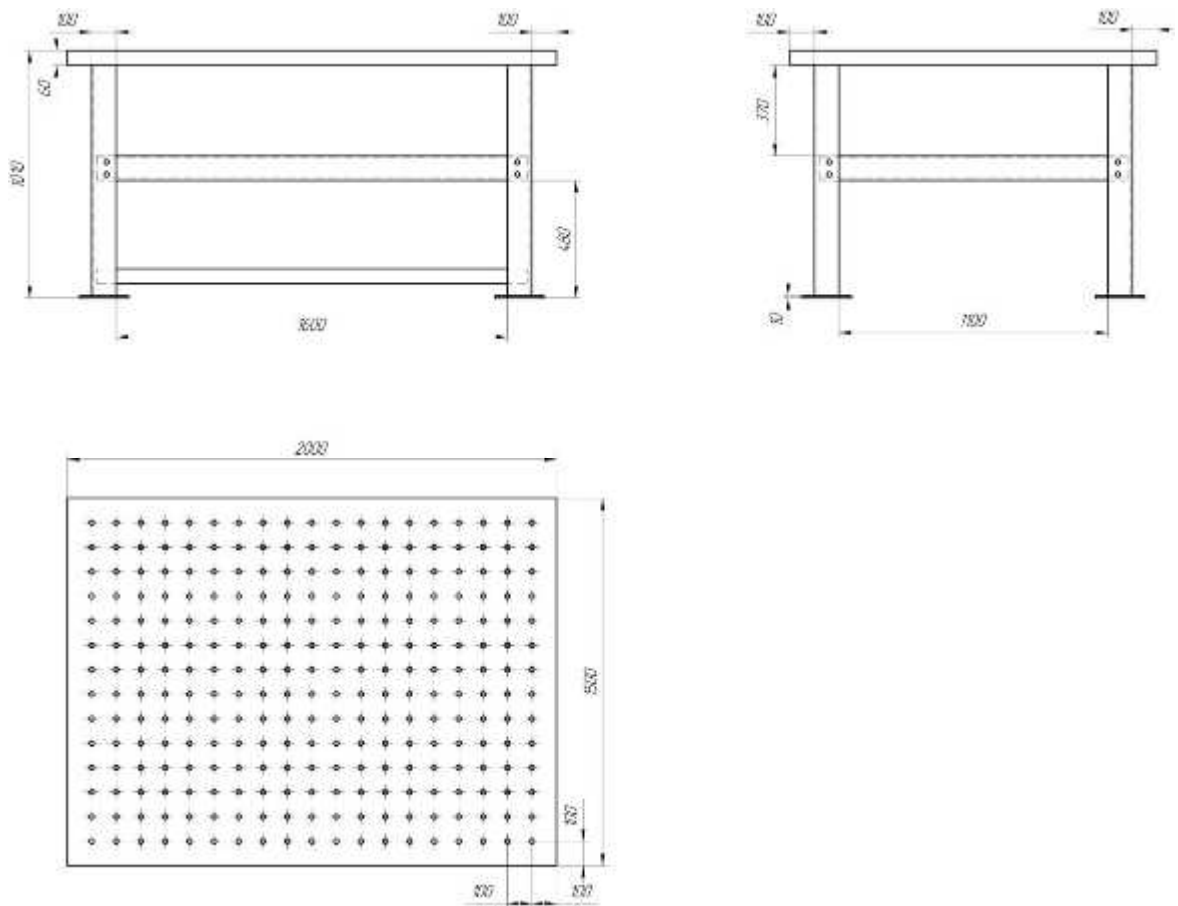


Рисунок 1.4 – Общий вид слесарного стола

Для фиксации системы трубок и патрубков в плоскости стола используются прижимы. Для ограничения длины и ширины сборки применяются различные ограничители.

Для сгибания труб и патрубков используется ручной трубогибочный универсальный станок марки M07TG, показанный на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Ручной трубогибочный универсальный станок марки M07TG

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Работа станка основана на том, что обрабатываемая трубка подается на направляющие ролики, сверху прижимается прижимным роликом и постепенно, с вращением маховика в обе стороны образуется контур сгибаемой трубы. Усилие прижимного ролика регулируется несколько раз для того, чтобы радиус гибки был равномерным. Технические характеристики ручного трубогибного универсального станка марки M07TG показаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технические характеристики ручного трубогибного универсального станка марки M07TG

Характеристика	Значение
Максимальные параметры обрабатываемых деталей, мм:	
– трубы круглого сечения (диаметр)	30
– трубы прямоугольного сечения (длина стороны)	40×40
– полоса	40×10
– квадрат (длина стороны)	16×16
– пруток (диаметр)	16
Масса ,кг	62

Станок жестко закреплен на слесарном столе.

Параллельно с операцией изгибания производится сборка между собой тройников и патрубков, фланцев и патрубков, а также патрубков и муфт.

С тройниками собираются следующие позиции:

- тройник с отводящей трубкой (поз. 5) – две единицы;
- тройник с трубкой (поз. 12) – две единицы;
- тройник с трубкой (поз. 15) – две единицы.

С фланцами собираются следующие позиции:

- фланец с трубкой (поз. 16) – две позиции;
- фланец с узлом шарового крана (поз. 3) – две позиции.

Величина смещения кромок не должна превышать 0,8 мм. Прямой участок объясняется тем, что на переходе, стоящем на фланце, присутствуют цилиндрические участки под приварку. Сборка скрепляется прихватками.

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ					

Геометрические размеры собираемых кромок показаны на рисунке 1.6.

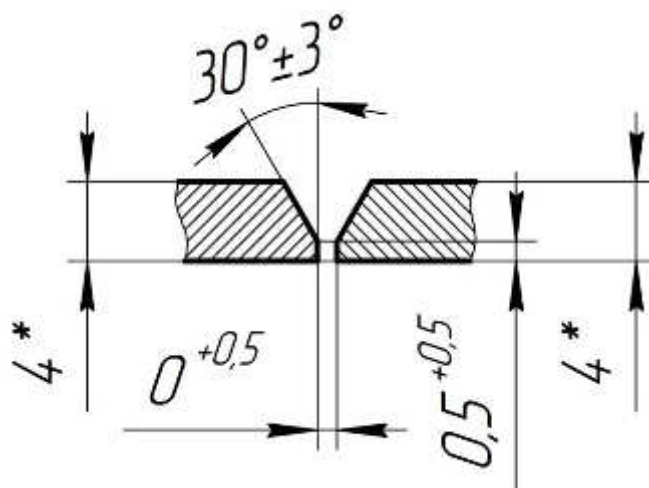


Рисунок 1.6 – Геометрические размеры собираемых кромок

После сборки производится сварка. Шов, соединяющий тройники с патрубками выполняется согласно ГОСТ 16037-80, тип соединения С17. Шов приварки фланцев с патрубками нестандартный. Сварка производится неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона с присадочной проволокой. Режимы сварки швов показаны в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Режимы сварки швов

Наименование прохода	I_{CB}, A	U_d, B	$V_{CB}, cm/c$	Вылет электрода, мм
Корневой	100...120	15...17	0,2...0,5	3...8
Облицовочный	150...170	17...19	0,4...0,6	3...8

В первую очередь обваривается корневой проход, затем производится сварка облицовочного слоя шва.

Далее сваренные узлы вновь собираются уже в полную конструкцию с учетом допусков на сборку. Производится сборка сваренных узлов с гнутыми трубками и патрубками, а также муфтами при помощи прижимов и направляющих. Сборка производится по уже подготовленным размерам так, чтобы свариваемый узел соответствовал размерам. Геометрические размеры собираемых кромок при сварке муфт с трубками и патрубками показаны на рисунке 1.7.

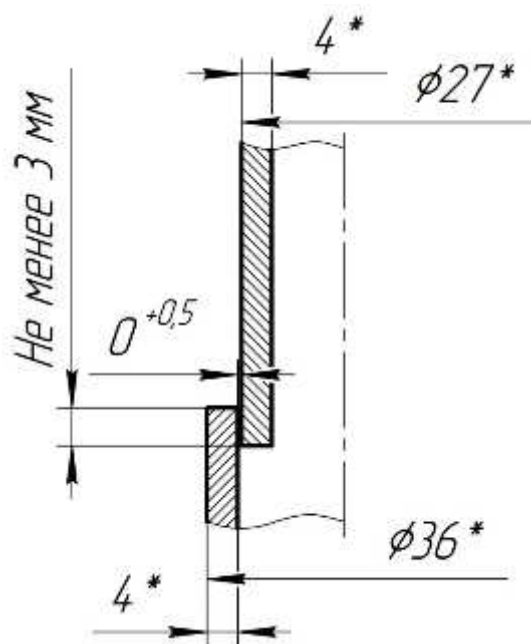


Рисунок 1.7 – Геометрические размеры собираемых кромок при сварке муфт с трубками и патрубками

Геометрические параметры сварных швов, используемых при сварке системы запирания, показаны на рисунке 1.8.

