

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.

Технология сборки и сварки рамки фронтального погрузчика В138

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

Руководитель работы  
Безганс Ю.В.,  
преподаватель каф. ОиТСП

\_\_\_\_\_  
Подпись И.О., Фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ-540  
Арстанов Баримжан Какимжанович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролёр  
преподаватель кафедры ОиТСП

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	8
1.1 Описание рассматриваемого изделия.....	8
1.2 Описание основного материала.....	14
1.3 Описание применяемой технологии изготовления .....	17
1.4 Анализ технологии изготовления.....	29
2 ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.....	31
2.1 Описание предлагаемой технологии .....	31
2.2 Пояснение по выбору способа сварки.....	33
2.3 Выбор сварочных материалов .....	34
2.4 Расчет режимов сварки .....	38
2.4.1 Расчет режимов сварки шва №1 .....	38
2.4.2 Расчет режимов сварки шва №2 .....	45
2.4.3 Расчет режимов сварки шва №3 .....	47
2.4.4 Расчет режимов сварки шва №4 .....	51
2.4.5 Расчет режимов сварки шва №5 .....	56
2.4.6 Расчет режимов сварки шва №6 .....	59
2.5 Выбор сварочного оборудования .....	64
2.5.1 Горелка с воздушной системой охлаждения.....	66
2.5.2 Горелка с водяной системой охлаждения .....	67
2.5.3 Гибридные роботизированные горелки .....	68
2.6 Контроль качества .....	70
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	73
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ.....	75
4.1 Расчет фондов рабочего времени .....	75
4.2 Расчет норм штучного времени.....	77
4.3 Организация производства .....	87

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

4.4 Расчет расхода материалов и энергоносителей .....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	95
Приложение 1 .....	96
Приложение 2 .....	105

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на территории Российской Федерации активно производится строительство как жилых строений, так и расширение сети автомобильных дорог. Все операции, которые требуют землеройных, засыпных, очистных и иных видов работ выполняются при помощи дорожно-строительных машин. Указанные машины эксплуатируются в тяжелых, и, иногда, в экстремальных условиях, таких как круглосуточная работа, работа в условиях низких и крайне низких температур. Поэтому ресурс данных машин играет не последнюю роль в получении прибыли для предприятия.

Хорошо при работе в различных условиях зарекомендовали себя фронтальные погрузчики, например, погрузчик В-138. Эта машина применяется практически во всех областях строительства и при повышенном спросе на нее, предназначена для работы в тяжелых условиях. Наибольшую нагрузку несет на себе мост. Различают в погрузчике В-138 передний и задний мосты. В состав заднего моста входит деталь под названием рамка. Она является наиболее нагруженным узлом, так как при эксплуатации на нее действуют нагрузки от веса самого погрузчика, нагрузки от его передвижения и его работы.

В выпускной квалификационной работе предлагается рассмотреть существующую технологию изготовления рамки заднего моста фронтального погрузчика В-138 и предложить способы как повышения производительности, так и качества выполнения сварных соединений.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ				

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Описание рассматриваемого изделия

В настоящей работе рассматривается технология изготовления рамки фронтального погрузчика В-138. Погрузчик предназначен для проведения работ по погрузке, рытью земли, а также для расчистных и транспортировочных работ. Общий вид погрузчика В-138 показан на рисунке 1.1.



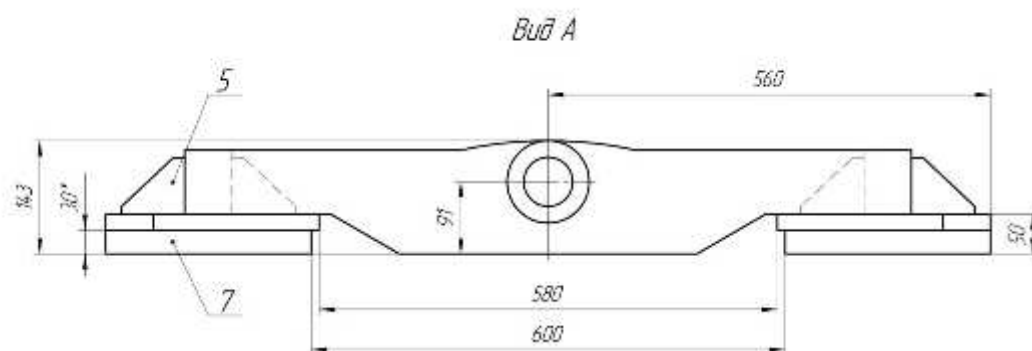
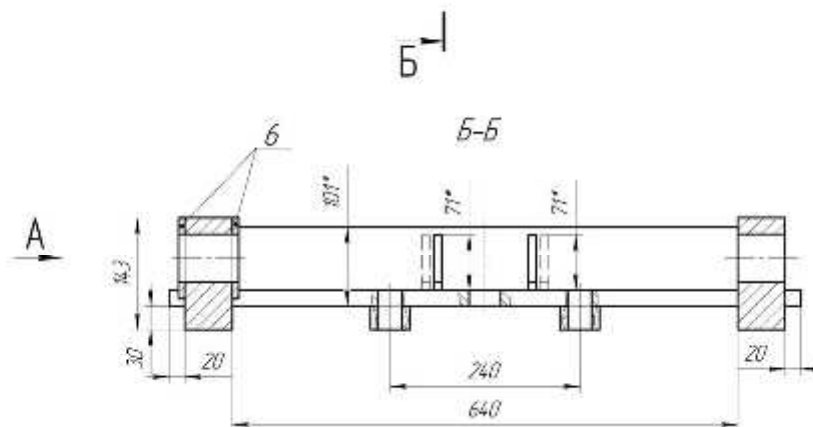
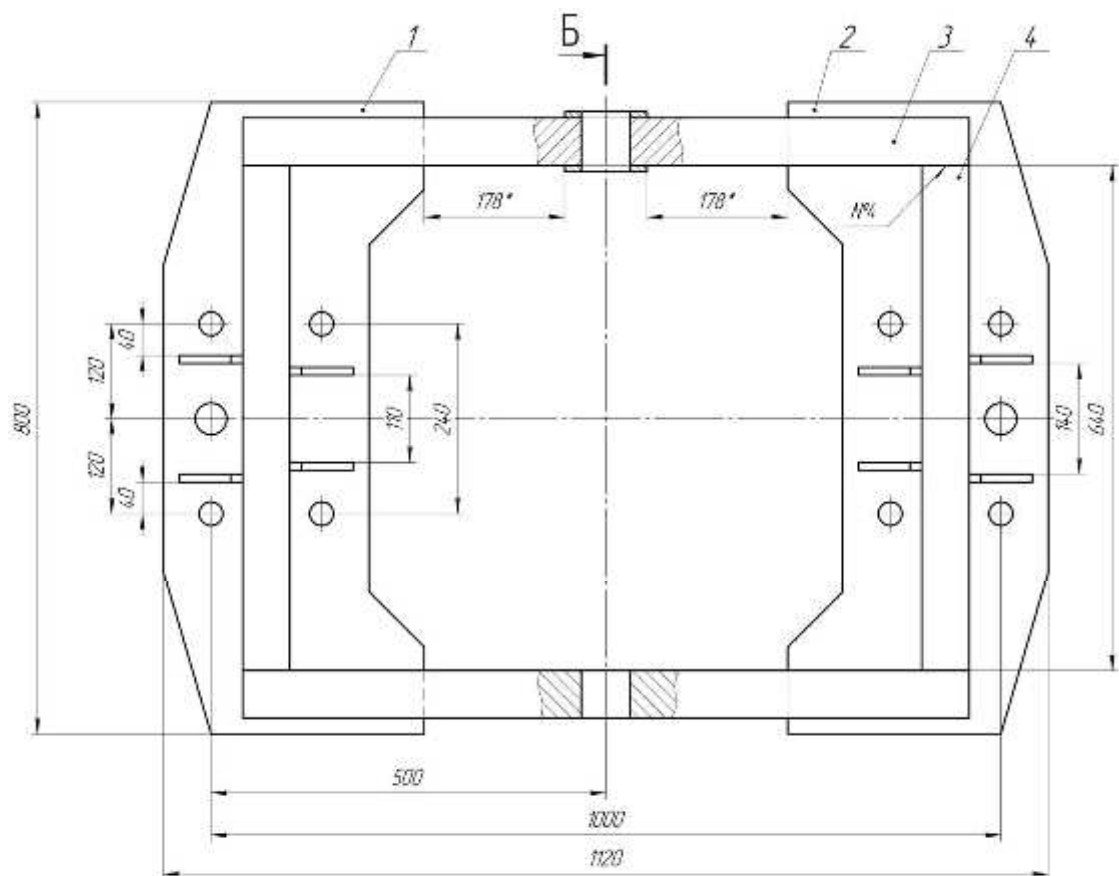
Рисунок 1.1 – Общий вид погрузчика В138

