

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

Должность, место работы

Подпись

И.О. Фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

М.А. Иванов

« ____ » _____ 2018 г.

Оптимизация технологии сварки корпуса регулируемого дросселя из стали 30ХМА

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ)**

Руководитель ВКР

Зайцев Н.Л.,

Подпись

И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

Автор ВКР

магистрант группы П-246

Куанышев Рустам
Самуратович

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск, 2018

АННОТАЦИЯ

Оптимизация технологии сварки
корпуса регулируемого дросселя
из стали 30ХМА– Челябинск:
ЮУрГУ, МиМТ, 2018. 81 с., 43 илл.,
8 табл., библиогр. список - 16наим

В данной работе рассмотрены особенности конструкции дросселя регулируемого, совершенствование технологии изготовления корпуса дросселя.

Проведя анализ существующего технологического процесса были выявлены ряд недостатков. Предложена новая технология сварки корпуса, которая включает в себя расчет параметров режима сварки, выбор сварочного оборудования.

В исследовательско-экспериментальном разделе произведен эксперимент по моделированию узла изделия и анализ результатов моделирования сварного соединения.

					ЮУрГУ-15.04.01.2018.209.00ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Куанышев Р.С			Оптимизация технологии сварки корпуса регулируемого дросселя из стали 30ХМА	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Зайцев Н.Л.					2	77
Реценз.								
Н. Контр.		Безганс Ю.В.						
Утверд.		Иванов.М.А.						
						ФГБОУ ВПО ЮУрГУ(НИУ)		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
1.1 Анализ конструкции изделия	8
1.2 Требования к изделию.....	10
1.3 Условия эксплуатации изделия.....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Анализ базового варианта технологического процесса	12
2.2 Приспособление для сборки.....	15
2.3 Выбор способа сварки	16
2.4 Предлагаемая технология сборки, сварки корпуса.....	17
2.5 Выбор сварочных материалов.....	19
2.6 Оценка свариваемости сталь 30ХМА	20
2.7 Расчёт параметров режима сварки.....	21
2.5 Выбор сварочного оборудования.....	28
3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Актуальность.....	33
3.2 Состояние вопроса исследования	35
3.3 Цель и задачи исследования.....	38
3.4 План эксперимента	39
3.5 Алгоритм выполнения работы по моделированию в программе SYSWELD	40
3.6 Алгоритм выполнения работы по моделированию в программе ANSYS	51
3.7 Анализ результатов моделирования	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	56

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

В данном дипломном проекте предлагается рассмотреть изменение технологии сборки и сварки корпуса. Моделирование сварного соединения фланца с корпусом, анализ результатов моделирования. Создание автономного приспособления для сборки, с целью увеличения качества, скорости и трудозатрат на сборку. Автоматизация сварочных процессов, подбор оборудования.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции изделия.

Дроссель регулируемый (рис. 1) состоит из корпуса, крышки корпуса, шпинделя с наконечником, штуцерной насадки в гильзе, маховика.

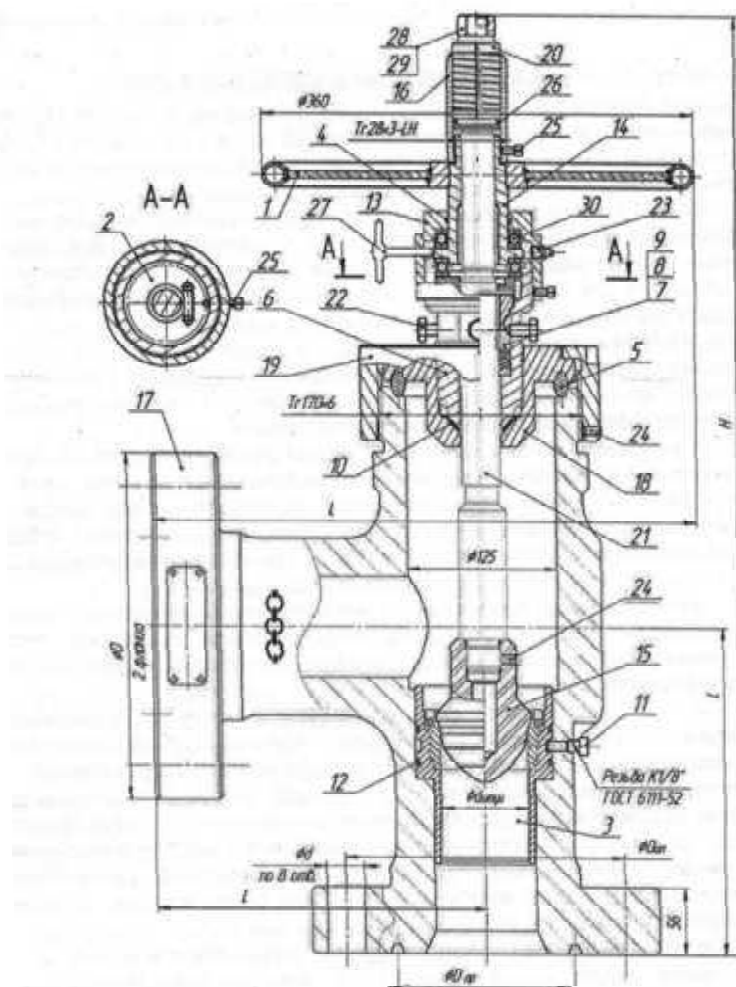


Рисунок 1.1 – Дроссель регулируемый

1 – маховик; 2 – шайба стопорная; 3 – штуцер; 4,12, 26 – кольцо уплотнительное; 5 – прокладка; 6 – корпус сальника; 7 – кольцо опорное; 8 – манжеты; 9 – кольцо нажимное; 10 – шайба цанговая; 11, 24, 25 – винт стопорный; 13 – крышка подшипника; 14 – гайка ходовая; 15 – наконечник; 16 – втулка-указатель; 17 – корпус; 18 – крышка корпуса; 19 – гайка корпуса; 20 – лимб; 21 – шпиндель; 22, 27 – винты поджимные; 23 – масленка; 28 – гайка; 29 – шайба; 30 - подшипники

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2018.209.00 ПЗ					

Принцип работы дросселя:

Вращением маховика по часовой стрелке шпиндель с наконечником приводится в соприкосновение с втулкой, при этом риска на торце втулки-указателя должна быть напротив нулевой отметки.

При вращении маховика против часовой стрелки шпиндель вместе с лимбом подымается за счет поступательно-вращательного движения, открывая тем самым кольцевой зазор между штуцерной насадкой и наконечником. Величина зазора при этом эквивалента диаметру отверстия проходного сечения, указанного на лимбе. Указанные значения градуировки лимба устанавливаются напротив риски на втулке

Таким образом, устанавливается необходимый режим работы скважин.

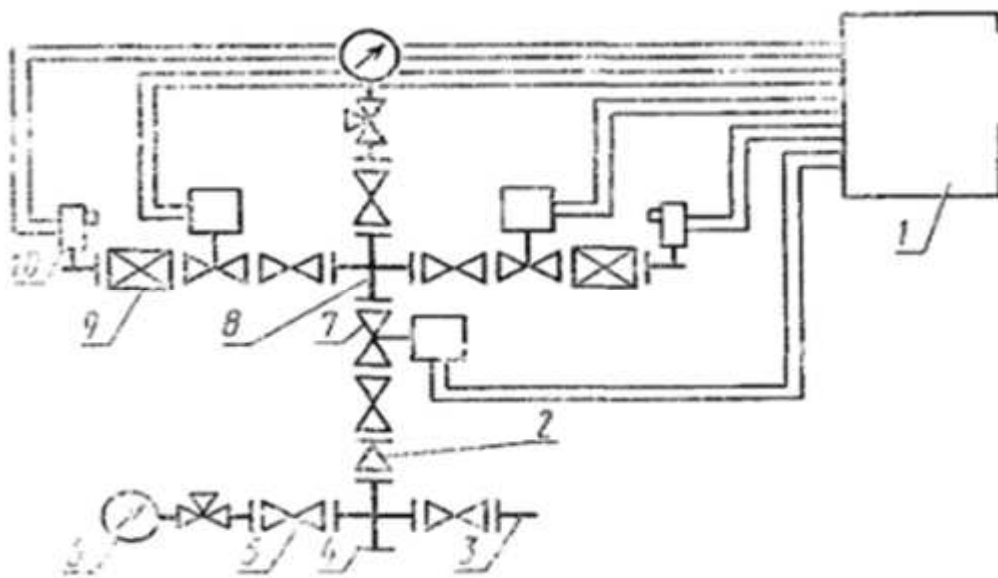
					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.2 Требования к изделию.

Основными требованиями к изделию являются:

- Рабочее давление – 35 Мпа;
- Температура проводимой среды не выше 120 °С

Также дроссель регулируемый является составной частью фонтанной арматуры (Рис. 2). Следовательно существуют требования максимальной соосности при сборке и сварке корпуса дросселя согласно ГОСТ 13846-89 «Арматура фонтанная и нагнетательная. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции». Несоосность появляется за счет погрешности при сборке и влияния последующей сварки. Весь процесс изготовления узла содержит большую долю ручного труда в том числе и сварка.



1 - станция управления; 2 - переводник к трубной головке; 3 - ответный фланец; 4 - трубная головка; 5 -запорное устройство с ручным управлением; 6 - манометр с запорно-разрядным устройством; 7 - запорное устройство с дистанционным управлением; 8 - крестовина; 9 - регулируемый дроссель; 10 - пневмопилот (автоматическое предохранительное устройство)

Рисунок 1.2 – схема фонтанной арматуры с системой управления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

10

1.3 Условия эксплуатации изделия

Дроссель предназначен для бесступенчатого регулирования режима эксплуатации нефтяных и газовых скважин в условиях климатических районов по ГОСТ 16350-80 таблица 1.1

Климатическое исполнение – умеренно холодный.

Таблица 1.1 – Климатические районы

Макро-климатический район	Климатический район		Критерий района			
	Наименование	Обозначение	Средняя месячная температура воздуха, °С		Средняя месячная влажность воздуха в июле в 13 ч, %	Число дней в году с минимальной температурой воздуха ниже минус 45 °С, сут
			январь	июль		
Холодный	Очень холодный	I	От -50 до -30	От 2 до 18	-	От 10 до 100
	Холодный	I	От -30 до -15	От 2 до 25	-	От 1,0 до 10,0
Умеренный	Арктический приполюсный	II	От -33 до -28	От -1 до 0	Более 90	От 0 до 2
	Арктический западный	II	От -30 до -2	От -1 до 12	Более 80	От 0 до 3
	Умеренно холодный	II	От -30 до -15	От 6 до 25	-	От 0,1 до 1,0
	Умеренный	II	От -15 до -8	От 8 до 25	Менее 80	-
	Умеренно влажный	II	От -15 до -10	От 10 до 20	80 и более	-
	Умеренно теплый	II	От -8 до -4	От 16 до 25	Менее 70	-
	Умеренно теплый влажный	II	От -8 до -4	От 16 до 25	70 и более	-
	Умеренно теплый с мягкой зимой	II	От -4 до 0	От 16 до 25	Менее 70	-
	Теплый влажный	II	От 0 до 4	От 20 до 25	Более 70	-
Жаркий сухой	II	От -15 до 4	От 25 до 30	Менее 40	-	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

11

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ базового варианта технологического процесса.

Корпус собирается из тройника рисунок 2.1(1) и двух фланцев рисунок 2.1(2) которые изготавливаются путем отливки и последующей механизированной обработки. Затем заготовки приходят на сборочный участок, где фланцы плотно вставляются в тройник и закрепляются четырьмя равномерно расположенными прихватками. Прихватки осуществляются механизированной сваркой в CO_2 сварочным полуавтоматом КЕМРРИ КЕМРАСТ 323А.

Собирая деталь необходимо обеспечить соосность тройника с фланцами. При сборке должно обеспечиваться симметричное расположение отверстий под болты и шпильки относительно вертикальной и горизонтальной осей фланцев.