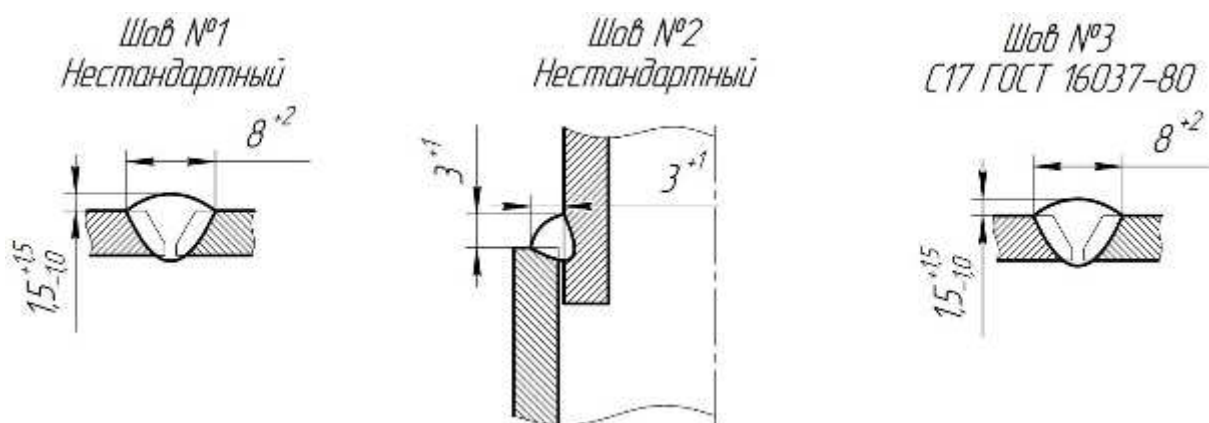


Рисунок 1.8 – Геометрические параметры сварных швов, используемых при сварке системы запирания

Сварка всех швов производится после сборки на сварочном посту, огороженном от основного места сборки. На сварочном посту присутствует следующее оборудование:

- стол для сварки;
- источник питания сварочной дуги;
- оборудование для заточки вольфрамового электрода;
- сварочная горелка для сварки неплавящимся электродом;

- туба для хранения присадочной проволоки с самой проволокой;
- баллон с аргоном;
- обезжириватель «Уайт-спирит»;
- борфреза для зачистки сварных швов;
- универсальный шаблон сварщика №3;
- универсальный шаблон сварщика №2.

Порядок проведения сварки:

- после доставки собранных узлов на сварочный пост, каждый узел по отдельности укладывается на стол сварщика;
- производится осмотр прихваток. При наличии в прихватке кратера либо трещины, собранный узел возвращается на участок сборки, прихватка вырезается и узел собирается заново;
- после осмотра и принятия решения о качестве прихваток, производится повторное обезжиривание свариваемого стыка «Уайт-спиритом»;
- после обезжиривания производится непосредственно сварка. Сначала варится одна половина периметра шва на режимах, указанных в таблице 1.4;
- производится осмотра сваренной части шва на предмет наличия кратеров и трещин в начале и конце шва. При необходимости производится зачистка дефектных мест;
- далее узел переворачивается на 180° и начинается сварка второй части периметра шва. Начало и конец сварки должны быть смещены относительно предыдущей части на расстояние не менее 5 мм;
- замковые соединения после окончания сварки зачищаются;
- производится визуальный и измерительный контроль сварного шва. При обнаружении недопустимых дефектов, производится ремонт.
- после окончательной сварки узла и визуального и измерительного контроля проводится выборочный радиографический контроль сварных швов в объеме не менее 10% от общего количества стыков. При этом радиографический контроль проводится также на стыках, наихудших по результатам визуального и измерительного контроля;

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

– после проведения радиографического контроля производится контроль цветной дефектоскопией;

– после прохождения всех видов неразрушающего контроля и признания стыков годными, проводятся гидравлические испытания. Узел устанавливается в рабочее положение на участке гидроиспытаний. Производится сборка согласно требуемым монтажным размерам. После этого в систему подается давление воды, равное 9,8 МПа и производится выдержка под этим давлением не менее чем 10 минут. При этом фиксируется отсутствие течей, потения и остаточной деформации.

После прохождения всех видов испытаний и признания узла годным он отправляется на дальнейшую сборку, не рассматриваемую в рамках выпускной квалификационной работы.

В качестве метода сварки применяется аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом. Диаметр вольфрамового электрода равен 4 мм и выбран исходя из толщины свариваемых элементов. Марка вольфрамового электрода, используемая при сварке, WT-20 (красный). Данный тип электрода легирован помимо чистого вольфрама оксидом тория. Данные электроды широко применяются при сварке постоянным током прямой полярности. Рекомендуемый и нежелательный вид заточки вольфрамового электрода показаны на рисунке 1.9.

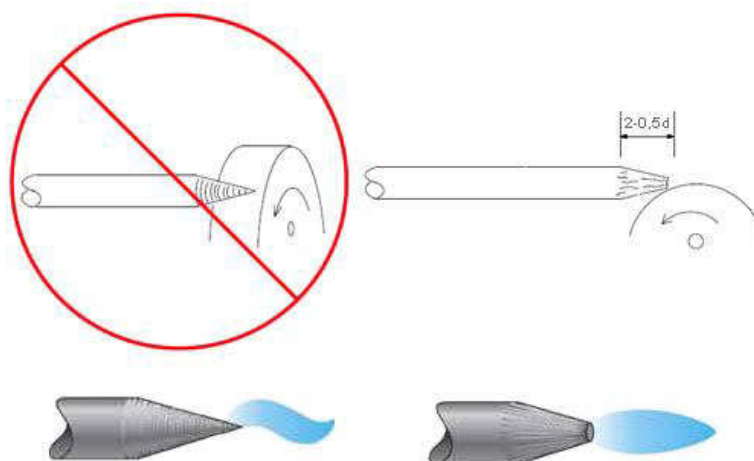


Рисунок 1.9 – Рекомендуемый и нежелательный вид заточки вольфрамового электрода

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ				

Согласно рисунку 1.9 рекомендуемый тип заточки электрода должен быть с притуплением торца для равномерности горения дуги. При острой заточке дуга горит неравномерно и имеет место ее отклонение от оси шва.

В качестве присадочного материала используется сварочная проволока в виде прутка марки ОК Tigrod 347Si диаметром 2 мм производства фирмы Esab. Химический состав сварочной проволоки ОК Tigrod 347Si представлен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Химический состав сварочной проволоки ОК Tigrod 347Si

В процентах

С, не более	Mn	Si	Cr	Ni	Nb	P	S
						Не более	
0,08	1,0 – 2,5	0,65 – 1,0	19,0 – 21,0	9,0 – 11,00	0,8 – 1,0	0,03	0,02

Механические свойства металла, наплавленного при помощи прутка ОК Tigrod 347Si, приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Механические свойства металла, наплавленного при помощи прутка ОК Tigrod 347Si

Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Предел прочности σ_B , МПа, не менее	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
440	640	35

В качестве защитной среды используется аргон газообразный высшего сорта, поставляемый согласно ГОСТ 10157-79.

Сварка производится при помощи сварочной горелки, предназначенной для аргонодуговой сварки марки WP-26F 180A. Общий вид горелки WP-26F 180A показан на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Общий вид горелки WP-26F 180А

Технические характеристики горелки WP-26F 180А представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики горелки WP-26F 180А

Характеристика	Значение
Максимальный сварочный ток, А:	
– постоянный	180
– переменный	130
Диаметр используемых электродов, мм	1,6...4,0
Продолжительность нагрузки, %	35
Тип охлаждения	Газовое
Длина шланга, м	4

Строение горелки показано на рисунке 1.11.