Рассматриваемая в выпускной квалификационной работе деталь называется рамкой. Она располагается как элемент заднего моста на шасси задних колес. Так как погрузчик является полноприводным, то рамка несет на себе основные нагрузки, воздействующие на подвеску. В данном случае на рамку воздействуют следующие нагрузки:

- растяжение;
- сжатие;
- вибрация;
- изгибающий момент;
- крутящий момент.

Общий вид рамки показан на рисунке 1.2.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



- 1 – Лист левый; 2 – Лист правый; 3 – Стенка торцевая; 4 – Стенка фланговая;  
5 – Косынка; 6 – Накладка; 7 – Лист опорный

Рисунок 1.2 – Общий вид рамки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

10

Рамка является цельносварной металлической конструкцией.

На рисунке 1.3 показано расположение сварных швов рамки.

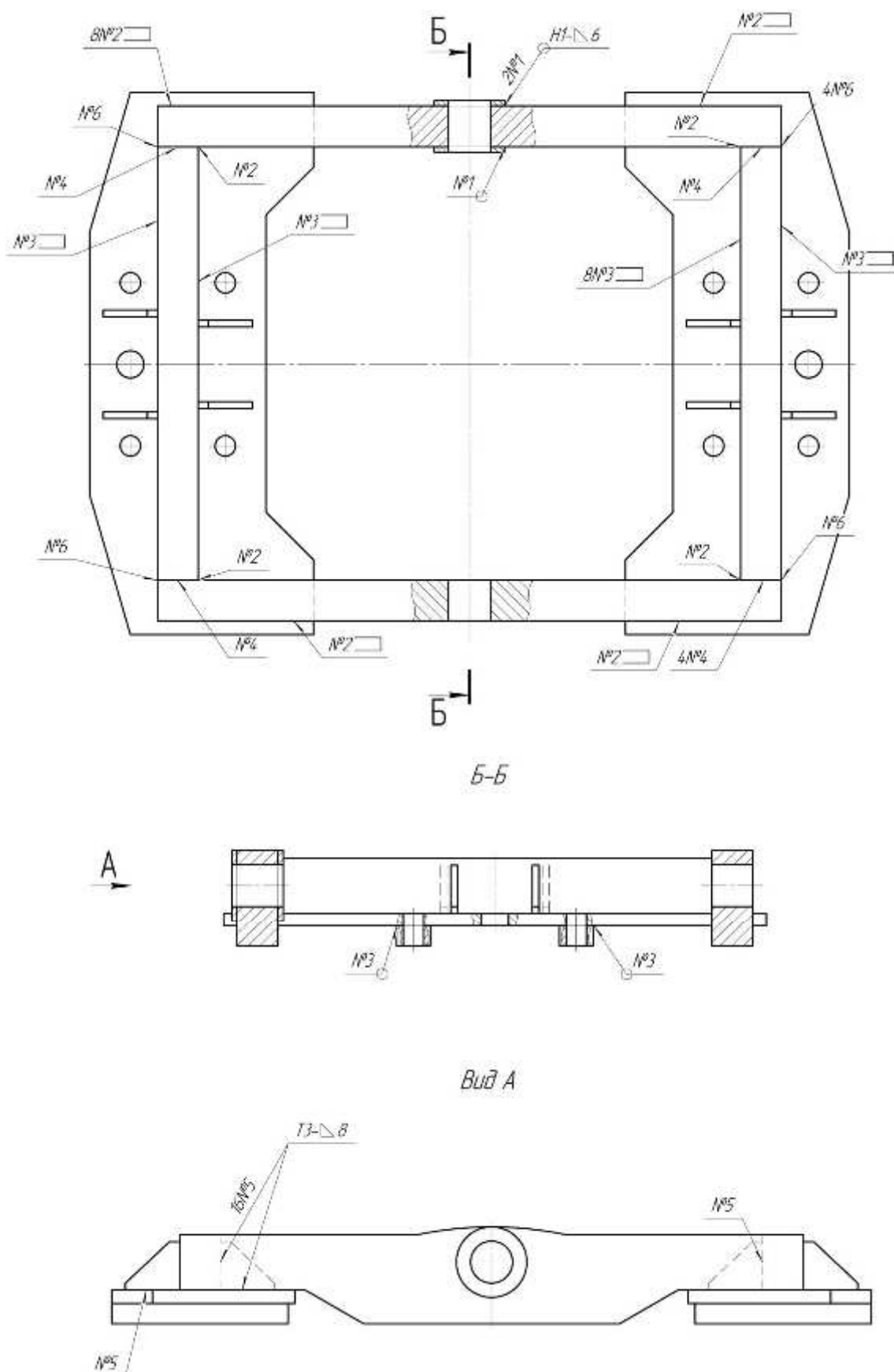


Рисунок 1.3 – Схема расположения сварных швов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

11

Общий вид сварных швов с геометрическими размерами показан на рисунке 1.4.