Затем накладываются сварные швы многослойным способом механизированной сваркой в среде защитных газов CO_2 . После каждого слоя необходимо его зачистить от шлака окалины и брызг. Разделка заполняется шестью слоями. Сварка выполняется сварочным полуавтоматом КЕМРРИ FASTMIG M 420.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

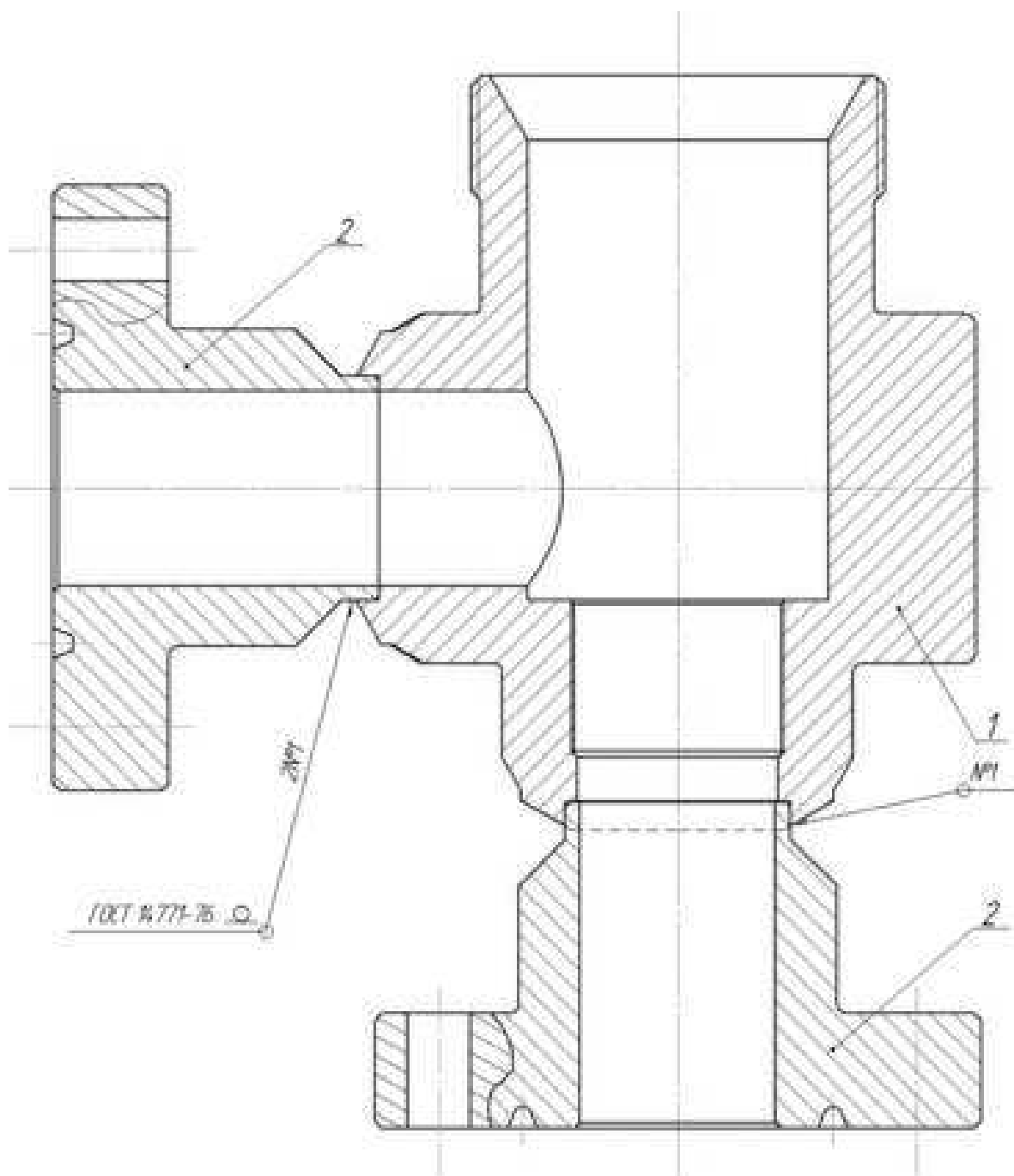


Рисунок 2.1 – Корпус в сборе

В ходе анализа существующей технологии изготовления корпуса, были выявлены следующие недостатки:

- Низкая производительность;
- Требуется высокая квалификация рабочего;
- Вредные условия труда.
- Высокая вероятность брака.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

- Недостаточная загрузка по времени основного производственного фонда.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что необходимо повысить автоматизацию производства. Задействовано множество трудоемких операций, которые можно было бы избежать. К тому же требуемая соосность и симметричность не может обеспечиваться в нормальном порядке, так как находится в прямой зависимости от человеческого фактора.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2.2 Приспособление для сборки.

Чтобы обеспечить требуемую соосность и симметричность фланцев, необходимо создать вспомогательное приспособление для сборки рисунок 2.2. Приспособление включает в себя две конусных гайки, соединительную муфту соединенные двумя стержневыми резьбовыми элементами: центрирующая штанга, соединительный вал.

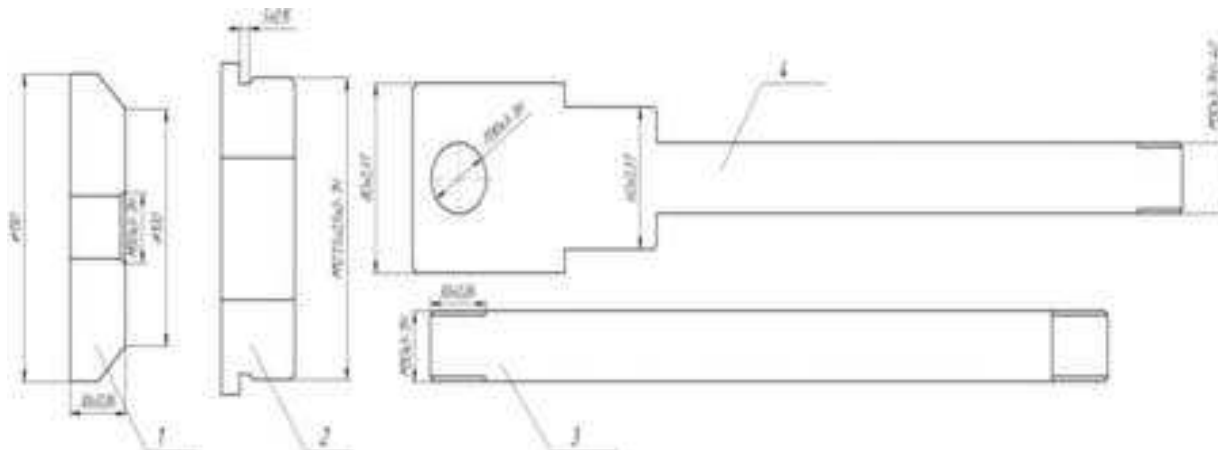


Рисунок 2.2 – Приспособление для сборки. Стягивающее устройство
1 – конусная гайка; 2 – соединительная муфта; 3 – центрирующая штанга;
2 – соединительный вал.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2.3 Выбор способа сварки.

В работе предлагается осуществлять сварочные процессы при помощи сварочного робота.

Реализация роботом двигательных и сварочных функций дает ряд положительных эффектов:

- Экономия рабочих площадей и высвобождение рабочих, которые могут быть использованы в другом производстве, более выгодном в материальном и социальном отношении;
- Повышение производительности в результате лучшего использования технически обоснованной эффективной мощности оборудования;
- Повышение загрузки по времени основного производственного фонда, а тем самым улучшение коэффициента его использования;
- Повышение качества продукции и связанное с этим уменьшение брака и объема работ по его исправлению;
- Сокращение длительности производственного цикла изготовления деталей благодаря уменьшению вспомогательного времени и повышению непрерывности технологического процесса, что ведет к уменьшению оборотных средств.

Перечисленные выше преимущества исключают все недостатки, выявленные при анализе существующей технологии. Внедрение роботизированного сварочного участка будет целесообразно.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2.4 Предлагаемая технология сборки, сварки корпуса.

Корпус собирается с помощью стягивающего устройства:

1)Закручиваем соединительную муфту до упора, рисунок 2.3.

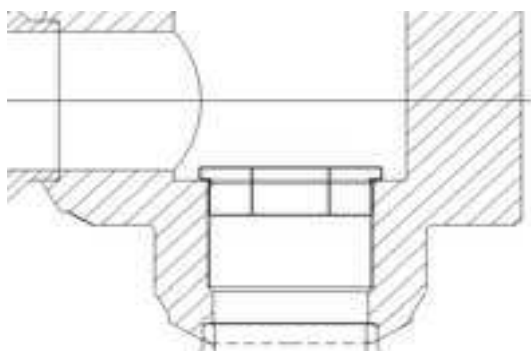


Рисунок 2.3 – Муфта установленная в корпус

2)Вставляем соединительный вал в центр отверстия муфты, рисунок 2.4.

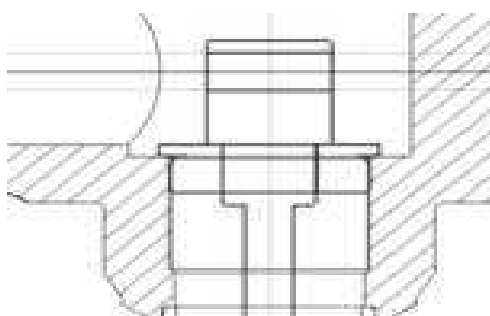


Рисунок 2.4 – Вал соединительный установленный в муфту

3)Закручиваем центрирующую штангу в отверстие вала М30Х3, рисунок 2.5.

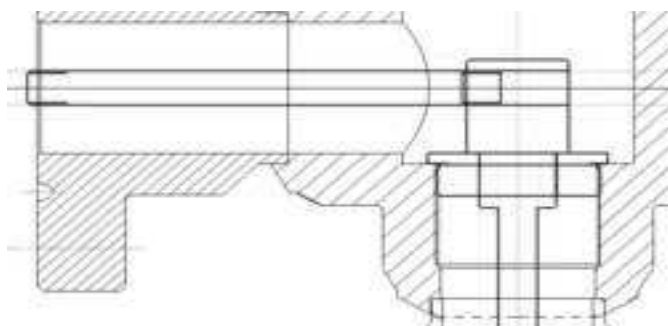


Рисунок 2.5 – Центрирующая штанга установленная в вал

4)Стягиваем получившуюся сборку конусными гайками, рисунок 2.6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

17

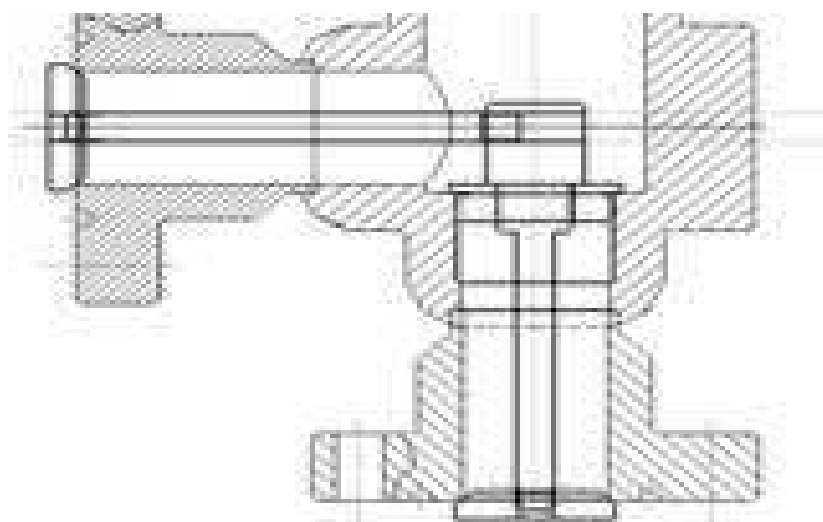


Рисунок 2.6 – Конусные гайки установленные в корпус

После чего устанавливается на позиционер и крепиться на нем при помощи само центрующего четырёх-кулачкового токарного патрона. Оператор при помощи сварочного робота делает прихватки и осуществляет многопроходную сварку.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.4 Выбор сварочных материалов

Для механизированной сварки в среде защитных газов используем смесь К18 (80-82% аргона + 18%-20% углекислого газа) и омедненную сварочную проволоку сплошного сечения Св-08Г2С, химический состав которой представлен в таблице 1.1.

Преимущества использования газовых сварочных смесей на основе аргона по сравнению с углекислотой:

- Уменьшается количество оксидных включений и происходит измельчение зерна, следовательно, улучшается микроструктура металла.
- Снижается количество прилипания брызг в районе сварного соединения и как следствие уменьшение трудоемкости по их удалению.
- Повышается плотность и пластичность металла шва.
- Повышается прочность сварного соединения.
- Процесс сварки происходит стабильно, даже при некоторой неравномерности подачи сварочной проволоки, а также наличия на её поверхности следов технологической смазки и ржавчины.

Отсюда следует что, применяя многопроходную сварку можно не зачищать сварные швы чем реализуется большая экономия времени.

Таблица 1.1 – Химический состав проволоки Св-08Г2С, %

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
			Не более			Не более	
0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	≤0,25	0,025	0,030

2.5 Оценка свариваемости сталь 30ХМА

Проведу расчет на склонность к холодным трещинам :

- 1) Холодные трещины считаем по формуле 1.