Рисунок 1.11 – Строение горелки

Как видно из рисунка 1.11 строение грелки относительно простое. Цанга при помощи резьбы вкручивается в корпус, затем также монтируется сопло. Через

тыльный колпачок вольфрамовый электрода подается в зону сварки.

В качестве источника питания сварочной дуги используется инверторный источник питания марки AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC. Общий вид источника питания AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC показан на рисунке 1.12.



Рисунок 1.12 – Общий вид источника питания AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC

Технические характеристики источника питания AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC показаны в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики источника питания AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В	220
Потребляемая мощность, кВт	4,5
Напряжение холостого хода, В	56
Диапазон сварочного тока, А	10...200
Режим работы при 40°C, %	60
Габаритные размеры, мм	455×204×368
Масса, кг	14,7

Заточка вольфрамовых электродов производится вручную на шлифовальном станке с наждачными кругами. Общий вид шлифовального станка показан на рисунке 1.13.



Рисунок 1.13 – Общий вид шлифовального станка

Аргон поставляется в баллоне, показанном на рисунке 1.14.



Рисунок 1.14 – Баллон для аргона

Существующая технология изготовления позволяет изготавливать 3 узла системы запираения за одну смену. При этом задействовано следующее количество работников:

- при резке заготовок труб и патрубков – 1 человек;
- на операции гибки – 1 человек;
- на операции сборки – 2 сборщика и 1 сварщик;
- на операции сварки – 1 сварщик;
- на операции контроля – 1 контролер;
- на операции радиографического контроля – 1 оператор–дефектоскопист;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

25

– на операции капиллярного контроля – 1 дефектоскопист.

Недостатками применяемой технологии изготовления системы запирания являются:

– ручное управление при гибке трубок, что приводит в потерям времени на изготовление;

– сборка и сварка производятся на одном участке, но в разных местах. Это приводит к нежелательным перемещениям собранных изделий и возможному повреждению прихваток и нарушению геометрии узлов;

– сварка производится вручную, что требует высокой квалификации сварщика и повышает вероятность появления дефектов;

– заточка вольфрамовых электродов производится в ручном режиме на шлифовальном станке, что может привести к получению травмы.

Для устранения указанных выше недостатков предлагается применить следующие мероприятия:

– применить для гибки трубок электрический трубогиб. Это позволит уменьшить время на операцию гибки;

– разработать кондуктор, в котором будет учтена возможность изготовления узлов «по месту», то есть без перемещения;

– применить при сварке стыков автоматическую орбитальную сварку неплавящимся электродом. Это позволит снизить долю ручного труда, повысить производительность и уменьшить вероятность появления дефектов.

– применить при заточке вольфрамовых электродов специальный аппарат для заточки. Это позволит повысить качество заточки, а также повысит безопасность труда при проведении работы.

При разработке необходимо также учесть, что сборка и сварка будет применяться «по месту», поэтому в нем должны присутствовать:

– трубогиб – 1 шт;

– упоры для пространственной ориентации собираемых элементов;

– автомат для орбитальной сварки.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

1.4 Предлагаемая технология изготовления

В предлагаемом варианте технологии изготовления заготовки труб также поставляются на участок резки. Там их разрезают на заготовки требуемой длины (см. рисунок 1.3). После этого заготовки поставляются на участок сборки. На участке сборки на существующий слесарный стол установлен кондуктор, представляющий собой взаимосвязанную систему, состоящую из:

- трубогибов;
- автомата для орбитальной сварки;
- упоров для пространственной ориентации.

При использовании орбитальной сварки требуется заменить пруток сварочной проволоки марки ОК Tigrod 347Si на сварочную проволоку в катушке, с характеристиками не хуже указанного прутка. Наиболее подходящей является сварочная проволока марки ОК Autrod 347Si. Диаметр проволоки примем равным 0,8 мм. Химический состав металла, наплавленного проволокой ОК Autrod 347Si, приведен в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Химический состав металла, наплавленного проволокой ОК Autrod 347Si

В процентах

C, не более	Mn	Si	Cr	Ni	Nb	P	S
						Не более	
0,08	1,0 – 2,5	0,65 – 1,0	19,0 – 21,0	9,0 – 11,00	0,8 – 1,0	0,03	0,02

Механические свойства металла, наплавленного проволокой ОК Autrod 347Si, приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Механические свойства металла, наплавленного проволокой ОК Autrod 347Si

Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Предел прочности σ_B , МПа, не менее	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
440	640	37

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

В сравнении с прутком марки ОК Tigrod 347Si сварочная проволока ОК Autrod 347Si имеет значение относительного удлинения $\delta_5 = 37 \%$, следовательно, пластичные свойства металла шва выше. Проволока поставляется в специальных катушках, которые предназначены для орбитальной сварки.

В качестве защитной среды также используется аргон газообразный высшего сорта, поставляемый согласно ГОСТ 10157-79.

1.4.1 Расчет режимов сварки швов №1 и №3

Сварка осуществляется на постоянном токе прямой полярности. Для расчета основных параметров режима сварки необходимо узнать площадь наплавленного металла F_H . Геометрические параметры разделки, необходимые для расчета, приведены на рисунке 1.15.

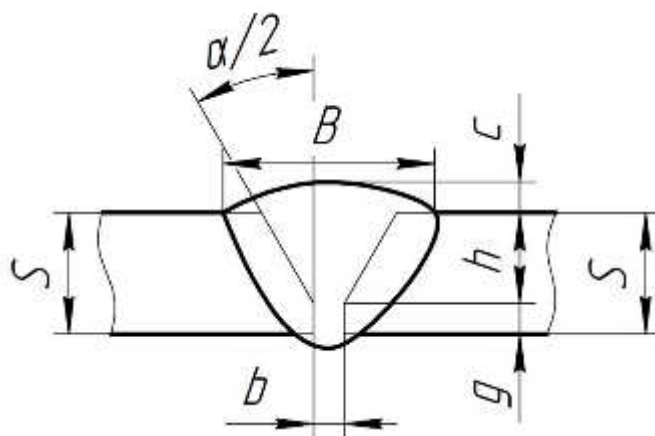


Рисунок 1.15 – Геометрические параметры разделки, необходимые для расчета
Она определяется по формуле (1) из [2]

$$F_H = bS + h^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 0,73c \left(2h \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b + 6 \right), \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где $b = 0,5$ – величина зазора, мм;

$S = 4$ – толщина свариваемых элементов, мм;

$h = 3$ – высота разделки, мм;

$c = 1,5$ – высота усиления валика, мм;

$\alpha/2 = 30$ – угол разделки с одной стороны, град.

Тогда, по формуле (1) получим, что

$$F_H = 0 \cdot 4 + 3^2 \operatorname{tg} 30 + 0,73 \cdot 1,5 (2 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg} 30 + 0 + 6) = 15,6 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, сварку будем вести за один проход. Примем, что вылет электродной проволоки 5 мм, расход газа 18 л/мин.

Примем, что значение сварочного тока составляет 190 А. Тогда напряжение на дуге рассчитывается по формуле (2) из [2]

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1, \text{ В}, \quad (2)$$

где $d_{\text{Э}} = 0,8$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{\text{СВ}} = 190$ – значение силы сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (2) получим, что

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{0,8}} \cdot 190 \pm 1 \approx 30,6 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{ПОД}}$ по формуле (3) из [2]

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (3)$$

где $\alpha_p = 16$ – коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,005$ – площадь сечения электродной проволоки, см^2 ;

$\gamma = 7,85$ – плотность металла, г/см^3 .

Тогда, по формуле (3)

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{16 \cdot 190}{3600 \cdot 0,005 \cdot 7,85} = 21,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется по формуле (4) из [2]

$$V_{\text{СВ}} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_{\text{Н}}} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{ПОД}} = 21,5$ – скорость подачи проволоки, см/с;

$F_{\text{Н}} = 0,156$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,005$ – площадь сечения электродной проволоки, см².

Тогда, по формуле (4) получим, что

$$V_{\text{СВ}} = \frac{21,5}{0,156} \cdot 0,005 = 0,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Определим коэффициент формы шва по формуле (5) из [2]

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \text{ ед}, \quad (5)$$

где k' – коэффициент, зависящий от рода и полярности тока.