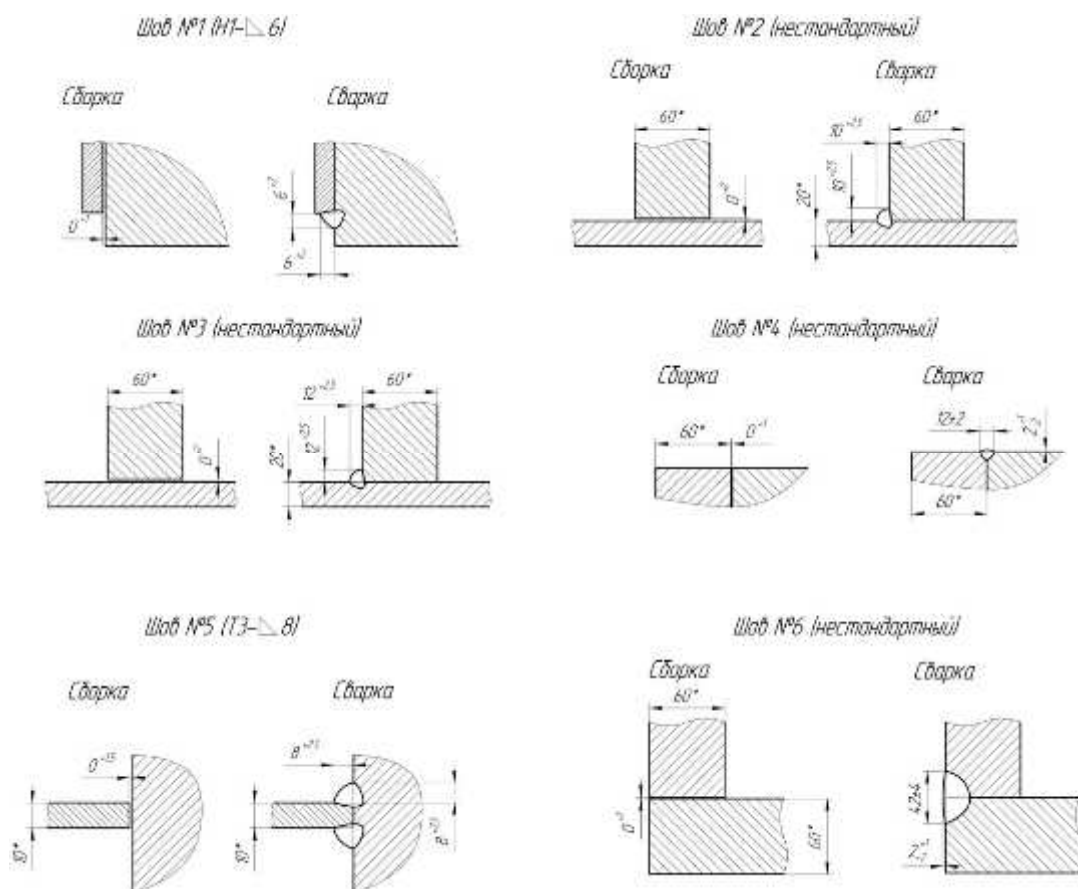


Рисунок 1.4 – Общий вид сварных швов с геометрическими размерами  
Эскизы деталей, составляющих рамку заднего моста фронтального погрузчика, показаны на рисунках 1.5...1.11.

Эскиз листа левого показан на рисунке 1.5.

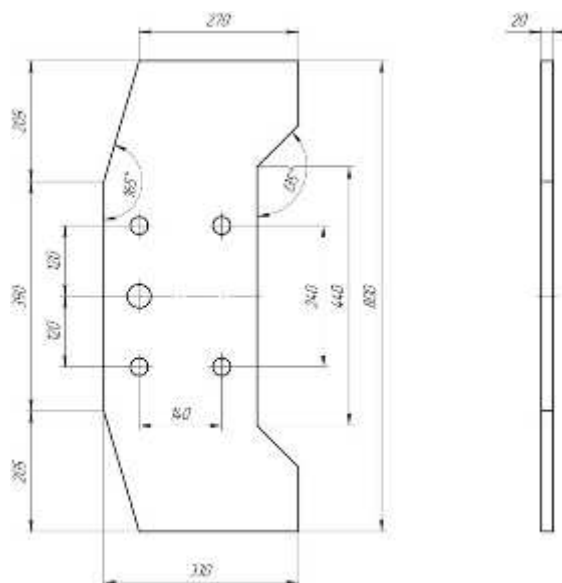


Рисунок 1.5 – Эскиз листа левого

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

12



Эскиз листа правого показан на рисунке 1.6.

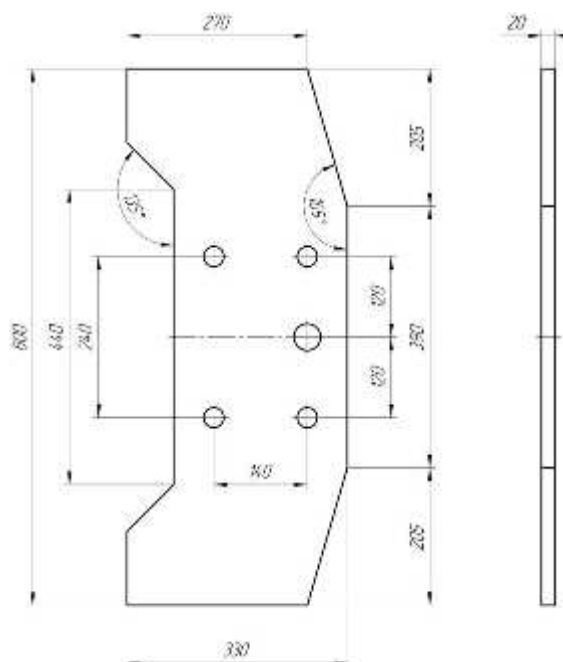


Рисунок 1.6 – Эскиз листа правого

Эскиз стенки торцевой показан на рисунке 1.7.

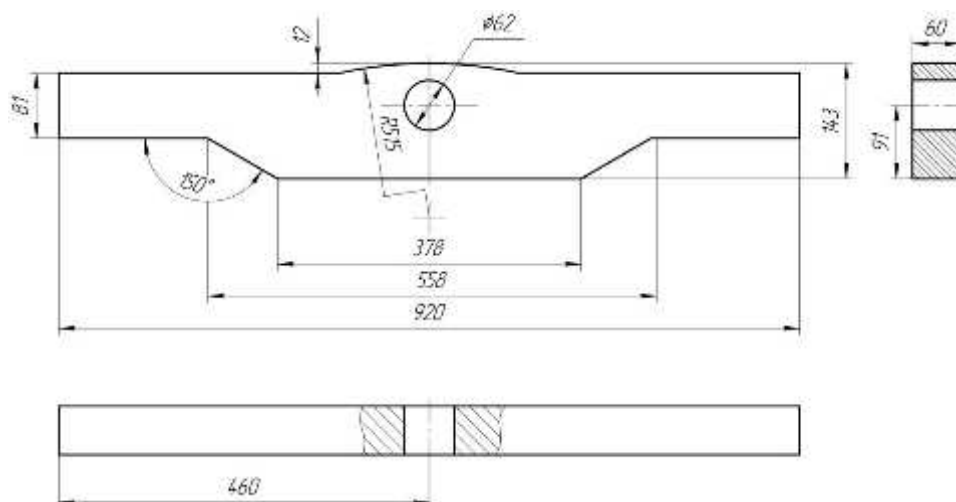


Рисунок 1.7 – Эскиз стенки торцевой

Эскиз стенки фланговой показан на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Эскиз стенки фланговой

Эскиз косынки показан на рисунке 1.9.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

13

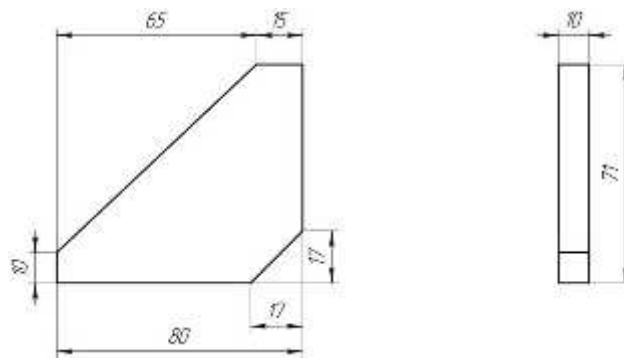


Рисунок 1.9 – Эскиз косынки

Эскиз накладки показан на рисунке 1.10.