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

Для Стали 30ХМА:

$$C_{\text{Э}} = 0.10 + \frac{1.9}{6} + \frac{0.8}{24} + \frac{0.25}{40} + \frac{0.25}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0.03}{2} = 0.47$$

Полученное значение эквивалентно углерода немного больше 0,45.

Следовательно сталь требует незначительного подогрева.

- 2) Горячие трещины считаем по формуле 2.

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

Для Стали 30ХМА:

$$HCS = \frac{0.1 * \left(0.025 + 0.03 + \frac{0.8}{25} + \frac{0.25}{100} \right) * 10^3}{3 * 1.9 + 0,02} \sim 1$$

По полученным значениям можно сказать, что сталь не склонна к горячим трещинам потому что $HCS < 4$

									Лист
									160
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

2.6 Расчёт параметров режима сварки

Параметрами режима механизированного способа сварки в среде защитных газов являются: диаметр и марка электродной проволоки $d_{эл}$, мм; тока сварки $I_{св}$, А; скорость сварки $V_{св}$, м/ч; скорость подачи электродной проволоки $V_{п.п.}$, м/ч.

Согласно исходным данным произведем расчет сварного соединения (рисунок 9.). Геометрические параметры сварного шва и изделия, таблица 1.2.

Таблица 1.2 – Геометрические параметры сварного шва

S, толщина металла; мм	a, высота шва; мм	b, ширина шва; мм	c, притупление шва; мм	α_1 , угол разделки кромки, град	α_2 , угол разделки кромки, град
24	2	30	2	20	45

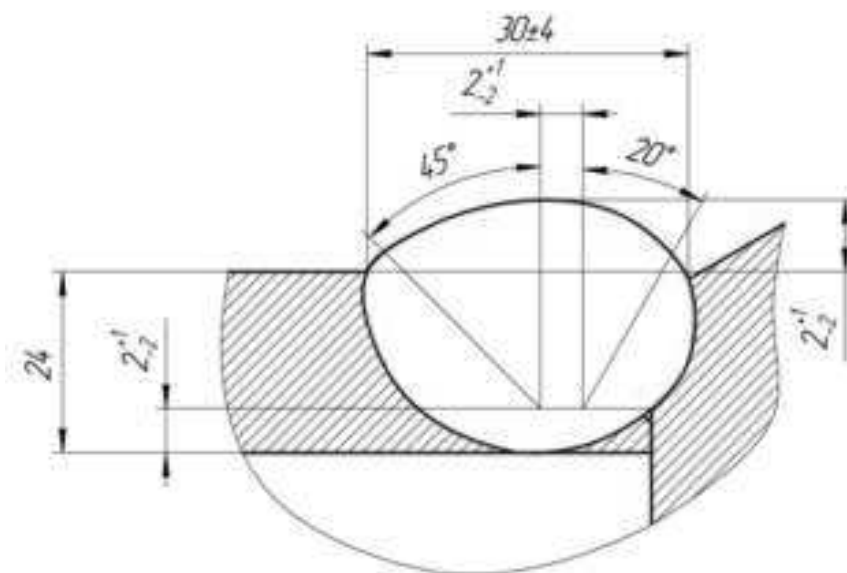


Рисунок 2.7 – Сварное соединение

Согласно ГОСТ 14771-76 в смеси газов с разделкой кромок свариваются детали толщиной от 10 до 120 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

21

Рассчитаем общую площадь наплавленного металла F_H по формулам (3), (4), (5), (6) (рисунок 2.8):

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 + F_4, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

где F_1, F_2, F_3, F_4 – это участки наплавленного металла (см. рисунок 10)

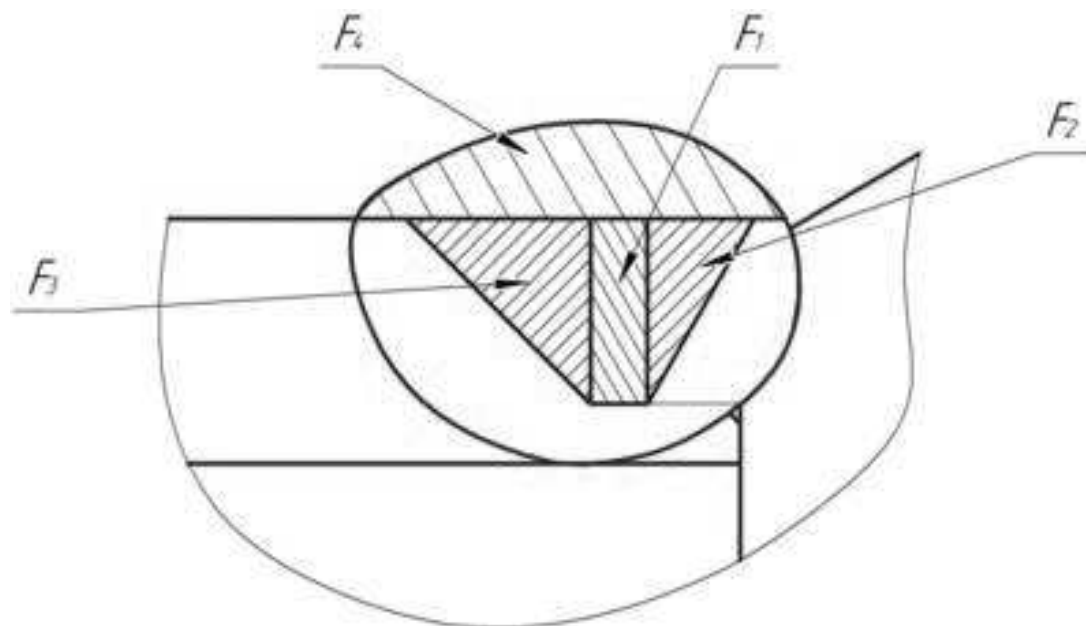


Рисунок 2.8 – Площадь наплавленного металла

$$F_1 = s \cdot q, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

$$F_1 = 24 \cdot 3 = 72 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{(s-c)^2 \text{tg}20^\circ}{2}, \text{ мм}^2 \quad (5)$$

$$F_2 = (24 - 2)^2 \cdot 0,364 \cdot 0,5 = 88 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{(s-c)^2}{2}, \text{ мм}^2 \quad (6)$$

$$F_3 = \frac{(24 - 2)^2}{2} = 242 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 0,75 \cdot b \cdot a, \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 0,75 \cdot 30 \cdot 2 = 45 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 72 + 88 + 242 + 45 = 447 \text{ мм}^2 = 4,47 \text{ см}^2$$

Если общая площадь наплавленного металла больше $0,7 \text{ см}^2$, то сварка за один проход не выполняется. Количество проходов рассчитывается по формуле (7).

$$n = \frac{F_H}{F_1} = \frac{4,47}{0,72} = 6 \quad (7)$$

где n – количество проходов; F_1 – площадь первого наплавленного шва, см^2 ;

F_1 выбираю произвольно в пределе до $0,7 \text{ см}^2$

Подставляя значения в формулу (7), получим $n = 6$. Условно принимаем равными по площади первый и все последующие проходы.

Диаметр электродной проволоки выберем по таблице 4

Таблица 2.3 – Диаметр электродной проволоки

S, мм	3,0-8,0	8,0-14,0	16,0-22,0	22,0-40,0
$d_{эл}$, мм	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Так как толщина изделия $S=24$ мм то выбираем $d_{эл}=1,6$ мм

Величину сварочного тока $I_{св}$ определяем по эмпирической зависимости, формула (8).

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot hr \quad (8)$$

$$I_{св} = 100 \cdot 3 = 300 \text{ А}$$

где hr – величина провара, нам необходимо проварить 3мм

Рассчитаем плотность тока j по формуле (9).

									Лист
									193
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2018.209.00 ПЗ				

$$j = \frac{I_{св}}{F_{эл}} \quad (9)$$

$$j = \frac{300}{2} = 150 \text{ А/мм}^2$$

где $F_{эл} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2$ – площадь электродной проволоки, мм².

Подставляя значения в формулу (9) получим $j = 150 \text{ А/мм}^2$.

Проведем проверку соответствия диаметра электрода с допускаемой плотностью тока согласно таблице 5 при сварке в среде защитных газов. Для выбранного диаметра электродной проволоки $d_{эл} = 1,4$ мм плотность тока соответствует качественному формированию шва.

Таблица 2.4 – Зависимость диаметра электродной проволоки от плотности тока при сварке в среде защитных газов

d _{эл} , мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0
j, А/мм ²	95 – 270	90 – 250	80 – 200	55 – 140	45 – 100	35 – 60

Значение напряжения на дуге U_d рассчитываем по формуле (10).

$$U_d = 20 + \frac{5I_{св}}{100\sqrt{d_э}} \pm 1$$

$$U_d = 20 + \frac{5 \cdot 300}{100\sqrt{1,4}} + 1 = 32 \text{ В.} \quad (10)$$

Скорость сварки среде активных газов $V_{св}$ рассчитывается по формуле (11).

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		204

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{н}} \cdot \rho} \quad (11)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{14,35 \cdot 300}{3600 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 0,38 \text{ см/с}$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки г/А·час; $\rho = 7,8$ – плотность стали, г/см³.

Основная трудность при расчете скорости сварки по формуле (11) состоит в определении коэффициента наплавки $\alpha_{\text{н}}$, величина которого зависит от коэффициента расплавления, которая считается по формуле (12)

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot \left(1 - \frac{k}{100}\right) \quad (12)$$

$$\alpha_{\text{н}} = 16 \cdot \left(1 - \frac{10,3}{100}\right) = 14,35$$

где k – коэффициент потерь при переходе расплавляемой проволоки в сварной шов, %; $\alpha_{\text{р}}$ – коэффициента расплавления, г/А·час.

Величина коэффициента потерь зависит в основном от угара и разбрызгивания сварочной капли и ванны.

Коэффициент потерь k при сварке в среде активных газов определяется по эмпирической формуле (13).

$$k = (Bj \cdot 10^{-2}) - (4,48 \cdot 10^{-4} j^2) - 4,72, \% \quad (13)$$

где B – коэффициент, значение которого зависит от состава активного защитного газа: для CO₂ — $B = 20$, для CO₂ + O₂ и CO₂ + O₂ + Ar — $B = 17,3$; $j = 132,6$ – плотность тока, А/мм²;

$$k = (17,3 \cdot 132,6 \cdot 10^{-2}) - (4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 132,6^2) - 4,72 = 10,3$$

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		215

с учетом вышеизложенного, коэффициент потерь $k = 10,3 \%$.

Коэффициент расплавления α_p сварки в защитных газах может быть определен по графику, представленному на рисунок 3 в зависимости от диаметра сварочной проволоки и сварочного тока.

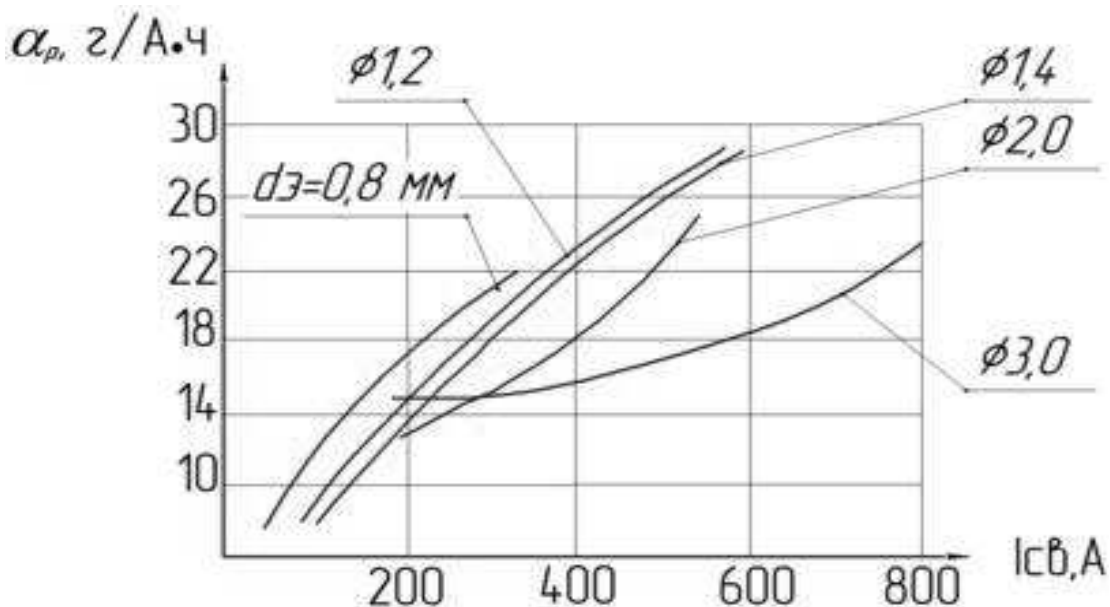


Рисунок 2.9 – Зависимость коэффициента расплавления α_p от диаметра электродной проволоки и сварочного тока

Для выбранного диаметра электродной проволоки $d_{эл} = 1,4$ мм и сварочного тока $I_{св} = 300$ А, согласно рисунку 11, коэффициент расплавления $\alpha_p = 18$ г/А·час.