Определим плотность сварочного тока по формуле

$$j = \frac{I_{\text{СВ}}}{0,785 d_{\text{Э}}^2} = \frac{190}{0,785 \cdot 0,8^2} = 378 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При значении $j = 378 \text{ А/мм}^2$ для сварки на постоянном токе прямой полярности коэффициент $k' = 1,12$

Следовательно, коэффициент формы шва

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ				

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{1,12 \cdot (19 - 0,01 \cdot 190) \cdot 0,8 \cdot 30,6}{190} = 2,5 \text{ ед.}$$

Оптимальным диапазоном коэффициента форма шва является $0,8 < \Psi_{\text{ПР}} < 4$.
Полученное значение входит в указанный диапазон.

Определим погонную энергию по формуле (6) из [2]

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (6)$$

где $\eta = 0,8$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Тогда, по формуле (6) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 30,6 \cdot 190 \cdot 0,8}{0,7} = 1694 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

1.4.2 Расчет режимов сварки шва №2

Сварка осуществляется на постоянном токе прямой полярности. Для расчета основных параметров режима сварки необходимо узнать площадь наплавленного металла $F_{\text{Н}}$. Геометрические параметры разделки, необходимые для расчета, приведены на рисунке 1.16.

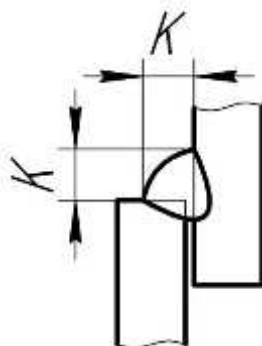


Рисунок 1.16 – Геометрические параметры разделки, необходимые для расчета
Определим площадь наплавленного металла по формуле (7) из [2]

$$F_H = \frac{K^2}{2}, \text{ мм}^2, \quad (7)$$

где $K = 3$ – величина катета сварного шва, мм.

Тогда, по формуле (7) получим, что

$$F_H = \frac{3^2}{2} = 4,5 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, сварку будем вести за один проход. Примем, что вылет электродной проволоки 3 мм, расход газа 18 л/мин.

Примем, что значение сварочного тока составляет 150 А. Тогда напряжение на дуге рассчитывается по формуле (2)

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{0,8}} \cdot 150 \pm 1 \approx 28,4 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{ПОД}}$ по формуле (3)

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{14 \cdot 150}{3600 \cdot 0,005 \cdot 7,85} = 14,9 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется из условия (4)

$$V_{\text{СВ}} = \frac{14,9}{0,045} \cdot 0,005 = 1,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Определим коэффициент формы шва по формуле (5). Для этого определим плотность сварочного тока по формуле

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$j = \frac{I_{CB}}{0,785d_3^2} = \frac{150}{0,785 \cdot 0,8^2} = 300 \frac{A}{mm^2}.$$

При значении $j=300 \text{ A/mm}^2$ для сварки на постоянном токе прямой полярности коэффициент $k'=1,12$.

Тогда, по формуле (5)

$$\psi_{ГР} = \frac{1,12 \cdot (19 - 0,01 \cdot 150) \cdot 0,8 \cdot 28,4}{150} = 2,9 \text{ ед},$$

Оптимальным диапазоном коэффициента форма шва является $0,8 < \psi_{ГР} < 4$.
Полученное значение входит в указанный диапазон.

Определим погонную энергию по формуле (6)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 28,4 \cdot 150 \cdot 0,8}{1,7} = 481 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

1.5 Контроль качества

Основными методами контроля качества сварных швов системы запирания магистрального насоса являются:

- визуальный и измерительный (ВИК);
- радиографический (РК);
- цветная дефектоскопия (ЦКД).

ВИК применяется на всех операциях при изготовлении и приемке готовой продукции, а также на входном контроле.

На операции входного контроля проверяется соответствие качества основных, сварочных материалов и полуфабрикатов, а также комплектующих. Проверка материалов осуществляется путем сравнения маркировки и приложенного сертификата качества.

При проверке сварочных материалов контролируется внешний вид на предмет

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

отсутствия:

- ржавчины;
- механических повреждений.

Одновременно в лаборатории проводятся испытания сварочных материалов сваркой контрольного сварного соединения и проверки технологических, механических и металлографических свойств. Особенно важным параметром является проверка на склонность к межкристаллитной коррозии.

Поставляемый аргон проверяется на чистоту и соответствие паспортным данным. Контроль проводится ротаметрами.

При летучем контроле проверяется качество сборки, узлов, разделки, смещение кромок, наличие зазора.

В процессе и после сварки проверяется внешний вид шва, его геометрические параметры, а также контрольный промер изделия. Параллельно при сварке контролируются параметры режима.

Визуально-измерительный метод контроля качества используется не только непосредственно в процессе сварки, но и при контролировании операций заготовки, комплектования, сборки.

Для проведения визуального и измерительного контроля применяется следующее оборудование:

- универсальный шаблон сварщика №3;
- универсальный шаблон сварщика №2;
- рулетка измерительная;
- набор щупов №3;
- линейка поверочная;
- фонарик;
- лупа измерительная 10×.

Радиографический контроль проводится в специальной рентгеновской камере. Источником излучения служит аппарат рентгеновский импульсный марки ПАМИР-300. Общий вид аппарата ПАМИР-300 показан на рисунке 1.17.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



Рисунок 1.17 – Общий вид аппарата ПАМИР-300

Технические характеристики аппарата ПАМИР-300 приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Технические характеристики аппарата ПАМИР-300

Характеристика	Значение
Амплитуда напряжения на рентгеновской трубке, кВ	300
Экспозиционная доза рентгеновского излучения на расстоянии (500±20) мм от торца рентгеновского блока в прямом пучке за 1,5 мин, не менее, мкКл/кг (мР)	387 (1500)
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью рентгеновских пленок с флуоресцентными усиливающими экранами, не более, мм	85
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью высоконтрастных рентгеновских пленок, не более, мм	45
Диаметр фокусного пятна, мм	3
Напряжение питания для однофазной сети переменного тока, В/Гц	220±22/50±1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

35

Продолжение таблицы 1.12.

Напряжение питания для батареи аккумуляторов, В	24±3
Потребляемая мощность, Вт, не более	300
Масса рентгеновского блока, кг	7,8
Габаритные размеры рентгеновского блока, мм	460×150×220
Масса пульта управления, кг	6
Габаритные размеры пульта управления, мм	320×260×160

При капиллярном контроле используется набор для капиллярного контроля с составляющими марки Клевер. Общий вид набора показан на рисунке 1.18.



Рисунок 1.18 – Общий вид набора

По результатам проведения ВИК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- трещины всех видов и направлений;
- поры, выходящие на поверхность, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- шлаковые включения, выходящие на поверхность;
- несплавления;

- нарушение геометрии сварного шва;
- неполное заполнение разделки кромок;
- неисправленные кратеры.

По результатам проведения РК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- непровары;
- внутренние поры, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- несплавления;
- внутренние шлаковые включения.

По результатам проведения ЦКД в сварном шве контролируется наличие (отсутствие):

- трещин всех видов и направлений;
- свищей любых диаметров;
- пор, выходящих на поверхность.

1.6 Выбор оборудования

Для сгибания трубок будем использовать электрический трубогиб с гидравлическим рабочим органом для стальных труб марки Virax. Применение данного трубогиба позволит улучшить качество и скоростьгиба. Общий вид трубогиба Virax показан на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 – Общий вид трубогиба Virax

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Данный трубогиб предназначен для гибки стальных труб диаметром до 50 мм при помощи давления, создаваемого энергией, которую передает электродвигатель на гидростанцию, а от нее на ползун. Технические характеристики трубогиба Virax показаны в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Технические характеристики трубогиба Virax

Характеристика	Значение
Давление гидравлики, кг	8000
Диаметры сгибаемых труб, мм	10...50
Максимальный угол изгиба, град	90
Масса, кг	67

Данный трубогиб устанавливается на слесарный стол при помощи рамы на болтовое соединение.

Далее согнутая трубка (патрубок) укладывается в ложемент, собранный из упоров по определенным размерам. Ложемент также представляет собой раму с направляющими отверстиями. Упоры крепятся к раме болтами с квадратной головкой. Сама рама крепится к слесарному столу также при помощи болтов. Рама является составной из сегментов.