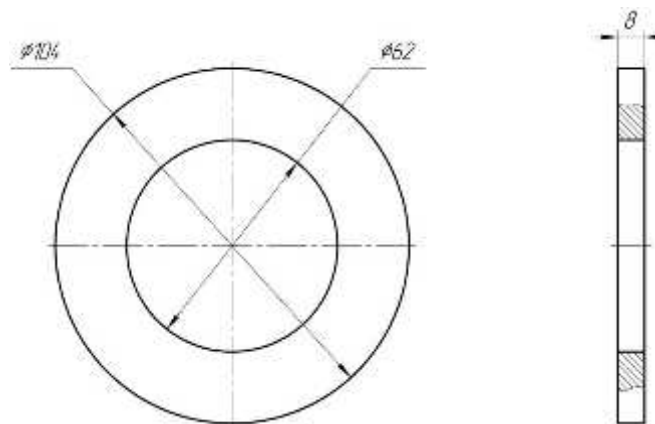


Рисунок 1.10 – Эскиз накладки

Эскиз листа опорного показан на рисунке 1.11.

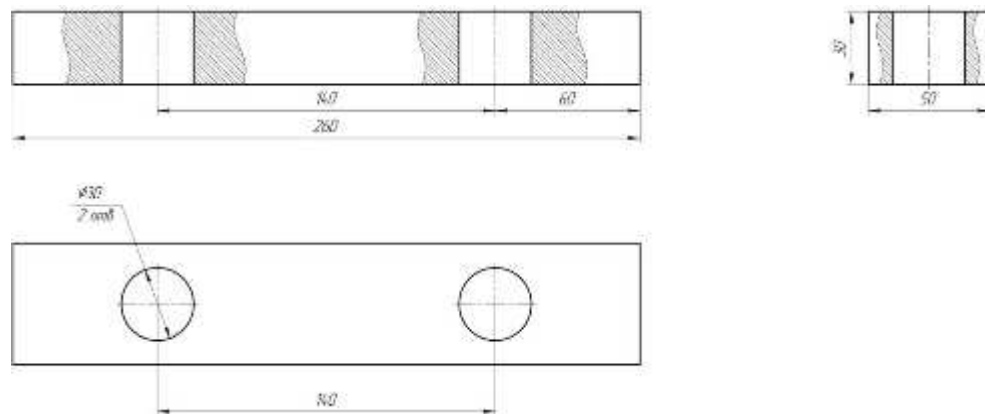


Рисунок 1.11 – Эскиз листа опорного

Указанные геометрические параметры деталей, составляющих рамку подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138, обеспечивают требуемый запас прочности при изготовлении и при эксплуатации.

## 1.2 Описание основного материала

Основным металлом для изготовления рамки фронтального погрузчика низколегированная низкоуглеродистая сталь перлитного класса марки 15ХСНД, которая поставляется в виде листового проката повышенной прочности толщиной 8, 10, 20, 30 и 60 мм. Требования к листовому прокату оговорены ГОСТ 19281-2014. Химический состав стали 15ХСНД приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 15ХСНД (согласно ГОСТ 19281-2014)

В процентах

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
						Не более	
0,12...0,18	0,4...0,7	0,4...0,7	0,6...0,9	0,3...0,6	0,2...0,4	0,035	

Механические свойства стали 15ХСНД приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 15ХСНД (по ГОСТ 19281-2014)

Толщина, мм	Класс прочности	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел временного сопротивления $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
		Не менее		
8...32	345	345	490	21
До 60 вкл.	325	325	450	21

Оценка возможности образования горячих трещин при сварке стали 15ХСНД производится в зависимости от теоретического эквивалентного содержания углерода. Данный параметр рассчитывается по следующей формуле

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{14} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где С, Мп, Si, Cr, V, Ni, Cu, P – массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора по результатам контрольного отбора пробы от плавки, %.

Учитывая, что в сертификатных данных приводятся данные по фактическому содержанию химических элементов, а в данном случае они отсутствуют, то расчет эквивалентного содержания углерода для стали 15ХСНД будем производить по максимальным значениям содержания химических элементов, приведенным в таблице 1.1.

Тогда, по формуле (1) получим, что

$$C_{\text{Э}} = 0,18 + \frac{0,7}{6} + \frac{0,7}{24} + \frac{0,9}{5} + \frac{0,6}{40} + \frac{0,4}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,57 \%$$

Так как  $C_{\text{Э}} = 0,57 \%$  превышает допустимое  $0,43\%$ , то для того, чтобы избежать появления горячих трещин, требуется применение предварительного подогрева. Температура предварительного подогрева перед сваркой рассчитывается по формуле

$$T_0 = 350 \cdot (|C|_{\text{Э}} - 0,25)^{0,5}, \quad (2)$$

где  $|C|_{\text{Э}}$  – эквивалент углерода полный, %.

Эквивалент углерода полный  $|C|_{\text{Э}}$  рассчитывается по следующей формуле

$$|C|_{\text{Э}} = |C|_{\text{Х}} + |C|_{\text{Р}}, \quad (3)$$

где  $|C|_{\text{Х}}$  – эквивалент углерода химический, %;

$|C|_{\text{Р}}$  – эквивалент углерода размерный, %.

Рассчитаем эквивалент углерода химический  $|C|_{\text{Х}}$  по следующей формуле

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$|C|_X = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}, \quad (4)$$

где С, Мп, Сг, Мо, Ni – массовые доли в стали углерода, марганца, хрома, молибдена, никеля по результатам контрольного отбора пробы от плавки, %.

Подставляя значения содержания химических элементов из таблицы 1.1 в формулу (4) получим, что эквивалент углерода химический  $|C|_X$

$$|C|_X = 0,18 + \frac{0,7+0,9}{9} + \frac{0,6}{18} = 0,39 \%$$

Рассчитаем эквивалент углерода размерный  $|C|_P$  по формуле

$$|C|_P = 0,005S|C|_X, \quad (5)$$

где S=60 – максимальная толщина соединяемых элементов, мм.

Тогда, по формуле (5) получим, что

$$|C|_P = 0,005 \cdot 60 \cdot 0,39 = 0,117 \%$$

Подставляя полученные значения  $|C|_X$  и  $|C|_P$  в формулу (3) получим, что полный эквивалент углерода  $|C|_Э$

$$|C|_Э = 0,39 + 0,117 = 0,507 \%$$

Следовательно, согласно формуле (2) температура предварительного подогрева  $T_0$

$$T_0 = 350 \cdot (0,507 - 0,25)^{0,5} = 177,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Таким образом, для упрощения дальнейших расчетов примем, что

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

минимальная температура предварительного подогрева при сварке стали 15ХСНД составляет 180 °С.

### 1.3 Описание применяемой технологии изготовления

Любая технология изготовления каких-либо изделий начинается с операции входного контроля. На данной операции контролируется металл, поставляемый в виде листового либо сортового или фасонного проката, для изготовления продукции. Входной контроля является одной из самых ответственных операций, так как от его качества зависит работоспособность изделий.

Детали, предназначенные для изготовления рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138, производятся из листового проката. В процессе входного контроля проверяются в первую очередь сертификатные данные на лист. Здесь производится сверка химического состава и механических свойств на соответствие требованиям ГОСТ 19281-2014. Геометрические параметры проката проверяются в соответствии с требованиями ГОСТ 19903-2015. Также в сертификате должно быть указание того, что на заводе-изготовителе листа проведен ультразвуковой контроль по всей поверхности с целью обнаружения внутренних дефектов типа расслой.

Также на операции входного контроля производится отбор образцов размером 300×300 мм от одного листа от каждой партии для того, чтобы подтвердить соответствие поставленного металла требованиям проекта.

Входной контроль производится на складе листового проката.

После прохождения операции входного контроля листовой прокат проходит операцию первичной очистки. Данная операция проводится на установке для проведения абразивоструйной очистки марки Siapro RC 2500×600, показанной на рисунке 1.12. Установка для проведения абразивоструйной очистки марки Siapro RC 2500×600 предназначена для очистки листового и профильного проката от окисной пленки, прокатной окалины, ржавчины, поверхностной коррозии и других видов загрязнений, влияющих как на качество поверхности, так и на

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

возможность определить недопускаемые дефекты.