Скорость подачи электродной проволоки $V_{под}$ определяется по формуле (15).

$$V_{под} = \frac{V_{св} \cdot F_{нап}}{F_{эл} \cdot \left(1 - \frac{k}{100}\right)} \quad (15)$$

$$V_{\text{под}} = \frac{0,38 \cdot 0,4}{2 \cdot (1 - \frac{10,3}{100})} = 8,4 \text{ см/сек}$$

При апробации в производстве рассчитанной скорости подачи электродной проволоки необходимо удостовериться имеется ли возможность на выбранном оборудовании для сварки установить расчетную величину $V_{\text{под}}$, например, сменными шестеренками и т.д. При невозможности последнего необходимо внести корректировки по диаметру электрода, величине сварочного тока и скорости сварки в пределах диапазонов их расчетных величин.

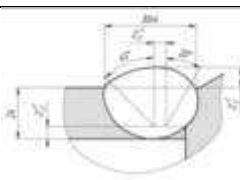
Для проверки основных параметров режима сварки рассчитаем величину погонной энергии сварки по формуле (16).

$$q_{\text{пог}} = \frac{U_{\text{д}} \cdot I_{\text{св}} \cdot \eta}{V_{\text{св}}} \quad (16)$$

$$q_{\text{пог}} = \frac{32 \cdot 300 \cdot 0,9}{0,38} = 22700 \text{ Дж/см}$$

где $q_{\text{пог}}$ – погонная энергия сварки, Дж/см; $U_{\text{д}} = 32$ – напряжение на дуге, В; $I_{\text{св}} = 300$ – сварочный ток, А; $\eta = 90$ – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой; $V_{\text{св}} = 0,38$ – скорость сварки ,см/сек.

Таблица 2.5 Режимы сварки стыкового шва в среде углекислого газа.

Толщина металла	Эскиз, тип соединения	Параметры режима				
		$d_{\text{эл}}$, мм	$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, м/ч	$V_{\text{св}}$, см/с	Количество проходов
24		1.4	300	32	0.38	6

2.8 Выбор сварочного оборудования

Выбор сварочного робота:

В проекте предлагается автоматическая сварка в среде защитных газов, выполняемая сварочным роботом. Сварка осуществляется роботом Fanuc robot M-201A 10L (рисунок 2.10). Выбранный робот является достаточно простым и дешевым в обслуживании, себестоимость которого окупается в короткие сроки. Язык программирования робота Fanuc не сложен и в то же время очень емкий.

Благодаря специальному программному обеспечению ARC TOOL контроллеры роботов серии Arc Mate подготовлены для взаимодействия со сварочными источниками многих известных производителей, а специальные функции позволяют в разы уменьшить время, необходимое для подготовки сварочной программы и задания траектории сварки.

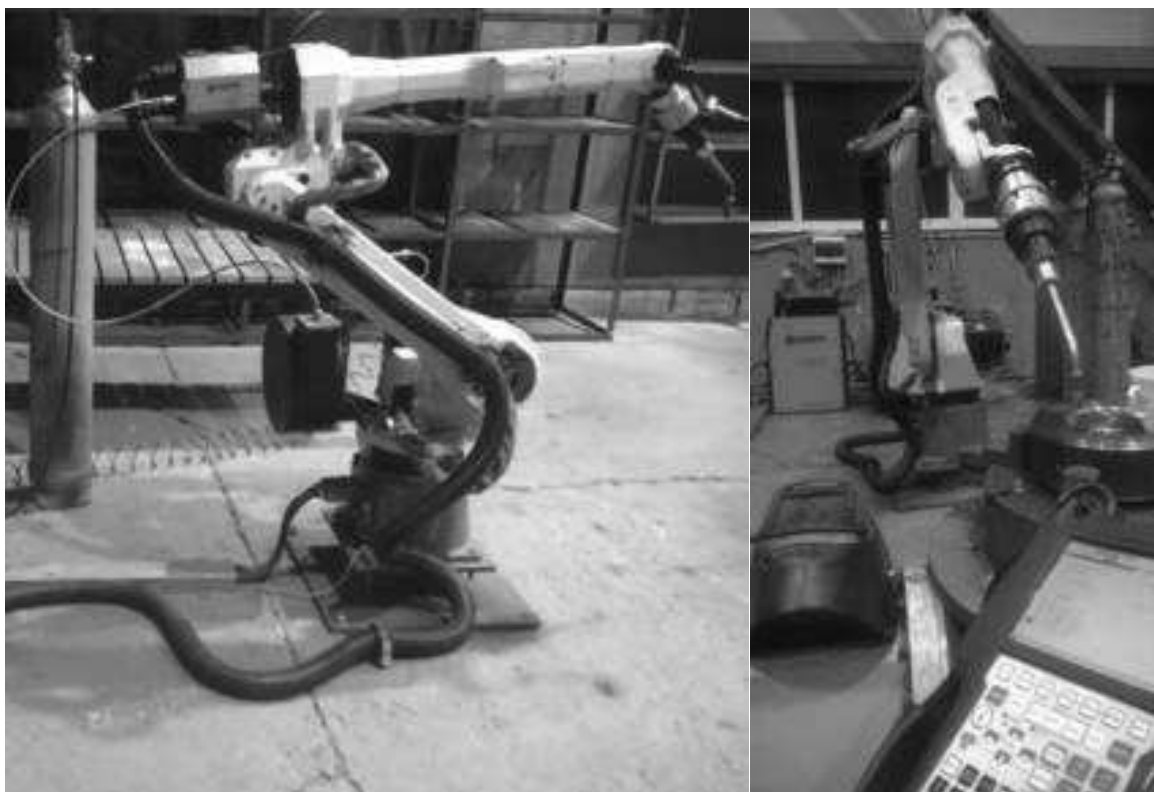


Рисунок 2.10 – Сварочный робот M-201A 10L

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		248

Роботы серии M-20iA имеют большую зону досягаемости (рисунок 2.11), высокие скоростные характеристики и точность позиционирования. Это делает данных роботов идеальным выбором для решений по дуговой сварке.

M-20iA / 10L является лидером отрасли по надежности. Существует также полка на задней стороне верхней части руки для прокладки кабелей и шлангов к рабочему инструменту робота, что упрощает интеграцию. Больше нет необходимости гадать о каких-либо механических помехах благодаря решениям в пользу автономного моделирования. Кроме того, в случае необходимости, имеется встроенный дополнительный кабель от J1 до J3, что позволяет легко установить любой механизм мониторинга механических повреждений кабелей такие как интегрированная система технического зрения FANUC iRVision и система защиты Double Check Safety (DCS).

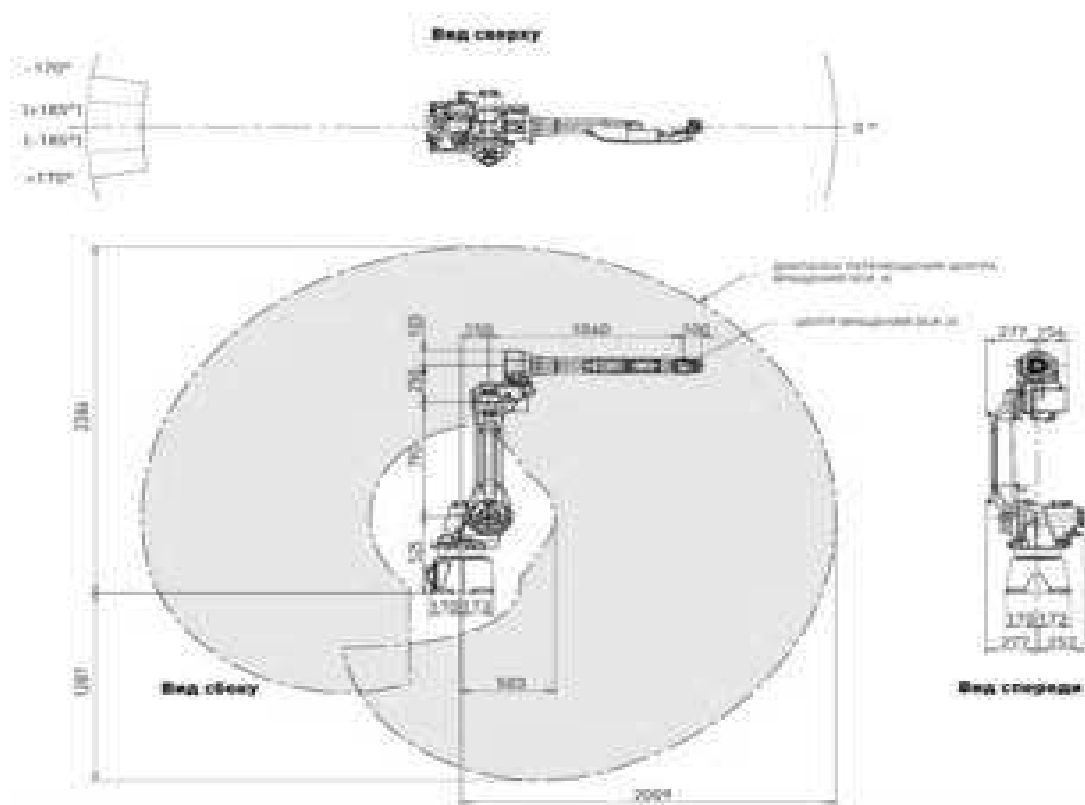


Рисунок 2.11 – Зона досягаемости робота и его габаритные размеры

Для управления роботами серии M-20iA могут применяться как компактные контроллеры FANUC R-30iA Mate (рисунок 2.12), так и полноразмерные контроллеры R-30iA(рисунок 2.12), которые позволяют использовать многие дополнительные функции, такие как подключение дополнительных осей. Оба контроллера поддерживают множество интеллектуальных функций.



Рисунок 2.12 – Контроллеры робота FANUC (1 – R-30iA Mate; 2 – R-30iA)

FANUC M-20iA / 10L имеет компактную сборку и тонкий дизайн запястье, которая способна работать в условиях ограниченного рабочего пространства. Он имеет высокие совместные скорости, чтобы помочь максимально увеличить пропускную способность и абсолютно кодировщик позиционирования для устранения самонаведения при включении питания. До 10 кг полезной нагрузки и 6 осей движения, все из которых позволяют M20iA / 10L R30iA внедряться легко в любой тип производства.

Выбор позиционера.

В целях повышения производительности добавим позиционер.

Корпорация Fanuc robotics выпускает позиционеры специальным образом подобранные под серию и модель робота. Поэтому выбираем двухосевой позиционер Fanuc серии A05B-1220-J201 (Рисунок 2.13)

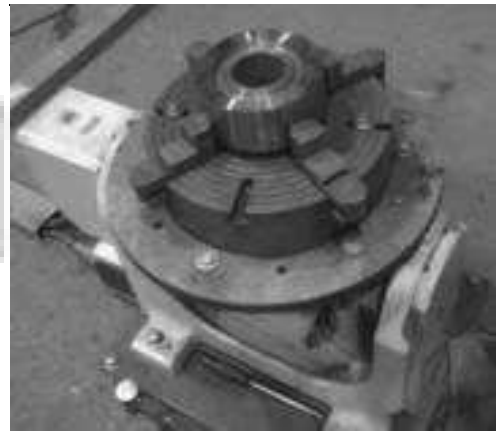
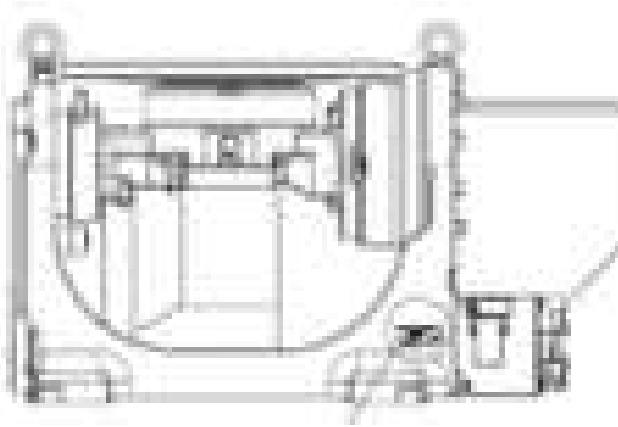


Рисунок 2.13 – Позicionер

Таблица 2.7 – спецификация на позicionер

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Позicionер	шт	1	
2	Уплотнительное кольцо	шт	2	
3	Шайба	шт	4	
4	Винт	шт	4	
5	Муфта	шт	1	
6	Шестерня	шт	1	
7	Шарикоподшипник	шт	2	
8	Вал	шт	1	
9	Сальник	шт	1	
10	Сальник	шт	1	
11	Сальник	шт	1	
12	Сальник	шт	1	
13	Сальник	шт	1	
14	Сальник	шт	1	
15	Сальник	шт	1	
16	Сальник	шт	1	
17	Сальник	шт	1	
18	Сальник	шт	1	
19	Сальник	шт	1	
20	Сальник	шт	1	
21	Сальник	шт	1	
22	Сальник	шт	1	
23	Сальник	шт	1	
24	Сальник	шт	1	
25	Сальник	шт	1	
26	Сальник	шт	1	
27	Сальник	шт	1	
28	Сальник	шт	1	
29	Сальник	шт	1	
30	Сальник	шт	1	

Выбор сварочного источника

Источник КЕМРПИ KempArc Pulse 450 удовлетворяет наши условия
рисунок 2.14.