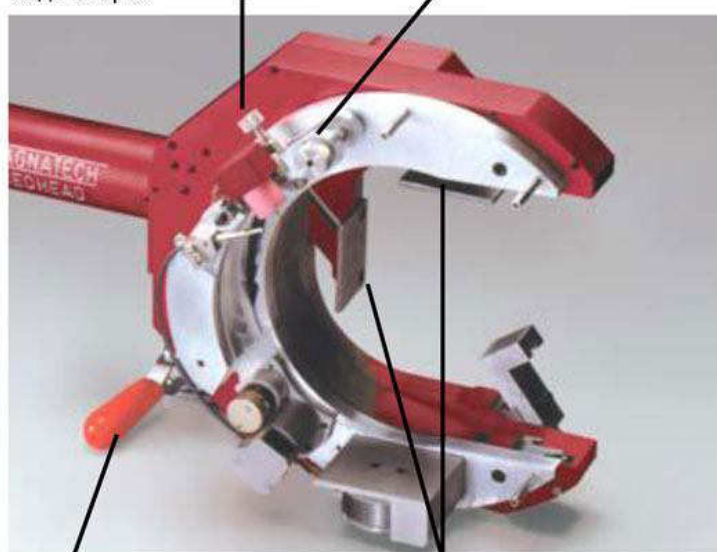
Между сегментами в месте предполагаемого сварочного стыка имеется устройство для выставления смещения кромок. Оно представляет собой канавку для укладки трубки с прижимами.

Для сварки предлагается использовать головку сварочную марки Magnatech Redhead 414. Данная головка предназначена для автоматической аргодуговой орбитальной сварки с присадочным материалом. Общий вид сварочной головки Magnatech Redhead 414 показан на рисунке 1.20.



Рисунок 1.18 – Общий вид сварочной головки Magnatech Redhead 414
 Описание устройства головки показано на рисунках 1.21-1.25.

<p>Регулировка Длины Дуги Поддерживает Установленную Длину Дуги Позволяет корректировку в ходе сварки</p>	<p>Поперечная регулировка горелки Позволяет поперечную регулировку во время сварки</p>
--	--



<p>Коленчатый Рычаг Может быть установлен для работы правой или левой рукой</p>	<p>Широкая опора из нержавеющей стали увеличенная площадь обхвата трубы</p>
---	---

Рисунок 1.21 – Описание фиксирующих устройств головки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

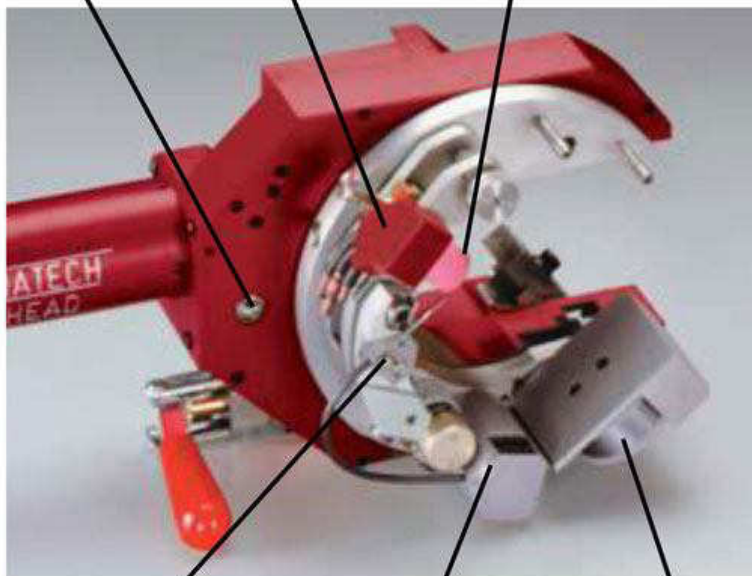
Лист

39

Кнопка сцепления
Для быстрой размотки кабеля

Горелка с водяным охлаждением
с регулируемым углом наклона (вперед / назад)

Горелка
использующая стандартные расходные материалы



Регулятор наконечника подачи
присадочной проволоки в 3-х осях

Встроенный механизм подачи проволоки
Обеспечивает точную, равномерную скорость подачи

Катушка с проволокой

Рисунок 1.22 – Описание сварочной оснастки

Тонкая регулировка зажима
обеспечивает быструю регулировку при отклонениях в наружном диаметре трубы

Выгравированная Шкала
для точной регулировки зажима труб по наружному диаметру (в метрической системе или дюймах)



Рисунок 1.23 – Описание регулирующих устройств головки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

40

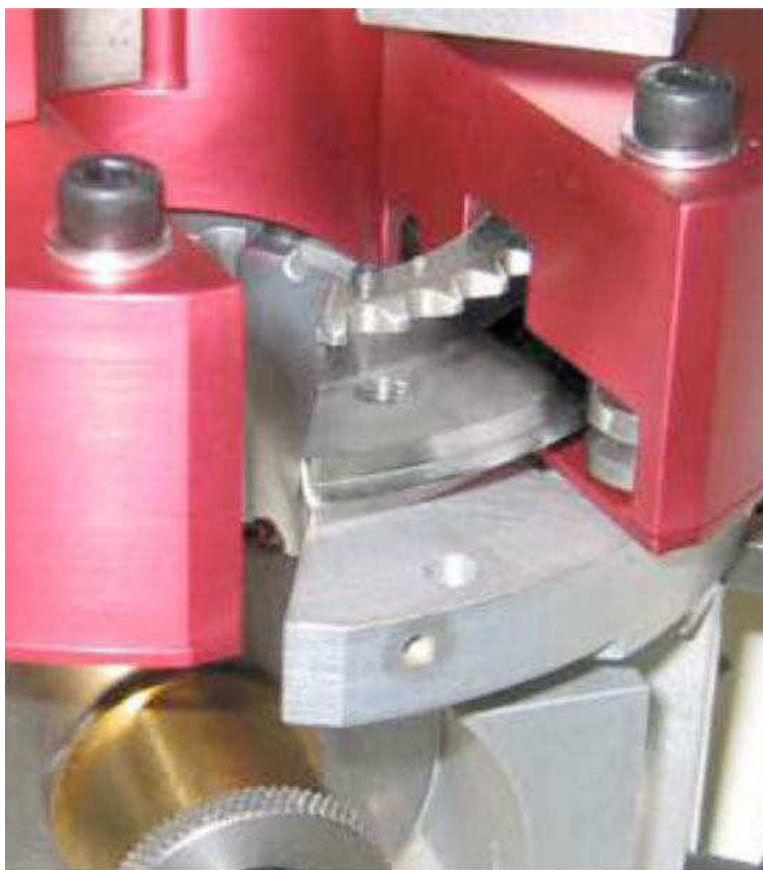


Рисунок 1.24 – Общий вид системы движения головки относительно свариваемых труб



а)

б)

а) – установка головки при сварке труб; б) – установка головки при сварке труб с тройниками

Рисунок 1.25 – Схема установки головки на свариваемые изделия

Технические характеристики головки Magnatech Redhead 414 показаны в таблице 1.14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.104.00 ПЗ

Лист

41

Таблица 1.14 – Технические характеристики головки Magnatech Redhead 414

Характеристика	Значение
Максимальная сила сварочного тока, А	200
Диаметр используемой присадочной проволоки, мм	0,8
Диапазон диаметров вольфрамового электрода, мм	0,8...4,0
Скорость вращения, об/мин	0...4,0
Диапазон диаметров свариваемых труб, мм	25...90
Вес, кг	3,9

В качестве источника питания при аргонодуговой орбитальной сварке будем использовать программируемый источник тока для орбитальной сварки марки PipeMaster 515 производства фирмы Magnatech. Общий вид источника питания PipeMaster 515 показан на рисунке 1.26.



Рисунок 1.26 – Общий вид источника питания PipeMaster 515

Технические характеристики источника питания источника питания PipeMaster 515 приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Технические характеристики источника питания источника питания PipeMaster 515

Характеристика	Значение
Диапазон регулировки силы сварочного тока, А	0...200
Напряжение питания, В	3×380
Напряжение холостого хода, В	80
Габаритные размеры, мм	480×350×430
Масса, кг	41

Таким образом, после проведения гибки трубок и укладывания их в ложемент, производится сразу и сварка стыков. Параллельно, второй сварочной горелкой производится сварка узлов из трубок и патрубков, которые не подвергались гибке.

Для заточки электродов предлагается заменить шлифовальный станок с абразивными кругами на аппарат для заточки вольфрамовых электродов марки TGM 40230 Handy. Общий вид аппарата TGM 40230 Handy показан на рисунке 1.27.