Рисунок 1.12 – Установка абразивоструйной очистки марки Siapro RC 2500×600

Технические характеристики установки абразивоструйной очистки марки Siapro RC 2500×600 показаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики установки абразивоструйной очистки марки Siapro RC 2500×600

Характеристика	Значение
Максимальная ширина очищаемых листов, мм	2500
Максимальная высота очищаемых профилей, мм	600
Минимальная толщина листа, мм	5
Максимальная толщина листа, мм	60
Скорость проведения очистки, м/мин	0,7...1,3
Габаритные размеры установки, мм	6700×5000×6300

По окончании очистки каждый лист проходит операцию контроля поверхности. Она проводится на специальном стенде. Осмотренный и признанный годным лист направляют на следующие операции. Листы с





После резки на участке слесарной обработки детали очищают от шлака и графа шлифовальными машинками и притупляют острые кромки, а также зачищают заусенцы.

Подготовленные детали комплектом отправляют на участок сборки и сварки. Сборка осуществляется на специальном столе. Эскиз сборочного стола показан на рисунке 1.14.

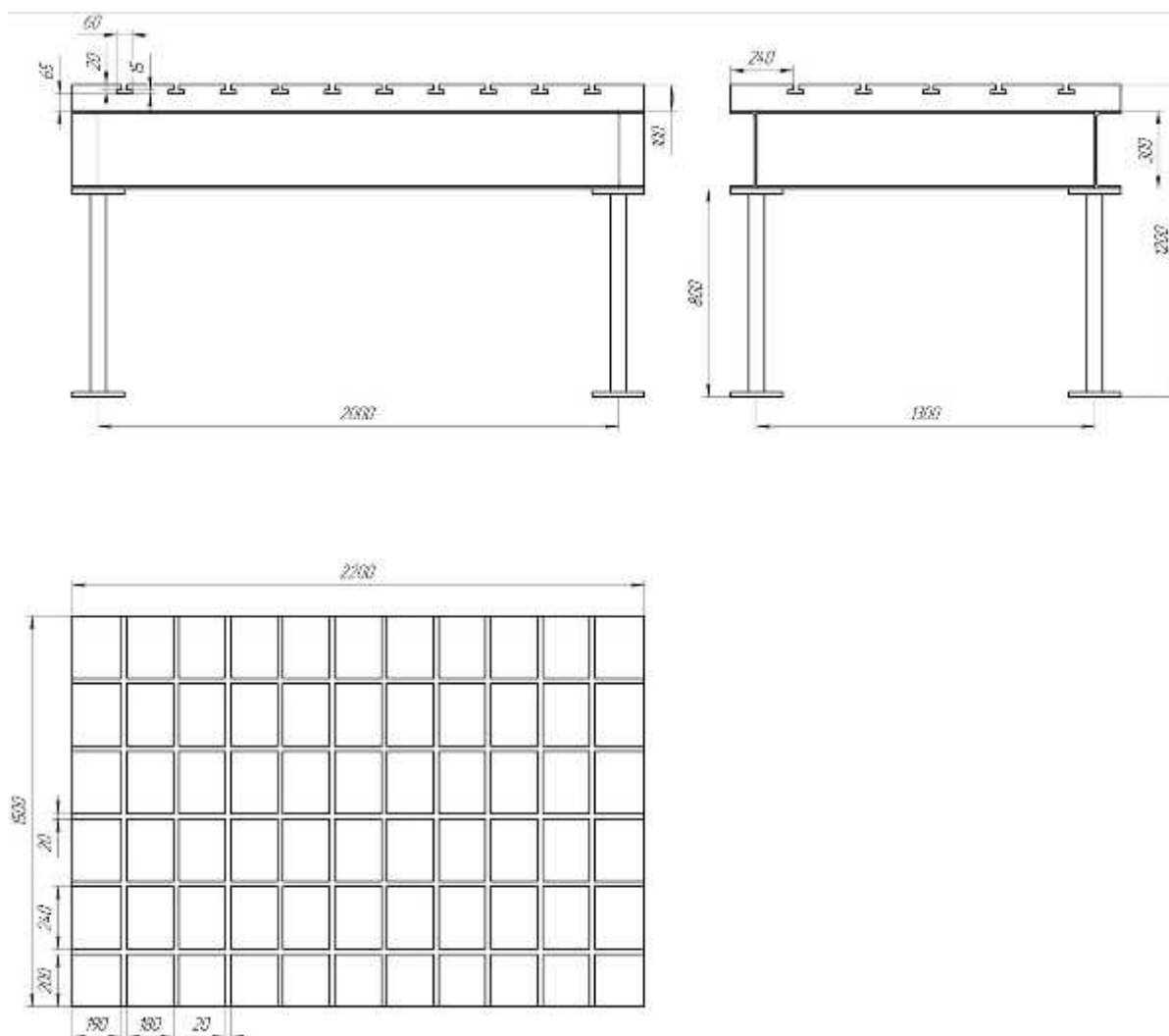


Рисунок 1.14 – Эскиз сборочного стола

Фиксация элементов сборки между собой осуществляется при помощи прихваток. Прихватки варятся теми же сварочными материалами, что и основные швы.

В первую очередь, на сборочный стол устанавливаются по ранее выставленным упорам лист левый и лист правый (детали поз. 1 и 2 соответственно). Далее они прижимаются к столу при помощи механических

прижимов.

После этого, на лист правый и левый устанавливаются стенки торцевые (детали поз. 3). Сборка производится по заранее выставленным упорам. Производится проверка размеров и варятся прихватки. Длина каждой прихватки не менее 50 мм с катетом не менее 5 мм. Количество прихваток не менее двух на каждый сегмент сборки.

Далее собранный узел проходит операционный передел сборки со стенками фланговыми (детали поз. 4). Производится вручную выставление размера для сборки, контроль его и варятся прихватки. Длина каждой прихватки не менее 50 мм с катетом не менее 5 мм. Количество прихваток не менее трех с каждой стороны сборки. При этом, прихватки устанавливаются также с торцевой части стыка деталей поз. 3 и поз. 4.

Режимы сварки прихваток представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Режимы сварки прихваток

$I_{св}, А$	$d_{эл}, мм$	$U_{д}, В$
150...170	1,2	26...28

После выставления всех требуемых размеров, узел отправляют на сварку. Сварка производится на сварочном столе. Крепление узла к сварочному столу осуществляется при помощи болтов и гаек, которые устанавливаются в отверстия стола, вырезанные по заранее установленным размерам узла. Эскиз стола сварочного показан на рисунке 1.15.