Рисунок 2.14 – Сварочный источник

Технические данные

Напряжения питания 400 В (-15...+20%)

Диапазон сварочных токов и напряжений

ММА 10...450 А

MIG 8...50 В

Макс. напряжение при сварке ММА 53 В

Мощность холостого хода 100 Вт

Диапазон рабочей температуры -20...+40 °С

Механизм подачи проволоки MXF 65

Номинальная мощность 100 Вт

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		328

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1 Актуальность

Дроссель предназначен для установки в фонтанную (нагнетательную) арматуру, устьевое оборудование и трубопроводы обвязки скважин. Он служит для изменения параметров потока рабочей среды, а также для изменения направления потока рабочей среды. Дроссель применяется для работы в среде нефти, газа, газоконденсата, пластовой воды и их смеси. И состоит из крышки корпуса, шпинделя, штуцерной насадки, маховика и корпуса. Корпус в свою очередь состоит из крестовика и фланцев приварных.

Конструкция дросселя регулируемого имеет перфорированный стакан в составе узла штуцирования, позволяющий плавно регулировать расход рабочей среды. Благодаря чему может использоваться для эксплуатации в условиях газа высокого давления, сильной эрозии, кавитации в рабочей среде и больших перепадов давления.

Также необходимо снова отметить, что для обеспечения нормальной работы дросселя, как составной части фонтанной арматуры и устьевого оборудования, должна быть соблюдена соосность фланцев.

В ГОСТе 13846-89 «Арматура фонтанная и нагнетательная. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции» отмечены следующие требования:

- Конструкция устьевой арматуры должна обеспечивать полную герметичность по отношению к окружающей среде.
- Конструкция корпусных деталей устьевой арматуры должна обеспечивать возможность их опрессовки пробным давлением.
- Соосность отверстий составных частей устьевой арматуры, образующих стволовый проход, должна обеспечивать

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

беспрепятственное прохождение оборудования, приборов и приспособлений, спускаемых в скважину.

- Конструкция трубной обвязки должна обеспечивать возможность подвешивания скважинных трубопроводов в корпусе трубной головки, контроля давления и управления потоком скважинной среды в затрубном (межтрубном) пространстве.
- Дроссель в фонтанной арматуре должен быть регулируемым.
- Допускается конструктивно объединять, не изменяя типовой схемы, устьевой арматуры, несколько составных частей в один блок.
- Допускается дооборудовать фонтанные арматуры запорными устройствами и обратным клапаном, а елки – дросселем.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

3.2 Состояние вопроса исследования

Явление подъема пластового флюида с забоя скважины на дневную поверхность за счет пластовой энергии называется фонтанированием скважины, а способ эксплуатации скважин фонтанным.

Фонтанирование нефтяных скважин обычно происходит в начале разработки месторождений, когда запас пластовой энергии велик и давление на забое скважины достаточно большое, чтобы поднять жидкость до устья скважины. Скважины газовых и газоконденсатных месторождений могут работать фонтанным способом даже до давления забрасывания месторождения, устьевые давления на них сравнительно высокие в течение длительного периода разработки месторождений.

Фонтанная арматура устанавливается на верхний фланец колонной обвязки. На скважинах нефтяных и газовых промыслов страны применяются, в основном, арматуры ГОСТ 13846-89 и ГОСТ 13846-84.

Основные функции фонтанной арматуры:

- герметизация устья скважины;
- управление, контроль и регулирование технологического режима эксплуатации (работы) скважины;
- направление продукции скважины через манифольд в систему сбора и подготовки нефти и газа;
- полное закрытие или глушение скважины; - обеспечение подвески одного или двух рядов насосно-компрессорных труб (НКТ);
- обеспечение спуска в скважину приборов, устройств, оборудования;

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- обеспечение закачки в скважину рабочих агентов для воздействия на пласт или призабойную зону пласта и других специальных веществ.

На выкидных (рабочих и запасных) линиях для регулирования режима работы скважины ставят регулирующие устройства – дроссели (штуцеры), создающие местные гидравлические сопротивления потоку. Слово «дроссель» в переводе с немецкого языка означает клапан для понижения давления проходящего через него пара, газа или жидкости путем резкого уменьшения проходного сечения и увеличение скорости потока, а слово «штуцер» – короткий отрезок трубы для соединения труб между собой и для присоединения их к резервуарам, аппаратам и т.п.

Дроссели могут быть регулируемые и нерегулируемые. Простейшее дроссельное устройство нерегулируемого типа выполняется в виде стального диска толщиной до 10 мм, зажимаемое между двумя фланцами. В центре имеется отверстие (рис. 10). Диаметр отверстия меняется от 3 до 35 мм. Диаметр отверстия обеспечивает определенный технологический режим эксплуатации скважины.

Такие дроссели просты и надежны в эксплуатации. Они незаменимы, если из скважины на поверхность вместе с продукцией поступает какой-либо абразивный материал. Однако абразивные частицы и агрессивная среда ускоренно разрушают внутреннюю поверхность отверстия, изменяя тем самым режим эксплуатации скважины.

За нерегулируемым дросселем желательно устанавливать толстостенный патрубок (102 или 146–мм бурильная труба) длиной, примерно, метр, имеющий на обоих концах фланцы. Этот патрубок необходим, чтобы противостоять абразивному разрушению и ударам струи, расширяющейся при выходе из отверстия.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Смена такого типа дросселя занимает большое количество времени, т.к. для его смены поток продукции, поступающий из скважины, нужно временно перевести с рабочей линии на запасную посредством соответствующих задвижек.

Регулируемые дроссели по конструкции аналогичны вентилю. Они удобнее тем, что проходное сечение дросселя плавно изменяется перемещением иглы-наконечника, приближающего к втулке или отдаляющего от нее вращением маховика. В этом дросселе продукция скважины меняет свое направление. Дроссель рассчитан на рабочее давление до 70 МПа.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Цель и задачи исследования

Целью данных исследований является освоение методики проведения расчетов в программах SYSWELD и ANSYS, а также проверка работоспособности разработанной нами технологии сварки корпуса дросселя регулируемого, на основе моделирования.

Задачи:

1. Провести литературный обзор.
 2. Выбрать способ сварки.
 3. Рассчитать параметры режимов сварки.
- Провести моделирование.
5. Провести анализ результатов моделирования, на основе полученных данных.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

3.4 План эксперимента

1. Провести расчеты остаточных напряжений и рассчитать термические циклы программе SYSWELD на основе пластины сваренной встык с заданной разделкой.
2. Провести прочностные расчёты в программе ANSYS. Нагружаем незакрепленную часть сварного соединения, т.е фланец, так как дроссель эксплуатируется в составе фонтанной арматуры и на фланец действуют большие нагрузки, по причине того, что к нему крепятся задвижки.
3. Провести анализ по результатам эксперимента.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Алгоритм выполнения работы по моделированию в программе

Создаем 2D эскиз непосредственно в программе по точкам:

Координаты 1 точки: $x=0$ $y=0$ $z=0$

Координаты 2 точки: $x=0$ $y=0$ $z=24$

Координаты 3 точки: $x=0$ $y=30$ $z=24$

Координаты 4 точки: $x=0$ $y=37$ $z=0$

Координаты 5 точки: $x=0$ $y=44$ $z=24$

Координаты 6 точки: $x=0$ $y=60$ $z=24$

Координаты 7 точки: $x=0$ $y=60$ $z=0$

После того как мы задали координаты точек приступаем к геометрии модели, используя при этом $\frac{3}{4}$ PointMesh, сразу создается решетка рисунок 3.1, рисунок 3.2.

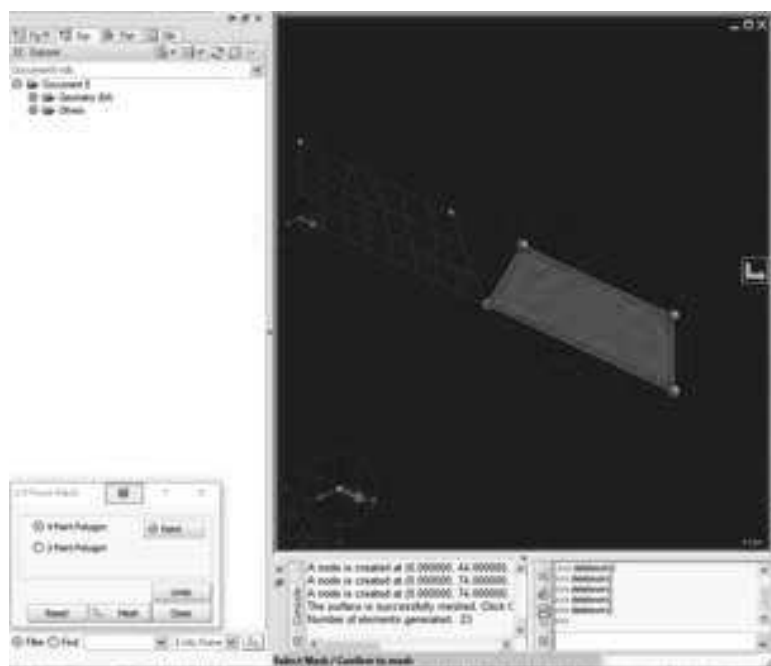



Рисунок 3.1 – Координаты точек



Рисунок 3.2 – Геометрия 2D модели

Затем приступаем к созданию объекта в 3D, вытягиваем решетку при помощи , задавая вектор и дистанцию 364мм (длина окружности фланца) рисунок 3.3, рисунок 3.4.

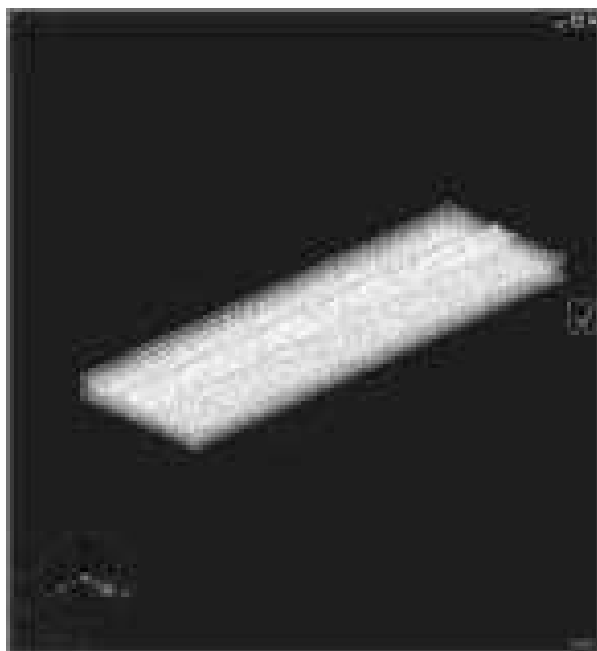


Рисунок 3.3 – Сетка 3D модели

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

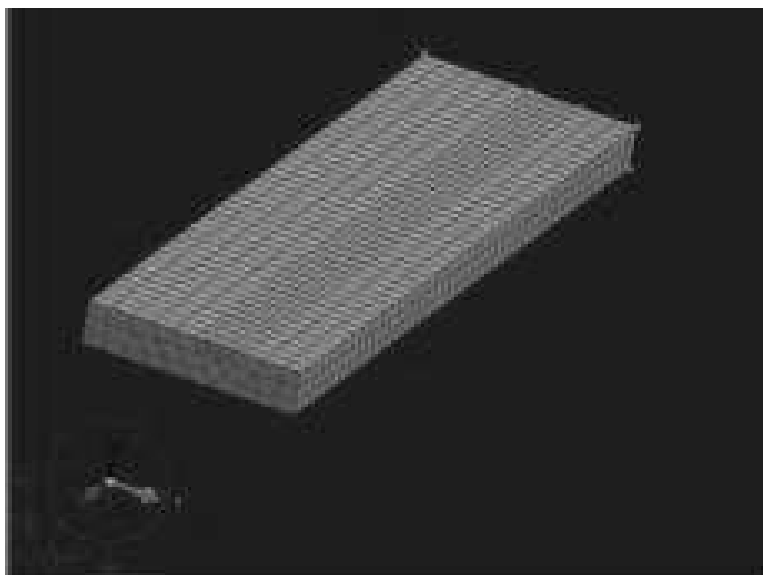


Рисунок 3.4 – 3D модель пластины

Выбираем основной металл, без зоны шва и создаем коллектор основного металла рисунок 3.5.