Рисунок 1.27 – Общий вид аппарата TGM 40230 Handy

Технические характеристики аппарата TGM 40230 Handy представлены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Технические характеристики аппарата TGM 40230 Handy

Характеристика	Значение
Мощность, Вт	650
Рабочее напряжение при частоте 50Гц, В	230

Продолжение таблицы 1.16.

Крутящий момент, мин ⁻¹	11500...27000
Диаметр алмазного круга, мм	40
Масса, кг	2,8

Данный аппарат не входит в кондуктор и находится отдельно на рабочем столе.

Вывод по разделу 1:

В разделе 1 была рассмотрена технология сварки трубных обвязок системы запираания магистрального насоса. Рассмотрены существующие аспекты технологии проведения работ и были выявлены недостатки, влияющие как на качество, так и на производительность. Для устранения выявленных недостатков была предложена новая технология, благодаря которой изменились геометрические размеры сварного шва, уменьшилось количество проходов при сварке. Также для новой технологии был произведен подбор оборудования, сварочных материалов и оснастки. Описаны методы контроля качества и применяемое для них оборудование.

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Для операции сборки и сварки предлагается применить сборочно-сварочный кондуктор. Конструкция кондуктора простая и одновременно позволяет выполнять сборку и сварку трубных узлов магистрального насоса в широком диапазоне размеров.

Основными составными частями кондуктора являются сборочная плита и прижимы. Плита оснащена направляющими дорожками, которые фиксируют при помощи болтов прижимы и обеспечивают требуемую геометрию узла.

Прижимы являются механическими. Они предназначены для придания требуемой геометрии собираемым и свариваемым трубным обвязкам. Их количество выбирается с учетом того, чтобы качественно зафиксировать изделие.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Общий вид плиты показан на рисунке 2.1.

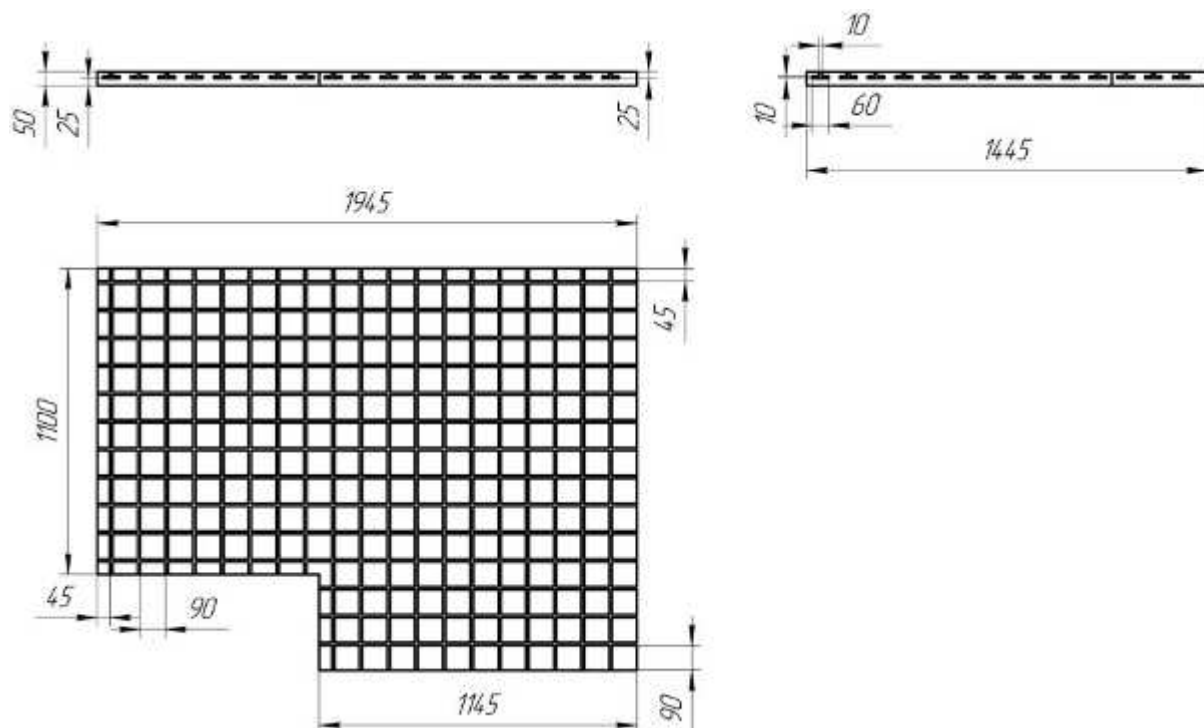
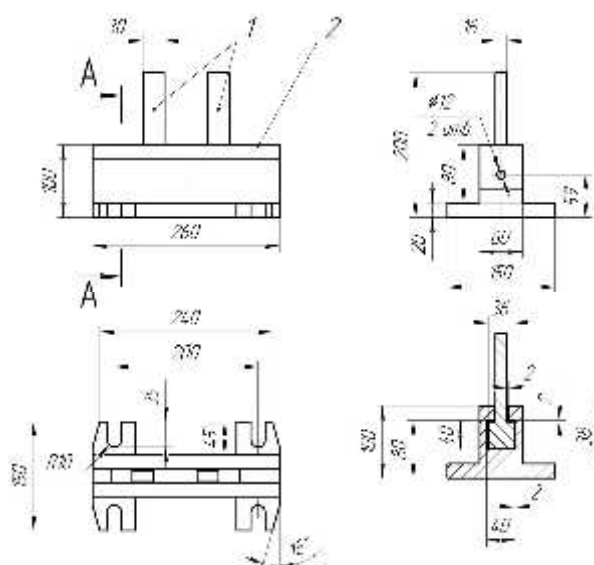


Рисунок 2.1 – Общий вид плиты

Плита закрепляется на столе слесарном при помощи болтов. Она предназначена для установки на ней направляющих либо механических прижимов при помощи болтов и имеет возможность регулировки расположения прижимов для различных типоразмеров. Плита по форме не полностью прямоугольная, так как на слесарном столе также требуется расположить трубогиб.

Для фиксации сборочных элементов, а также для придания требуемой геометрии свариваемым заготовкам предлагается использовать механический прижим, показанный на рисунке 2.2.



1 – Ползун; 2 – Корпус

Рисунок 2.2 – Общий вид прижима

Регулировка ползуна осуществляется при помощи болтов М10×50. Болты устанавливаются в отверстие диаметром 12 мм. С одной стороны корпуса стенка с отверстием, с другой стороны болт устанавливается через переходник.

Вывод по разделу 2:

В разделе 2 кратко рассмотрен сборочно-сварочный кондуктор, а также его составляющие, применяемые для сборки и сварки трубных обвязок системы запираания магистрального насоса.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

3.1 Расчет фондов рабочего времени

При расчете производительности для изготовления дренажных трубопроводов системы запираания магистрального насоса требуется определить номинальный фонд рабочего времени. Данная величина определяется исходя из календарной продолжительности года и зависит от таких факторов как количество выходных, праздничных и предпраздничных дней. Следовательно, номинальный фонд рабочего времени определяется по формуле (8) из [3]

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ					

$$F_H = \frac{D_{\Gamma} t_H}{D_H}, \quad (8)$$

где $D_{\Gamma} = 365$ – количество рабочих дней в текущем году, шт;

$D_H = 7$ – количество рабочих дней недели, шт;

$t_H = 168$ – продолжительность рабочей недели, ч.

Тогда, по формуле (8) получим, что

$$F_H = \frac{365 \cdot 168}{7} = 8760 \text{ ч.}$$

Фонд времени работы оборудования в действительности зависит от номинального фонда времени, который учитывает сменность работы оборудования и потери по времени, связанные с ремонтом и определяется по следующей формуле (9) из [3]

$$F_D = F_H \left(1 - \frac{P}{100} \right), \quad (9)$$

где $F_H = 8760$ – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

$P = 3,8$ – процент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования, %.

Тогда, по формуле (9) получим, что годовой фонд времени работы оборудования фактический

$$F_D = 8760 \cdot \left(1 - \frac{3,8}{100} \right) = 8427 \text{ ч.}$$

При круглосуточном режиме работы предприятия номинальный фонд рабочего времени одной бригады при работе в одну смену определяется по следующей формуле (10) из [3]

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$F_{Н.БР.} = \frac{F_{Н.}}{n}, \quad (10)$$

где $F_{Н.}=8760$ – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

$n = 4$ – количество бригад, занятых на объекте, шт.