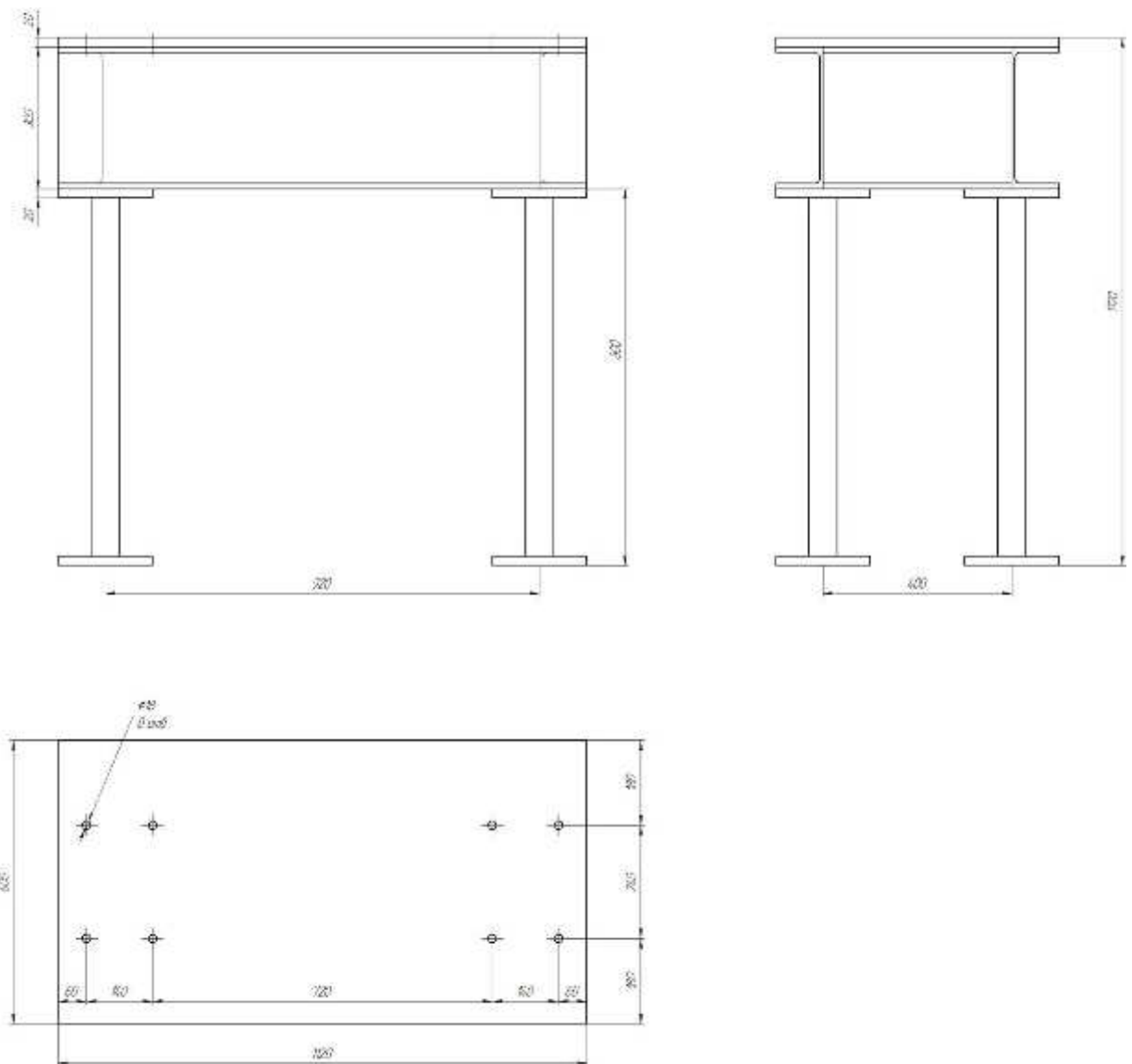


Рисунок 1.15 – Эскиз стола сварочного

В первую очередь производится сварка швов №4 и №6 приварки стенок торцевых к стенкам фланговым. Шов №4 варится за один проход, шов №6 варится за два прохода. Параметры режима сварки швов №4 показаны в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Параметры режимов сварки швов №4

$I_{CB}, A$	$U_{Д}, B$	$d_{Э}, мм$	$V_{CB}, см/с$
220...250	25...28	1,2	0,3

Параметры режима сварки швов №6 показаны в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Параметры режимов сварки швов №6

Проход	$I_{CB}, A$	$U_D, B$	$d_{Э}, мм$	$V_{CB}, см/с$
Первый	220...250	25...28	1,2	0,3
Второй	250...280	28...33	1,2	0,2

Схема сварки швов №4 и №6 показана на рисунке 1.16.

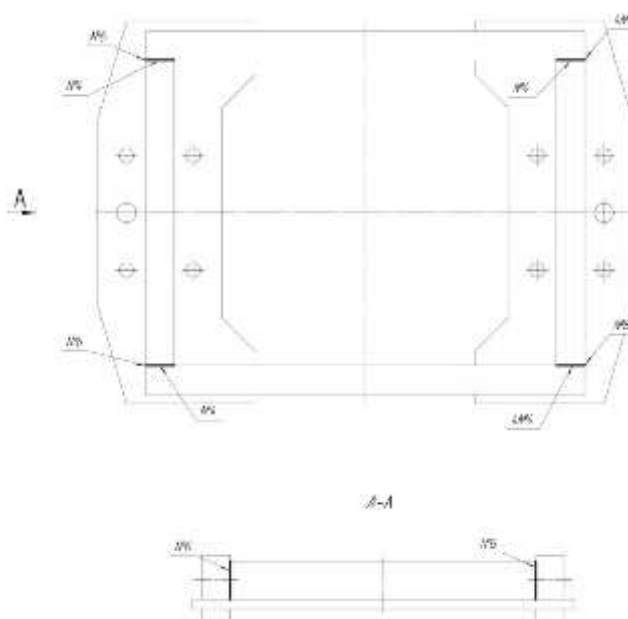


Рисунок 1.16 – Схема сварки швов №4 и №6

Затем начинается сварка швов №2 на участке приварки стенок торцевых к листу левому и листу правому с наружной стороны. Сварка производится в порядке «крест-накрест» согласно схеме, приведенной на рисунке 1.17.

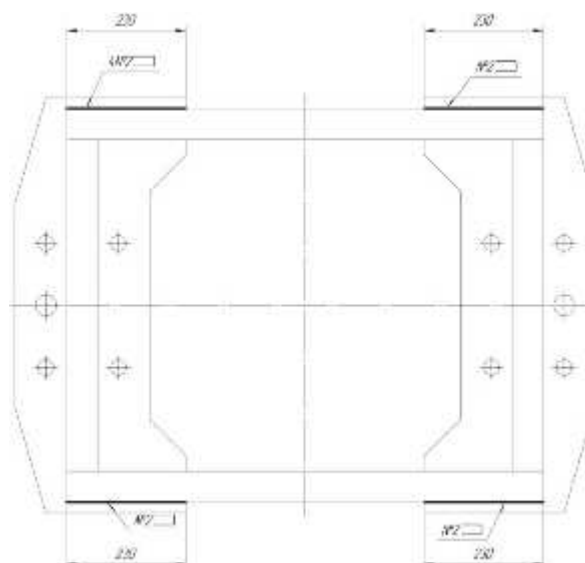


Рисунок 1.17 – Схема сварки швов №2 с наружной стороны

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

24

Каждый участок шва варится за 2 прохода. Параметры режимов сварки швов №2 представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Параметры режимов сварки швов №2

Проход	$I_{CB}$ , А	$U_{Д}$ , В	$d_{Э}$ , мм	$V_{CB}$ , см/с
Первый	220...250	25...28	1,2	0,3
Второй	250...280	28...33	1,2	0,2

После этого производится сварка швов №2 с внутренней стороны. При этом свариваются стенки фланговые и стенки торцевые.

Далее производится сварка швов №3 приварки стенок фланговых к листам левому и правому с наружной стороны. Шов разбивается на три участка согласно схеме, показанной на рисунке 1.18. Сварка производится в порядке «крест-накрест».