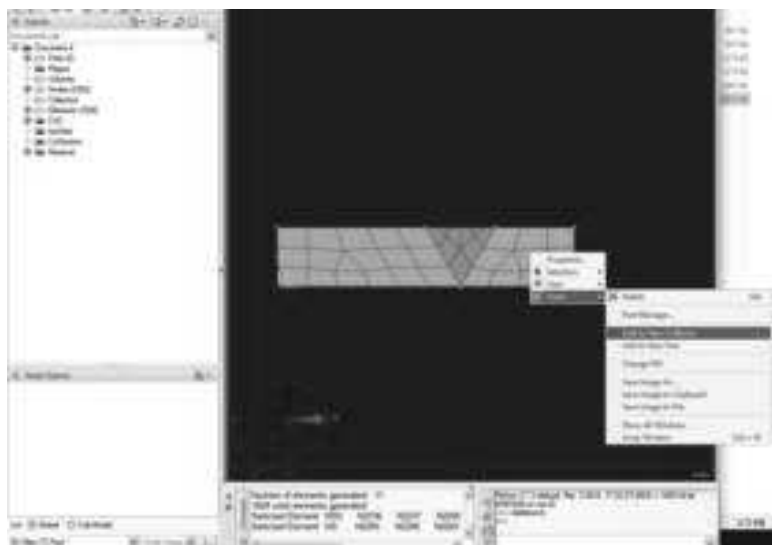


Рисунок 3.5 – Основной металл

Затем, аналогично выбираем зону термического влияния, добавляем новый коллектор для ЗТВ рисунок 3.6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

42

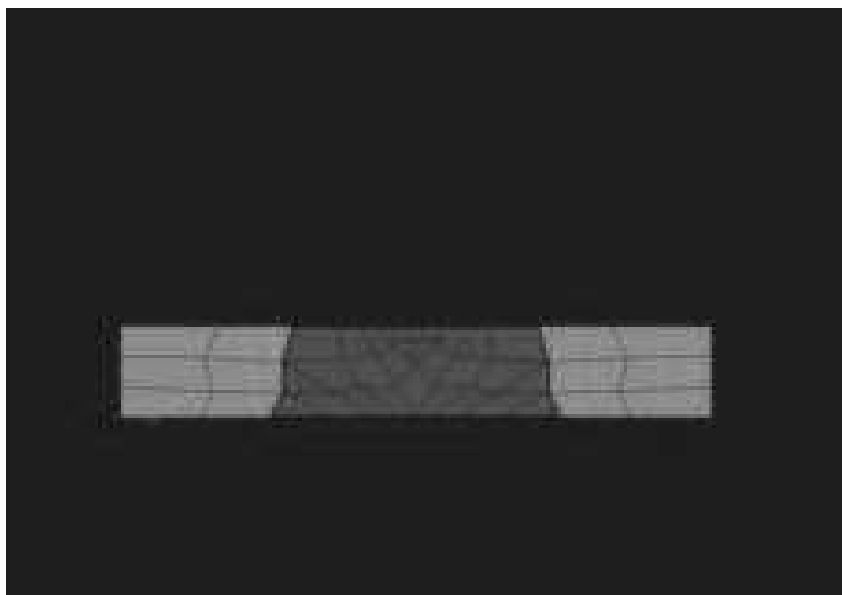


Рисунок 3.6 – ЗТВ

Далее выделяем ячейки по которым будет формироваться первый шов и создаем коллектор первого шва рисунок 3.7.

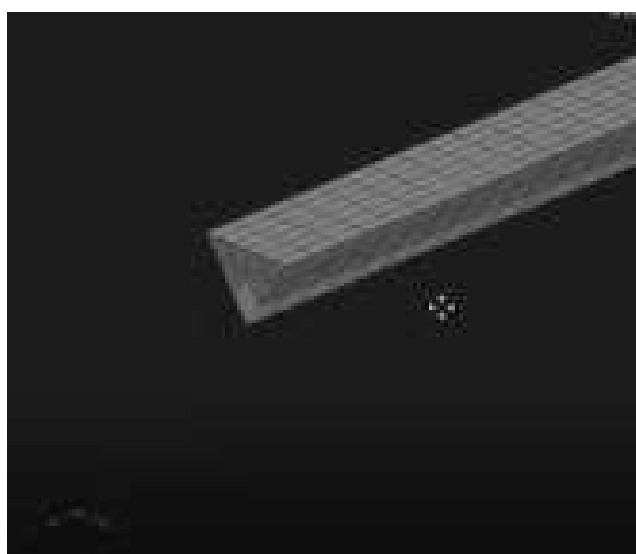


Рисунок 3.7 – Формирование первого шва

Аналогично таким же способом задаем коллектора для остальных пяти швов.

Выбираем плоскость закрепления по нижней и верхней грани, добавляем новый коллектор и переименовываем закрепления детали которая относится к корпусу дросселя рисунок 3.8.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

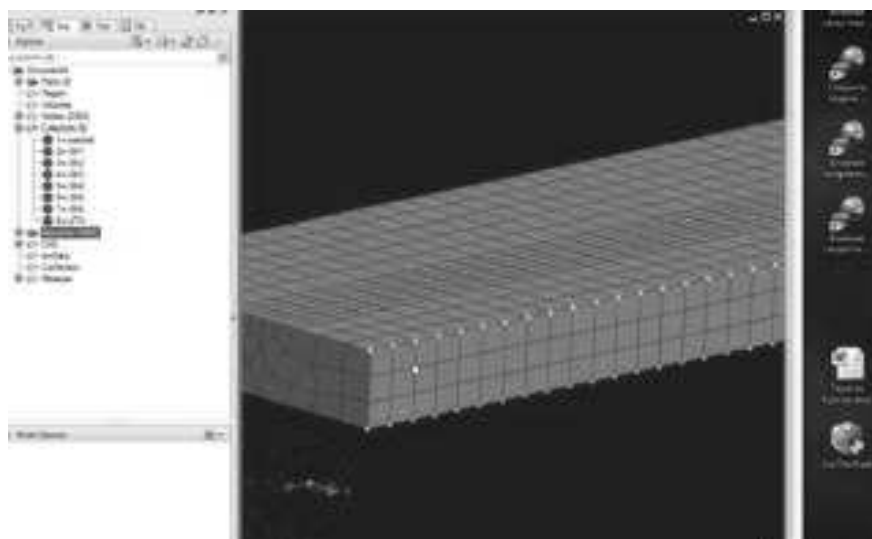





Рисунок 3.8 - Закрепление

Формируем «короб охлаждения», для этого во вкладке  выбираем , нажимаем на панели **Selection**  и выбираем все грани нашей пластины, кроме грани где будет проходить сварка рисунок 3.9 и рисунок 3.10.

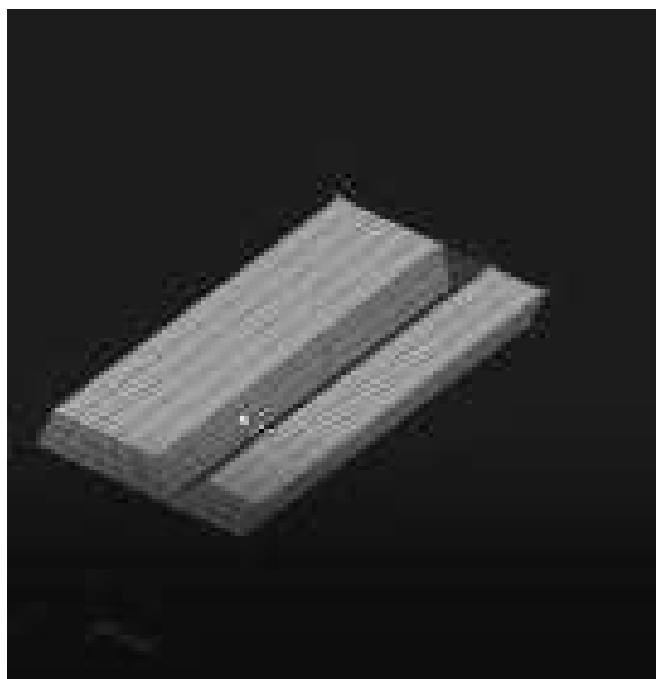


Рисунок 3.9 – Формирование «короба охлаждения»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2018.209.00 ПЗ

Лист

44



Рисунок 3.10 «Короб охлаждения»

Затем задаем траекторию наложения сварного шва рисунок 3.11 и рисунок 3.12

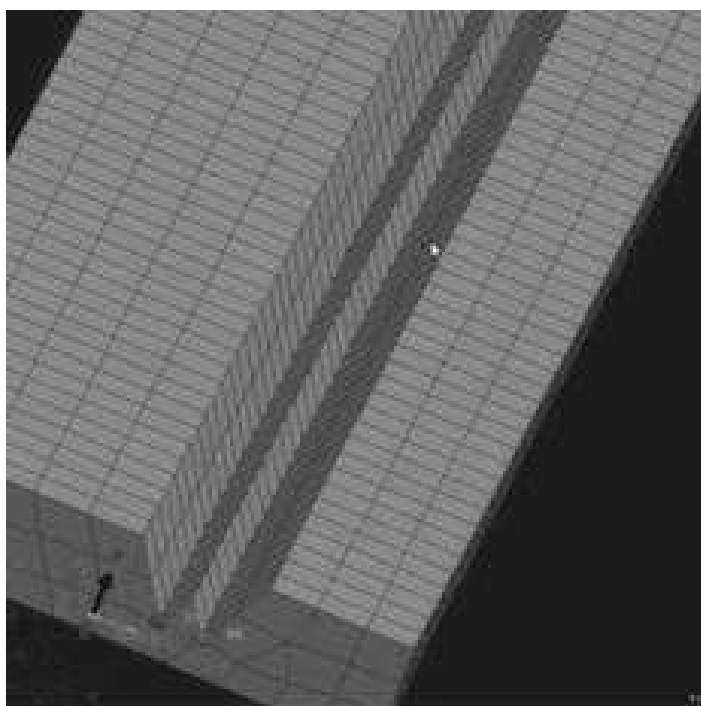


Рисунок 3.11 – Начало траектории наложения шва

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



Рисунок 3.12 – Траектория наложения шва

Аналогично повторяем действия для остальных швов.


Задаем параметры материалов и параметры сварочного режима при помощи команды  рисунок 3.13, рисунок 3.14



Рисунок 3.13 – Параметры материала

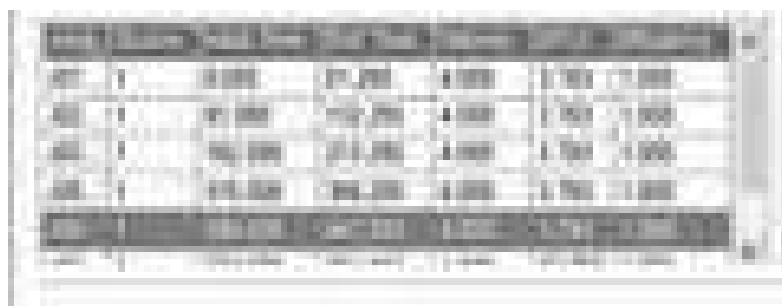



Рисунок 3.14 – Параметры сварочного режима

После, запускаем процесс решения задачи. Окончание процесса решения на рисунке 3.15



Рисунок 3.15 – Окончание процесса решения задачи

После окончания расчетов построим график термического цикла для этого в меню  выбираем 

На панели **Views** выберем .

В появившемся окне в меню  выберем  и 

1) Выберем две точки начало и конец сварки для первого шва рисунок 3.16.

2) Выберем две точки на границе ЗТВ рисунок 3.17, рисунок 3.18.