Тогда, по формуле (10) получим, что

$$F_{Н.БР.} = \frac{8760}{4} = 2190 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени для одной бригады при работе в одну смену определяется вычитанием из номинального фонда планируемых дневных и внутрисменных фондов времени. К таким потерям времени относятся:

- основной и дополнительный отпуск всех видов;
- болезни;
- выполнение государственных обязанностей;
- сокращение рабочего дня в соответствии с действующим законодательством.

Расчет эффективного фонда времени работы одного рабочего производится по формуле (11) из [3]

$$F_{ДР} = F_{Н.БР.} \cdot [1 - 0,01 \cdot (P_{Н.} + P_{О.} + P_{ОТП.} + P_{Р.})], \quad (11)$$

где $F_{Н.БР.} = 2190$ – номинальный фонд рабочего времени одной бригады, ч;

$P_{Н.} = 4$ – планируемый процент невыхода на работу, %;

$P_{О.} = 6$ – процент перерывов на отдых, %;

$P_{ОТП.} = 6$ – процент невыхода на работу в связи с отпуском, %;

$P_{Р.} = 3$ – процент потерь времени, связанных с ремонтом оборудования в рабочее время, %.

Тогда, по формуле (19), эффективный фонд времени работы одного рабочего

$$F_{ДР} = 2190 \cdot [1 - 0,01 \cdot (4 + 6 + 6 + 3)] = 1774 \text{ ч.}$$

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

3.2 Расчет норм штучного времени

Время на операцию обработки фасок, осмотр, зачистку прикромочной зоны и исправление обнаруженных визуально дефектов составляет 10 мин.

При расчете норм времени для автоматической сварки примем серийный тип производства. Сварка производится сварочной головкой. Установка и поворот изделий относительно оси при подготовке под сварку производится с участием электросварщика. Настройку автоматического оборудования производит электросварщик.

Для дальнейших расчетов по нормированию требуется рассчитать подготовительно-заключительное время. Оно представляет собой сумму следующих элементов при подготовительно-заключительной работе:

1. Получение производственного задания – 6 мин;
2. Ознакомление с работой – 6 мин;
3. Установка величины сварочного тока – 0,3 мин;
4. Установка скорости сварки – 0,2 мин;
5. Установка скорости подачи проволоки – 0,3 мин;
6. Установка оптимального расхода газа – 0,5 мин;
7. Подготовка рабочего места в начале и конце смены – 10 мин;
8. Сдача работы – 3 мин.

Следовательно, подготовительно-заключительное время на сварку рассчитывается по формуле (12) из [4]

$$T_{ПЗ} = \sum t_{оп.пз}, \quad (12)$$

где $t_{оп.пз}$ – сумма времени на операциях при подготовке и завершении работ, мин.

Тогда, по формуле (12)

$$T_{ПЗ} = 6 + 6 + 0,3 + 0,2 + 0,3 + 0,5 + 10 + 3 = 26,3 \text{ мин.}$$

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Произведем расчет основного времени, которое необходимо для проведения сварки по следующей формуле (13) из [5]

$$T_0 = 60 \cdot \frac{L}{V_{CB}}, \quad (13)$$

где L – длина шва, м;

V_{CB} – скорость сварки, м/ч.

Определим основное время сварки для каждого из швов №1 и №3 при длине 0,085 м согласно формуле (13)

$$T_0 = 60 \cdot \frac{0,085}{25,2} = 0,2 \text{ мин.}$$

Полученное значение основного времени на сварку рассчитано при условии сварки одной сварочной головкой.

Основное время при сварке шва №2 при длине 0,113 м по формуле (13)

$$T_0 = 60 \cdot \frac{0,113}{61,2} = 0,11 \text{ мин.}$$

Произведем расчет штучного времени на сварку по формуле (14) из [5]

$$T_{шт} = (T_{нш} + T_{ви}) k_{1-n}, \quad (14)$$

где $T_{нш}$ – неполное штучное время на длину шва, мин;

L – длина рассматриваемого шва, м;

$T_{ви}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования, которое включает затраты: на клеймение шва, на установку и снятие щитов, на крепление, перемещение, установку, снятие и поворот изделий, на перемещение сварщика в процессе работы, на намотку сварочной проволоки в кассеты, мин;

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

k_{1-n} – поправочные коэффициенты на измененные условия работы.

Определим $T_{НШ}$ по формуле (15) из [5]

$$T_{НШ}=(T_0+T_{ВШ})k, \quad (15)$$

где T_0 – основное время сварки, мин;

$T_{ВШ}$ – вспомогательное время, связанное со сваркой шва, мин;

$k = 1,12$ – коэффициент к оперативному времени, учитывающий время на обслуживание.

Вспомогательное время, связанное со сваркой шва $T_{ВШ}$ включает в себя следующие элементы (для стыковых швов №1 и №3):

- зачистка сварного шва от окисной пленки после каждого прохода – 0,33 мин;
- осмотр и промер шва – 0,2 мин;
- подтягивание проводов, откусывание и удаление остатков проволоки, подача проволоки в головку автомата – 0,2 мин;
- проверка правильности установки головки автомата – 0,15 мин;
- обмазка раствором поверхности металла околошовной зоны – 0,38 мин;
- зачистка околошовной зоны от брызг расплавленного металла – 0,27 мин;
- зачистка кромок перед сваркой от налета ржавчины или окисной пленки – 0,59 мин.

Определим $T_{ВШ}$ для швов №1 и №3

$$T_{ВШ}=0,33+0,2+0,2+0,15+0,38+0,27+0,59=2,12 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное со сваркой шва $T_{ВШ}$ включает в себя следующие элементы (для нахлесточного шва №2):

- зачистка сварного шва от окисной пленки после каждого прохода – 0,33 мин;
- осмотр и промер шва – 0,22 мин;
- подтягивание проводов, откусывание и удаление остатков проволоки, подача проволоки в головку автомата – 0,2 мин;

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

- проверка правильности установки головки автомата – 0,15 мин;
- обмазка раствором поверхности металла околошовной зоны – 0,38 мин;
- зачистка околошовной зоны от брызг расплавленного металла – 0,46 мин;
- зачистка кромок перед сваркой от налета ржавчины или окисной пленки – 0,59 мин.

Определим $T_{ВШ}$ для шва №2

$$T_{ВШ}=0,33+0,22+0,2+0,15+0,38+0,46+0,59=2,33 \text{ мин.}$$

Тогда, по формуле (15) получим, что

- для швов №1 и №3 (для каждого)

$$T_{НШ}=(0,2+2,12) \cdot 1,12=2,6 \text{ мин.}$$

- для шва №2

$$T_{НШ}=(0,11+2,33) \cdot 1,12=2,7 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования $T_{ВИ}$ включает в себя следующие операции:

- клеймение шва – 0,26 мин;
- крепление изделия на стенде – 0,5 мин.

Примем следующие значения поправочных коэффициентов на измененные условия работы:

- коэффициент, учитывающий условия проведения работ и вид сварки – 1;
- коэффициент, учитывающий положение шва в пространстве – 1,5;
- коэффициент, учитывающий вид сварки, шва и его длину – 1,32.

Следовательно, по формуле (14) получим, что:

- для швов №1 и №3 (для каждого по отдельности)

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.104.00 ПЗ					

$$T_{\text{шт}}=(2,6+0,76)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=6,7 \text{ мин.}$$

– для шва №2

$$T_{\text{шт}}=(2,7+0,76)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=6,9 \text{ мин.}$$

Суммарное штучное время в разрезе на каждый вид шва в зависимости от количества:

– швов №1

$$T_{\text{шт}}=6,7\cdot 13=87,1 \text{ мин.}$$

– швов №2

$$T_{\text{шт}}=6,9\cdot 4=27,6 \text{ мин.}$$

– швов №3

$$T_{\text{шт}}=6,7\cdot 11=73,7 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное штучное время на операцию сборки и сварки составляет 188,4 мин.

Произведем расчет штучного времени на операции контроля качества по следующей формуле (16) из [5]

$$T_{\text{шт}}^{\text{КОН}}=(T_{\text{О}}+t_{\text{всп}})k, \quad (16)$$

где $T_{\text{О}}$ – время проведения контроля, мин;

$t_{\text{всп}}$ – время на подготовку оборудования и детали, мин;

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$k=1,19$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности, ед.