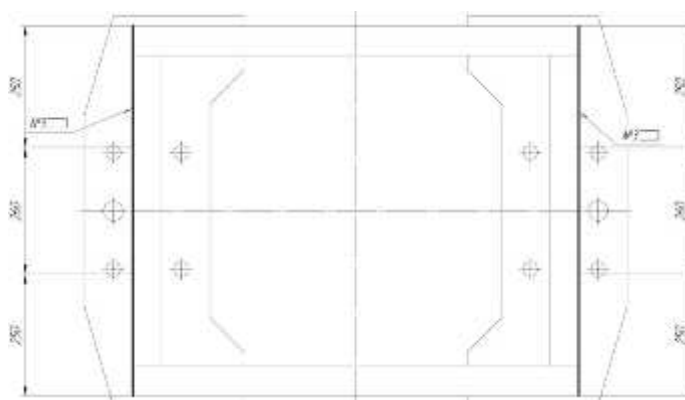


Рисунок 1.18 – Схема сварки шва №3 с наружной стороны

Каждый участок шва варится за 2 прохода. Параметры режимов сварки швов №3 представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Параметры режимов сварки швов №3

Проход	$I_{CB}$ , А	$U_{Д}$ , В	$d_{Э}$ , мм	$V_{CB}$ , см/с
Первый	220...250	25...28	1,2	0,3
Второй	250...280	28...33	1,2	0,2

После этого начинается обварка швов внутри узла. При сварке внутри узла применяется шов №3. Схема сварки швов №3 показана на рисунке 1.19.

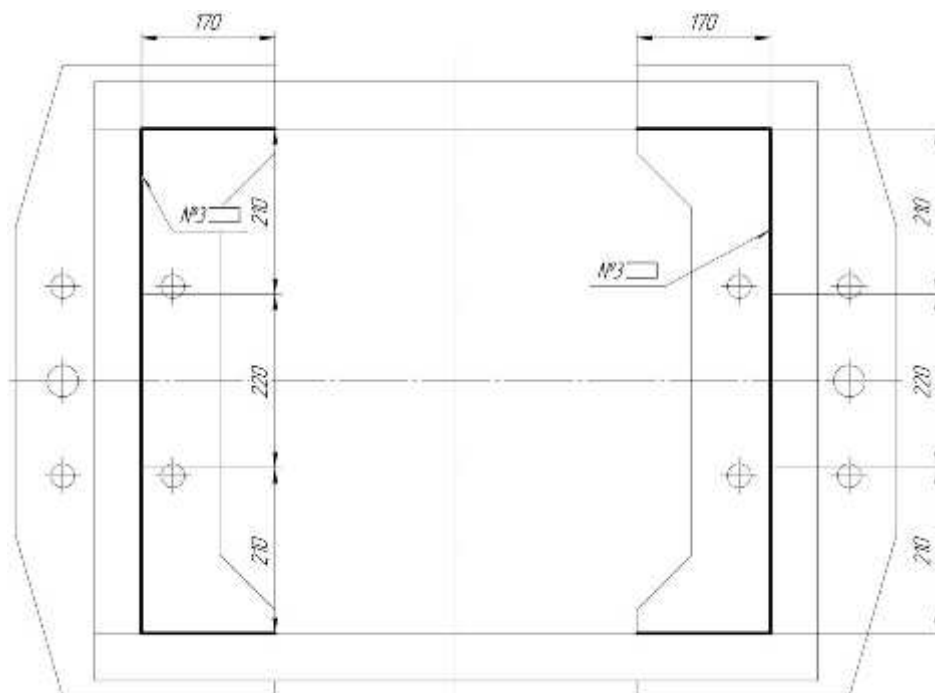


Рисунок 1.19 – Схема сварки швов №3 внутри узла

Шов разбивается на пять участков. Сварка производится в порядке «крест-накрест». Каждый участок шва варится за 2 прохода. Параметры режимов сварки шва №3 представлены в таблице 1.9.

После сварки указанных выше швов начинается второй этап сборки. На данном этапе, в первую очередь, производится переворот узла на  $180^\circ$  и начинается сборка листа правого и листа левого с листом опорным (деталь поз. 7). После установления листов опорных по требуемым геометрическим размерам варятся прихватки. Длина каждой прихватки не менее 10 мм с катетом не менее 3 мм. Затем производится сварка. При сварке листов правого и левого с листами опорными применяется шов №3. Параметры режима сварки швов №3 показаны в таблице 1.9. Схема сварки швов №3 показана на рисунке 1.20.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

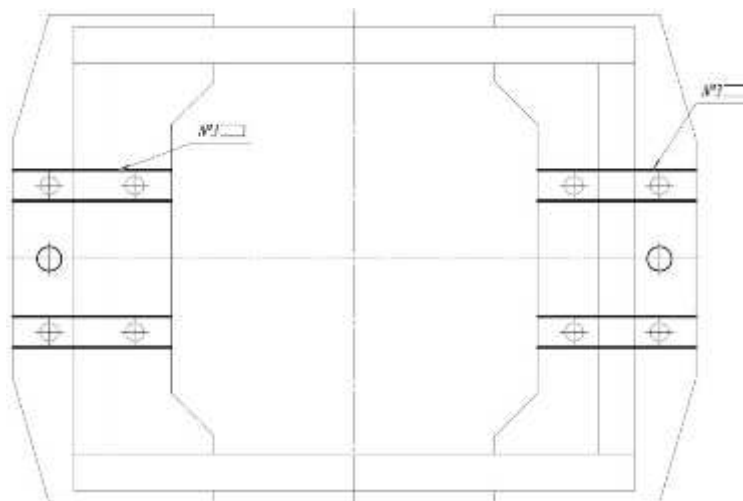


Рисунок 1.20 – Схема сварки швов №3

После приварки листов опорных узлов заново переворачивается на  $180^\circ$  и производится сборка косынок (деталь поз. 5). После сборки косынок варятся прихватки длиной не менее 10 мм с катетом не менее 3 мм в двух плоскостях. Затем производится сварка швов №5. Параметры режима сварки швов №5 представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Параметры режимов сварки швов №5

$I_{CB}, A$	$U_D, B$	$d_Э, мм$	$V_{CB}, см/с$
250...280	28...33	1,2	0,3

По завершении сварки швов №5 приварки косынок начинается третий этап сборки. На данном этапе производится сборка накладок (деталь поз. 6) со стенкой торцевой. В начале, узел поворачивается на угол  $90^\circ$  так, чтобы первая накладка, которая находится внутри, оказалась в нижнем положении. При помощи оси устанавливается накладка. Ставятся две прихватки по 15 мм длиной с катетом 3 мм. Затем производится сварка шва №1. Параметры режима сварки шва №1 показаны в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Параметры режимов сварки швов №5

$I_{CB}, A$	$U_D, B$	$d_Э, мм$	$V_{CB}, см/с$
240...270	28...33	1,2	0,3

После сварки первой накладки узел поворачивается на  $180^\circ$  и повторяется

предыдущая операция.

При сборке и при сварке применяется сварочный инверторный полуавтомат марки Unistep 3000, представленный на рисунке 1.21.



Рисунок 1.21 – Инверторный полуавтомат марки Unistep 3000

Технические характеристики сварочного аппарата Unistep 3000 приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Технические характеристики аппарата Unistep 3000

Характеристика	Значение
Источник питания	
Пределы регулирования сварочного тока, А	30...330
Напряжение холостого хода, В	43
Сетевое напряжение, В	3×380
Потребляемая из сети мощность, кВА	15,9
Габаритные размеры, мм	910×500×750
Вес, кг	88
Блок подачи проволоки	
Диаметр проволоки, мм	1,0...1,2
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,5...18
Сетевое напряжение, В	3×400
Мощность, Вт	90
Габаритные размеры, мм	600×220×440
Вес, кг	17,5



Рамка задней подвески изготавливается при помощи механизированной сварки в среде защитных газов. В качестве защитной среды используется чистая углекислота CO<sub>2</sub>.