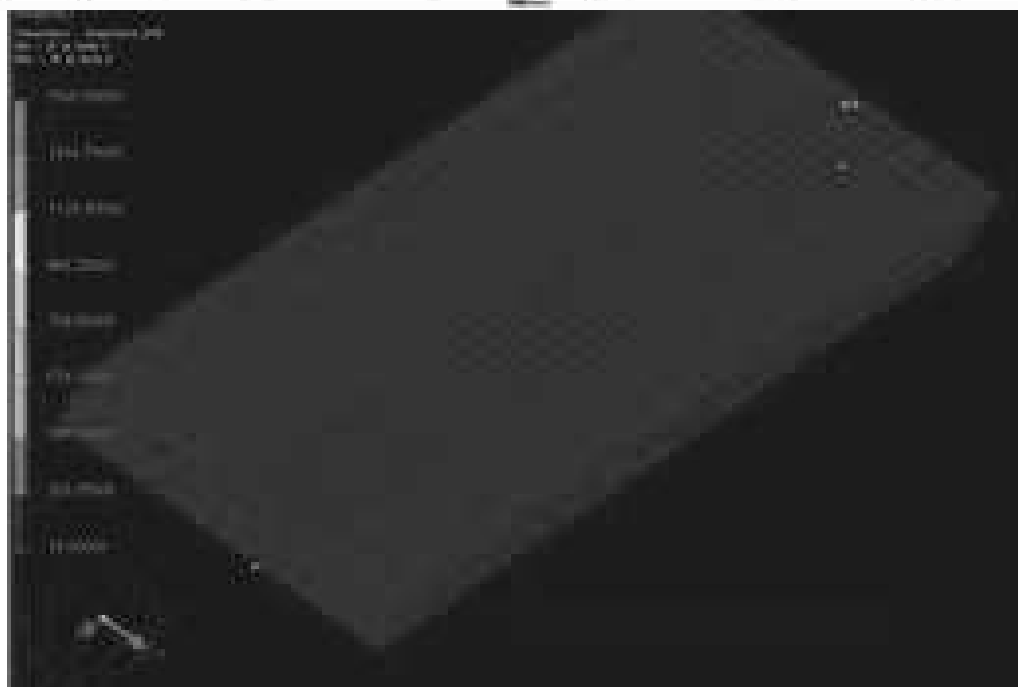
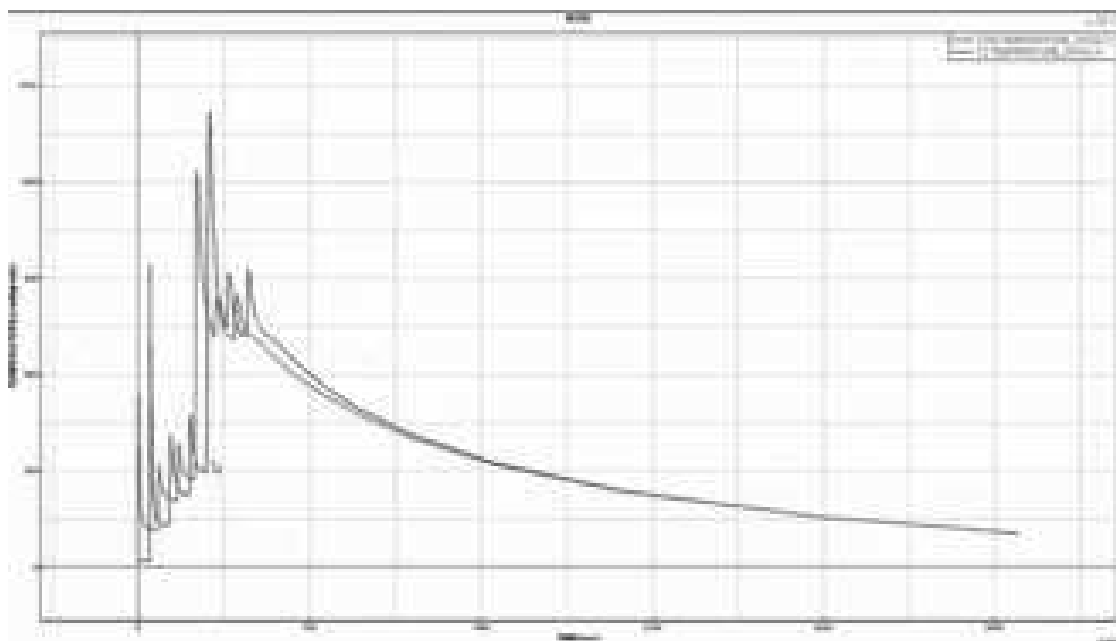


Рисунок 3.16 – Термические циклы

График температуры шва во время сварки показывает, что предельные значения не превышают 1450 градусов цельсия.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

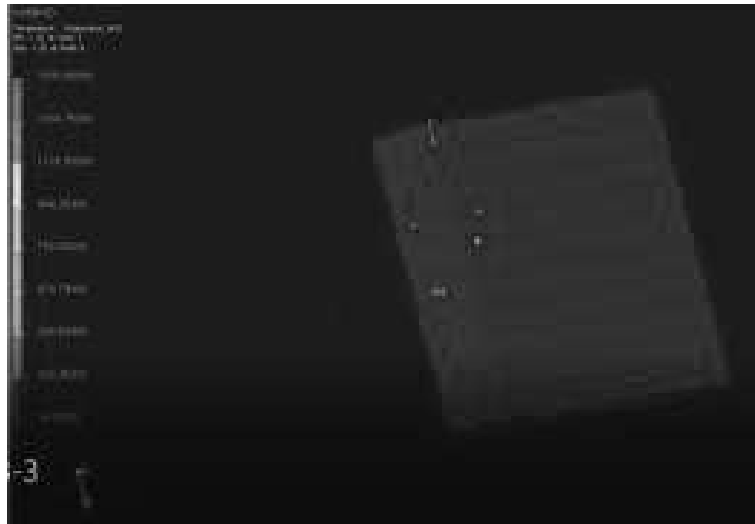


Рисунок 3.17 – Точки на границе ЗТВ

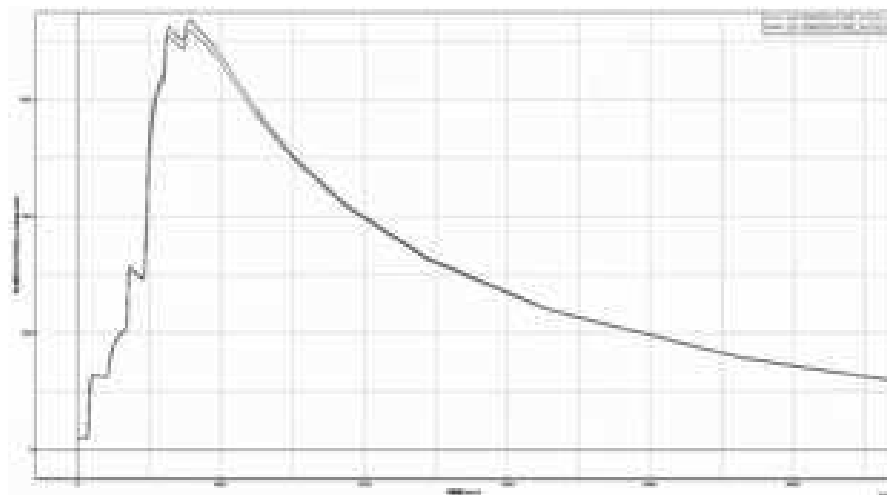


Рисунок 3.18 – Термический цикл на границе ЗТВ

График температуры границы зоны термического влияния показывает, что предельные значения не превышают 650 градусов цельсия.

Аналогичным способом посмотрим диаграмму общих напряжений.

Диаграмма напряжений показывает, что со стороны не закрепленной детали имеются накопленные напряжения рисунок 3.19. Предельные значения напряжений около 600 МПа.

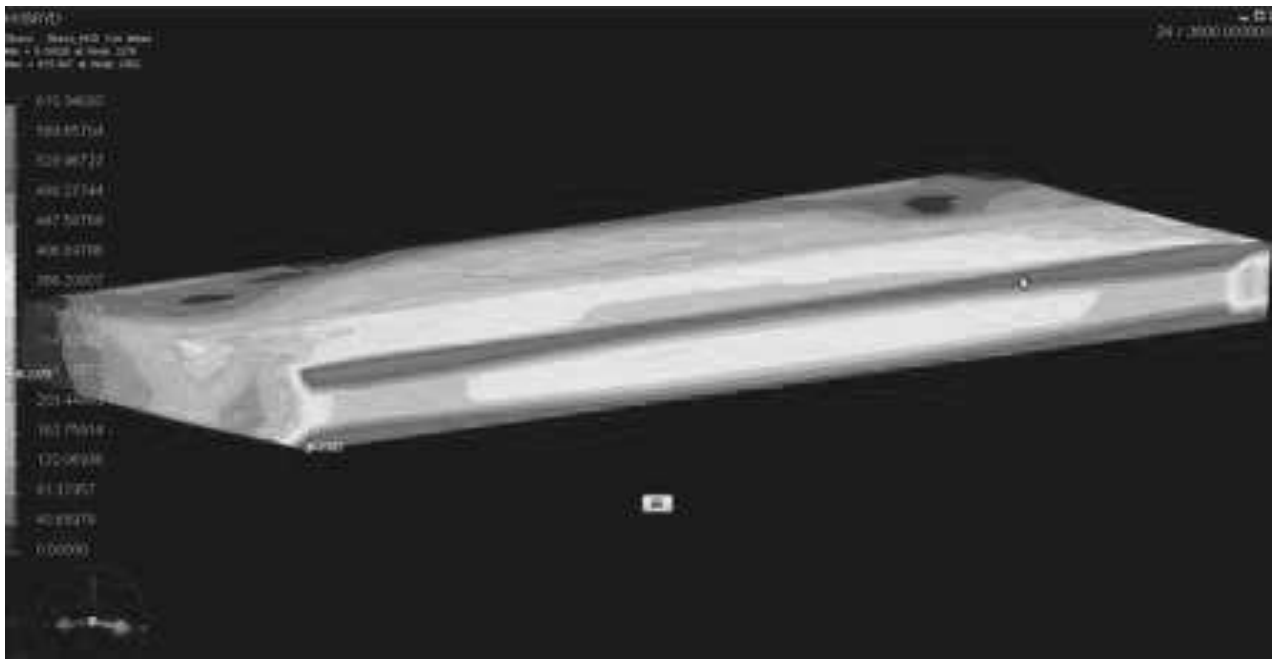


Рис.3.19 – Диаграмма напряжений

Алгоритм выполнения работы по моделированию в программе

Для начала необходимо создать эскиз. Создаем его в программе Kompas 3D. Необходимо отметить что интересующий нас фрагмент дросселя, элемент его сварного соединения, является трубой, эскиз шва нужно расположить на расстоянии радиуса внутреннего диаметра от оси Y. Таким образом программа Ansys будет воспринимать соединение как трубу.

Затем эскиз переводим в формат IGIS и открываем его в Ansys рисунок 3.20.



Рисунок 3.20 - Эскиз

Далее задаем свойства материалов, и создаем кристаллическую решетку детали Mash рисунок 3.21.

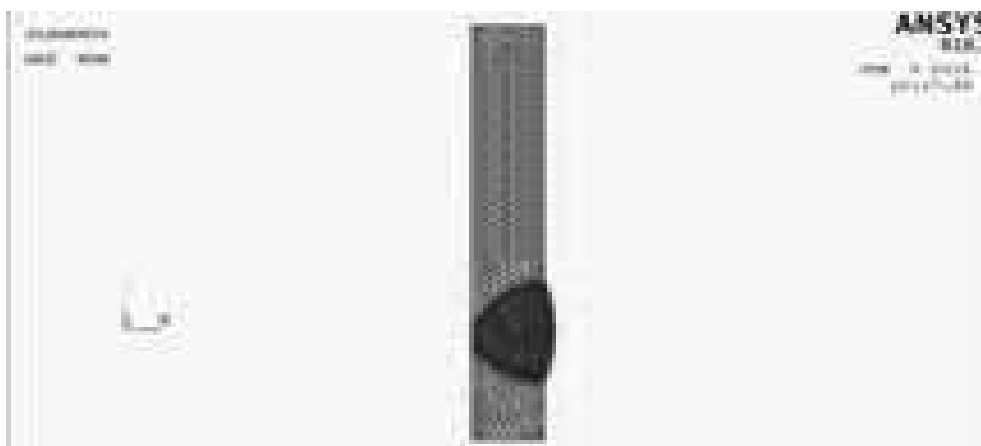


Рисунок 3.21 – Кристаллическая решетка

Создаем закрепление детали и задаем напряжение сконцентрированное во второй детали, которая является не закрепленной. рисунок 3.22.