Время контроля определим по следующей формуле (17) из [5]

$$T_0 = \frac{L}{V_K}, \quad (17)$$

где $L_{Ш}$ – общая длина сварных швов, м;

V_K – скорость проведения контроля, м/мин. Примем, что при визуальном контроле скорость составляет 0,8 м/мин.

Тогда, по формуле (17) получим, что

$$T_0 = \frac{2,492}{0,8} = 3,2 \text{ мин.}$$

Тогда, по формуле (16) получим, что

$$T_{ШТ}^{Кон} = (3,2 + 2) \cdot 1,19 = 6,2 \text{ мин.}$$

Время контроля для капиллярного метода составляет 40 мин на весь узел.

3.3 Организация производства

Количество сварочных источников питания при производстве работ определяется расчетом и зависит от трудоемкости изготавливаемой продукции и действительного фонда времени работы оборудования.

Загрузка оборудования рассчитывается по формуле (18) из [5]

$$C_P = \frac{T_{ШТ} N}{60 F_D K_{ВН} n}, \quad (18)$$

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $T_{шт}$ – штучное время проведения операции для одного изделия, мин;

$N = 1100$ – годовая программа изготовления систем запираения, шт;

$F_d = 8427$ – действительный фонд времени оборудования при двухсменном графике в сутки, ч;

$K_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм выработки;

$n = 2$ – количество смен.

Полученное значение C_p округляется до ближайшего целого числа $C_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле (19) из [5]

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (19)$$

где C_p – расчетное количество оборудования, шт;

$C_{пр}$ – принятое количество оборудования, шт.

Расчет количества применяемого оборудования приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Количество применяемого оборудования

Наименование операции	$T_{шт}$, мин	C_p	$C_{пр}$	K_3
Автоматическая сварка в среде защитных газов	188,4	0,2	1	0,2
Контроль качества	46,2	0,1	1	0,1

По результатам расчетов можно сделать вывод, что низкий коэффициент загрузки оборудования компенсируется применением этого оборудования на других операциях.

Численность основных производственных рабочих меняется в зависимости от трудоемкости работ, норм выработки или нормам обслуживания оборудования.

Количество рабочих рассчитывается по формуле (20) из [5]

$$R_p = \frac{T_{шт} N}{60 F_{др} K_B S}, \quad (20)$$

где $T_{шт}$ – штучное время проведение операции для одного изделия, мин;

$N = 1100$ – годовая программа изготовления систем запираения, шт;

$F_{др} = 1774$ – действительный годовой фонд времени работы при двухсменном графике в сутки, час/год;

$S = 2$ – количество смен работы оборудования, шт;

$K_B = 1,1$ – коэффициент выполнения норм выработки, ед.

Полученное значение R_p округляем до ближайшего целого числа $R_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент занятости рабочего определяется по формуле (21) из [5]

$$K_3 = \frac{R_p}{R_{пр}}, \quad (21)$$

где R_p – расчетное количество рабочих, чел;

$R_{пр}$ – принятое количество рабочих, чел.

Расчеты численности основных производственных рабочих и их занятости сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Численность рабочих

Наименование операции	Профессия / специальность	$T_{шт}$, мин	R_p	$R_{пр}$	K_3
Автоматическая сварка в среде защитных газов	Сварщик	188,4	0,9	1	0,9
Контроль качества	Контролер	46,2	0,2	1	0,2

3.4 Расчет расхода материалов

Расчет норм расхода материалов и энергоносителей зависит от количества наплавленного на изделие металла. Вес металла, который наплавлен на изделие, определяется по формуле (22) из [3]

$$Q_{\text{э}}=Q_{\text{н}}k, \quad (22)$$

где $k = 1,1$ – безразмерный коэффициент, учитывающий потери на угар и разбрызгивание при автоматической сварке в среде аргона, ед;

$Q_{\text{н}}$ – вес металла, наплавленного на одно изделие, кг;

Вес наплавленного металла определим по формуле (23) из [3]

$$Q_{\text{н}}=F_{\text{н}}L\gamma, \quad (23)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь сечения наплавленного металла шва в поперечном разрезе, см^2 ;

L – длина шва, см;

$\gamma = 7,85$ – удельный вес наплавленного металла, $\text{г}/\text{см}^3$.

Тогда, по формуле (23)

– для сварки швов №1 и №3

$$Q_{\text{н}}=0,156 \cdot 204 \cdot 7,85=250 \text{ г.}$$

– для сварки шва №2

$$Q_{\text{н}}=0,045 \cdot 45,2 \cdot 7,85=16 \text{ г.}$$

Следовательно, по формуле (22), вес наплавленного металла на одно изделие:

– при сварке швов №1 и №3

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{\text{Э}}=250 \cdot 1,2=300 \text{ г.}$$

– при сварке шва №2

$$Q_{\text{Э}}=16 \cdot 1,2=19,2 \text{ г.}$$

На годовую программу общий объем наплавленного металла составляет 34,32 кг.

Расход электродной проволоки на годовую программу определяется по формуле (24) из [3]

$$Q_{\text{Э ОБЩ}}=Q_{\text{Э}}N, \quad (24)$$

где $Q_{\text{Э}}$ – вес наплавленного металла, г;

$N = 1100$ – количество систем запираия, шт.

Тогда, по формуле (24) получим, что:

$$Q_{\text{Э ОБЩ}}=319,2 \cdot 1100=34,32 \text{ кг.}$$

Расход газа на одно изделие определяется по формуле (25) из [3]

$$Q_{\text{ГАЗ}}=Q_{\text{Э}}k, \quad (25)$$

где $k = 1,2$ – коэффициент расхода газа, ед.

Тогда, по формуле (25) получим, что

$$Q_{\text{ГАЗ}}=319,2 \cdot 1,2=383 \text{ г.}$$

Расход защитного газа, потраченного на сварку на годовую программу

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$Q_{\text{ГАЗ ОБЩ}}=383 \cdot 1100=42130 \text{ кг.}$$

Расход энергоносителей для обеспечения работы сварочных машин и аппаратов в общем виде может быть определен по техническим характеристикам оборудования и потерям энергии. Воспользуемся методикой для дуговых способов сварки, основанной на учете массы наплавленного металла и удельных расходах энергии. Расход энергоносителей при сварке на годовую программу находится из выражения (26) из [3]

$$Q_{\text{ЭЛ}}=Q_{\text{Э ОБЩ}}g_{\text{Э}}, \quad (26)$$

где $g_{\text{Э}} = 2,5$ – удельный расход электроэнергии, кВт/кг.

Тогда, по формуле (26) получим, что

$$Q_{\text{ЭЛ}}=34,32 \cdot 2,5=85,8 \text{ кВт.}$$

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 произведено нормирование по времени работ, в том числе подготовительных и сварочных. Произведен расчет затрат сварочных материалов, а также рассчитано необходимое количество сварочного оборудования и оборудования для контроля. Также рассчитана необходимая численность персонала.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассматриваемой работе предложено усовершенствовать существующую технологию сборки и сварки трубных обвязок системы запирания магистрального насоса. Согласно существующей технологии сварка производится ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в среде защитных газов. При анализе технологии был сделан вывод о том, что ручная дуговая сварка малопроизводительна в условиях открытия новых заказов и появилась необходимость повысить производительность.

Для усовершенствования технологии предложен способ автоматической орбитальной сварки в среде защитных газов плавящейся электродной проволокой. Для этого был спроектирован сборочно-сварочный кондуктор. Это позволило при пересчете режимов сварки сократить скорость проведения процесса.

При техническом нормировании и сравнении двух технологий было выявлено несомненное повышение скорости производства работ и высокое качество сварных соединений.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
2. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
3. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
4. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб. для вузов/ Г. А. Николаев, В. А. Винокуров/Под ред. Г. А. Николаева – М.: Высш.шк., 1990. – 446 с.
5. Куркин, С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учебник для студентов вузов/ С. А. Куркин, Г. А. Николаев – М.: Высш. шк., 1991. – 398 с., ил.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под. ред. Б. Е. Патона. – М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с., ил.
7. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
8. <http://uraltermosvar.ru>
9. <http://www.npfets.ru>
10. <http://t-ndt.ru>
11. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия, 2015. – 47 с.

					15.03.01.2017.104.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61