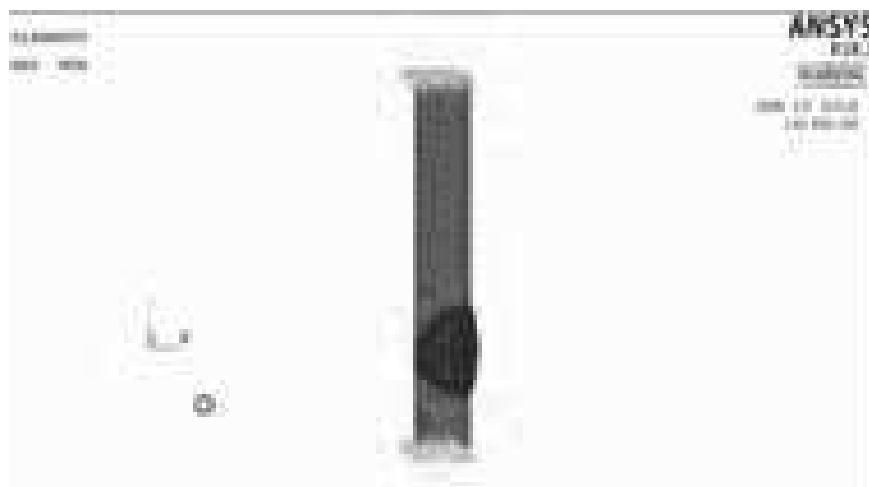


Рисунок 3.22 – Закрепление и нагрузка

В результате получаем коробление порядка 2 мм и концентратор напряжений на границе сварного шва рисунок 3.23.

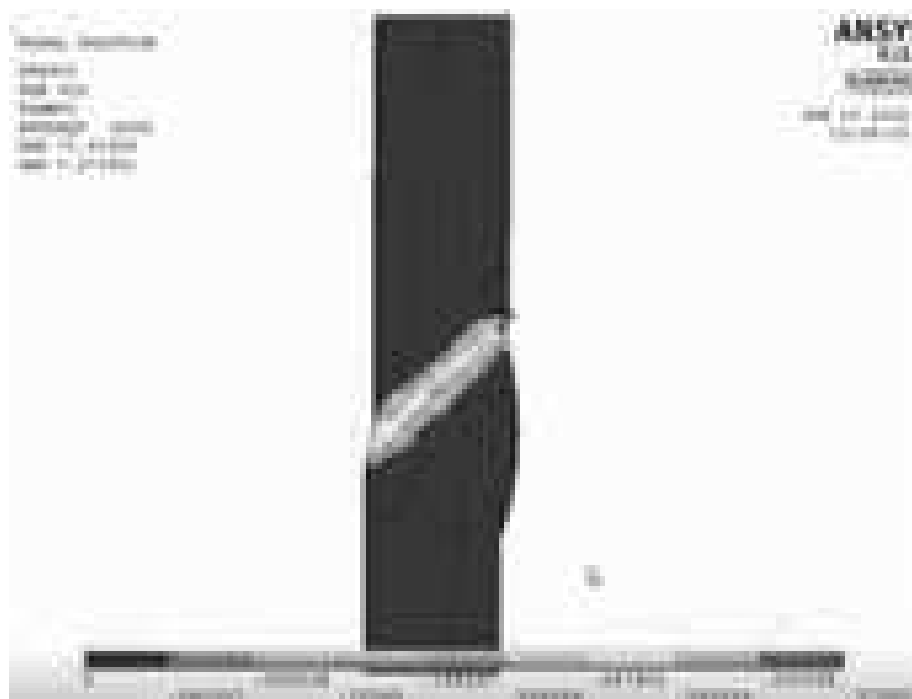


Рисунок 3.23 – Статические напряжения

Анализ результатов моделирования.

Моделирование в программе Sysweld с одной закрепленной частью сварного соединения дало нам следующие результаты:

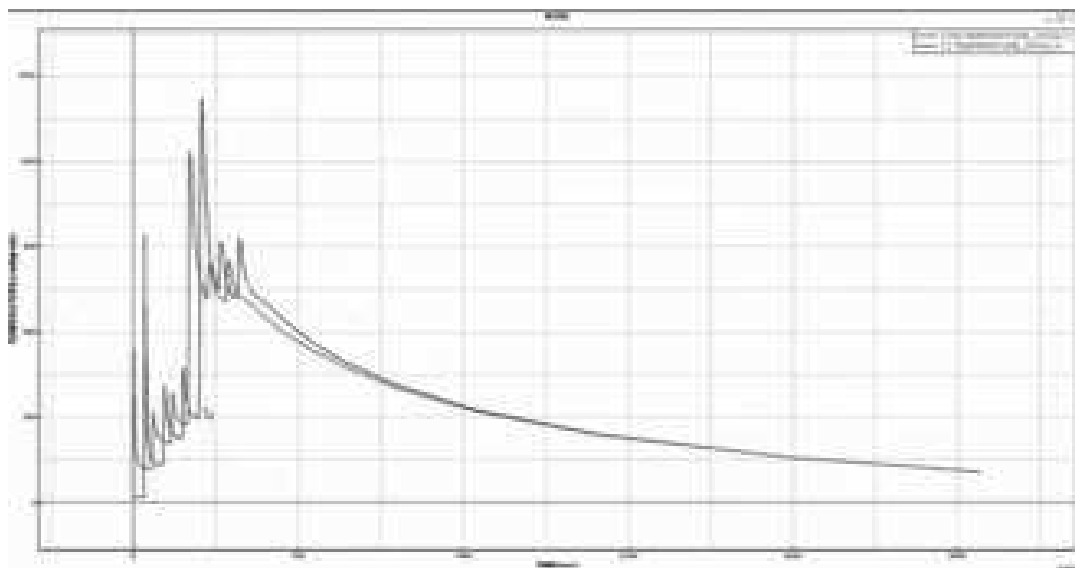


Рисунок 3.24 – График температуры

- График температуры показывает, что предельные значения не превышают 1450 градусов Цельсия рисунок 3.24.
- Диаграмма напряжений показывает высокую концентрацию напряжений на незакрепленной детали рисунок 3.25.

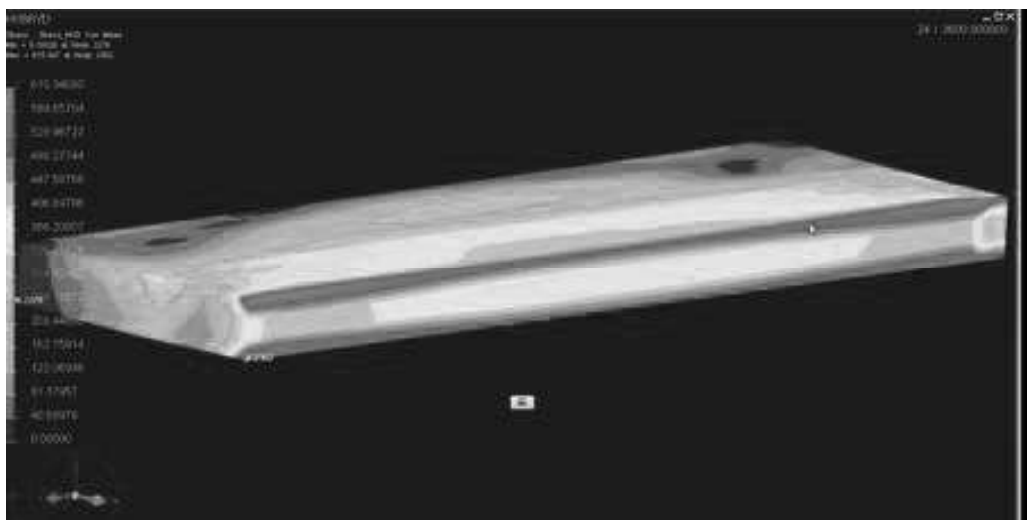


Рисунок 3.25 – Диаграмма напряжений

Моделирование в программе Ansys показывает образование концентратора напряжений на границе сварного шва рисунок 3.26.

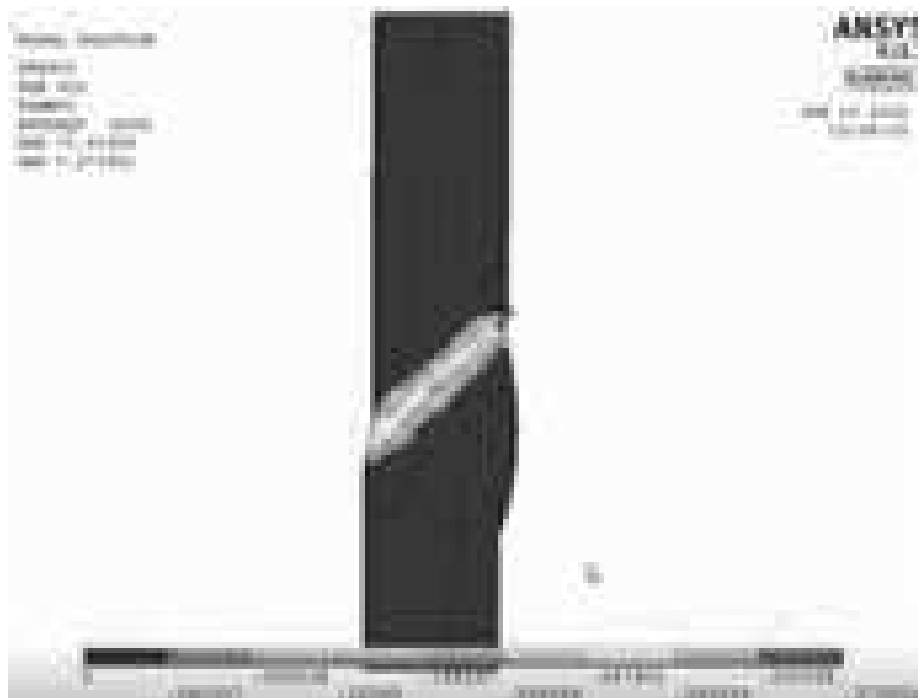


Рисунок .3.26 – Статические напряжения

Вывод: Термический цикл соответствует нормальному значит режимы подобранны корректно. Концентратор напряжений на границе сварного шва говорит нам о недопустимости подрезов. Избежать концентрацию можно при помощи снятия усиления шва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была разработана технология сборки и сварки корпуса дросселя регулируемого.

При этом основной материал проанализирован с точки зрения свариваемости и соответствие его механических характеристик предъявленным требованиям. Выбран способ сварки, подобраны сварочные материалы и рассчитаны режимы сварки. Подобрано сварочное оборудование, а также разработано приспособление для сборки и сварки корпуса.

В результате проделанной работы, подобраны оптимальные режимы и технология сварки.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
3. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства/ А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф. – М.: Машиностроение, 1979.- 280с.
4. Березовский Б.М., Куликов Г.Д., Зайцев Н.Л. Расчёт режимов дуговой сварки: Учебное пособие по курсу «Сварка плавлением и термическая резка». – Челябинск: ЧПИ, 1988. – 92 с.
5. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства/ А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф. – М.: Машиностроение, 1979.- 280с.
6. Гривняк И. Свариваемость сталей.- М.: Машиностроение, 1984.- 215 с.
7. Дубовецкий В.А. Оптимизация режимов сварки в CO₂ / Дубовецкий В.А., Сергацкии Г.М., Касаткин О.Г. // Автоматическая сварка.- 1980.- №12.- С. 30-34; Автоматическая сварка.- 1982. - №5.- С. 34-38.
8. Карасев М.В. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах / Карасев М.В., Вышемирский Е.М., Беспалов В.И., Работинский Д.Н., Захаров И.М., Беляев А.Е., Павленко Г.В., Соляник В.В. // Автоматическая сварка. – 2004. - №12. – С. 38-41.

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

9. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1980. – 319 с.
 10. Кульневич Т.В., Колпаков А.А., Голиков В.Н. Техническое нормирование сварочных процессов: Учебное пособие для выполнения курсовых и дипломных проектов.- Челябинск: ЧПИ, 1987.- 33 с.
 11. Марочник сталей и сплавов. / Под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1998.
 12. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник/ Под редакцией В.В. Ключева / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др. М.: Машиностроение, 1995.- 488 с.
 13. Понамарев В.А. Универсальные сборочно - сварочные приспособления. Атлас. / Понамарев В.А., Чугунихин И.С. - М.: Машиностроение, 1978. – 320 с.
 14. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974.
 15. Руководство по дипломному проектированию. (Специальность 1205)/ Н.А. Клыков, А.М. Попков, В.А. Стихин, М.В. Шахматов. – Челябинск: ЧПИ, 1990.
- Николаев Г. А. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. — М.: Машиностроение, 1978 (1-4 т).

					15.04.01.2018.209.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		