В качестве присадочного материала применяется сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, поставляемая согласно ГОСТ 2246-70. Химический состав проволоки Св-08Г2С приведен в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

В процентах

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			Не более			
0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	0,2	0,25	0,025	0,03

Механические свойства шва, наплавленного проволокой Св-08Г2С, показаны в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Механические свойства шва, наплавленного проволокой Св-08Г2С

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Не менее		
464	580	26

При сварке любыми сварочными материалами в сварном шве возможно образование горячих трещин. Поэтому, для того, чтобы оценить склонность сварного соединения к образованию горячих трещин воспользуемся следующей формулой

$$HCS = \frac{C \left( S + P + \frac{Si}{25} + 0,01Ni \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (6)$$

где C, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – процентное содержание химических элементов

в сварочной проволоке, %.

Тогда, по формуле (6)

$$HCS = \frac{0,11 \cdot \left( 0,025 + 0,03 + \frac{0,95}{25} + 0,01 \cdot 0,25 \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 2,1 + 0,2} = 1,6 \text{ ед.}$$

Так как  $1,6 < 4$ , то сварное соединение не имеет склонности к образованию горячих трещин.

После сварки узел передается на участок слесарной очистки. Здесь производится очистка изделия от шлака и брызг расплавленного металла. После этого производится контроль качества сварных швов и геометрии рамки.

В качестве методов контроля качества используется визуально-измерительный контроль и ультразвуковой контроль.

Полностью сваренное изделие изготавливается в течение 413 минут персоналом в количестве:

- слесарь-зачистник – 2 человека;
- сборщик металлоконструкций – 2 человека;
- электросварщик – 2 человека.

Существующий вариант технологии изготовления позволяет выпускать продукцию в количестве 500 шт в год.

#### 1.4 Анализ технологии изготовления

При проведении анализа технологии изготовления рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138 были выявлены следующие факторы, которые негативно влияют на производительность и качество сварных соединений:

- сборка изделия осуществляется в несколько этапов, что снижает производительность;
- применение механизированной сварки сварочным полуавтоматом;

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ				

- неудобство сварки швов, находящихся внутри рамки;
- малый диаметр сварочной проволоки;
- отсутствие жесткого закрепления свариваемого изделия, что приводит к недопустимым остаточным деформациям;
- переворот изделия и поворот осуществляется при помощи грузоподъемного крана, что влечет за собой опасность получить вред здоровью персонала, а также снижение производительности.

Для того, чтобы устранить вышеуказанные факторы, которые негативно влияют на производительность и на качество сварных швов предлагается улучшить производство за счет применения следующих корректирующих мероприятий:

- изменить порядок сборки, уменьшив при этом количество этапов, что позволит повысить производительность;
- применить роботизированную сварку взамен механизированной. Тогда увеличится скорость сварки, уменьшится количество образовавшихся дефектов;
- заменить сварочный стол на сварочный позиционер. Это позволит уменьшить время на поворот изделия и придание ему требуемого пространственного положения;
- заменить сварочную проволоку марки Св-08Г2С на порошковую проволоку и пересчитать режимы сварки. Это позволит увеличить производительность, а также повысить прочностные характеристики сварных швов;
- для сварки в позиционере разработать переходную рамку, которая компенсирует остаточные деформации при сварке.

Выводы по разделу 1:

В разделе 1 описывается технология изготовления рамки заднего моста фронтального погрузчика В-138. Рассмотрено применяемое оборудование, порядок проведения сборки и сварки. Также рассмотрена применяемая оснастка. По результатам анализа были выявлены недостатки применяемой технологии и предложены практические рекомендации их устранения.

											Лист
											31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

## 2 ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

### 2.1 Описание предлагаемой технологии

В предлагаемой технологии изготовления акцент при повышении качества и производительности ставится на операциях сборки и сварки. Поэтому, варианты улучшения технологии изготовления за счет замены заготовительного оборудования не рассматриваются. Таким образом, заготовительные операции остаются прежними с существующим оборудованием и описание предлагаемого варианта технологии изготовления начинается с комплектации на участке сборки.

На участке сборки заготовленные и принятые детали комплектуются в соответствии с требованиями КД. Сборка осуществляется на сборочном столе, показанном на рисунке 1.14. Элементы сборки фиксируются между собой прихватками.

Сборка осуществляется в два этапа. Порядок сборки первого этапа следующий:

– на сборочный стол устанавливаются по ранее выставленным упорам лист левый и лист правый. После этого они прижимаются к столу при помощи механических прижимов;

– на лист правый и левый ставятся стенки торцевые и фланговые. Варятся прихватки. Длина каждой прихватки не менее 50 мм с катетом не менее 5 мм. Количество прихваток не менее двух на каждый сегмент сборки. Режимы сварки прихваток показаны в таблице 1.5;

– по окончании сборки узел раскрепляется от упоров и зажимов и переворачивается на 180°. После по отверстиям при помощи «пальцев» устанавливаются листы опорные. Варятся прихватки длиной не менее 10 мм с катетом не менее 3 мм. Количество прихваток не менее двух с каждой стороны.

Затем узел заново переворачивают на 180° и устанавливают на переходную рамку, предназначенную для закрепления собранного узла на планшайбе позиционера. Описание рамки представлено в разделе 3.

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					

После того, как собранный узел закреплен на рамке, он вместе с ней устанавливается на планшайбу позиционера, в котором будет производиться процесс сварки. Описание позиционера представлено в разделе 3.

Порядок сварки швов следующий:

– сварка швов №4 и №6 приварки стенок торцевых к стенкам фланговым.

Схема сварки швов №4 и №6 показана на рисунке 1.16;

– сварка швов №2 на участке приварки стенок торцевых к листу левому и листу правому с наружной стороны. Сварка производится в порядке «крест-накрест» согласно схеме, приведенной на рисунке 1.17;

– сварка швов №2 приварки стенок фланговых к стенкам торцевым. Сварка производится в нижнем положении, которое обеспечивает позиционер;

– сварка швов №3 приварки стенок фланговых к листам левому и правому с наружной стороны. Сварка производится согласно схеме, показанной на рисунке 1.18;

– сварка швов №3 приварки между собой листа левого со стенками и листа правого со стенками внутри узла. Схема сварки швов №3 показана на рисунке 1.19.

Порядок сборки на втором этапе:

– сборка косынок. Фиксация сборки косынок производится прихватками длиной не менее 10 мм с катетом не менее 3 мм в двух плоскостях;

– сборка накладок со стенкой торцевой. Фиксация сборки накладок со стенкой торцевой производится прихватками длиной не менее 15 мм с катетом 3 мм.

После сборки второй накладки производится ее сварка швом №1. Сварка производится в нижнем положении. В этом же положении производится сварка косынок швами №5. После сварки узел поворачивается в позиционере и варятся швы №1 приварки второй накладки к стенке торцевой и швы №5 приварки косынок с другой стороны.

По окончании сварки узел снимается с позиционера. Затем производится демонтаж переходной рамки. После этого варятся швы №3 приварки листов опорных к листу левому и листу правому согласно схеме, приведенной на

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					

рисунке 1.20.

Окончательно сваренный узел отправляется на участок слесарной обработки для зачистки и для контроля качества.

Таким образом, при изменении порядка сборки наблюдается снижение количества дополнительных операций, что в итоге, приводит к повышению производительности.

## 2.2 Пояснение по выбору способа сварки

Изготовление рамки возможно осуществлять двумя способами:

- сварка под слоем флюса;
- сварка в среде защитных газов.

При сварке под флюсом наблюдается более высокая производительность по сравнению со сваркой в защитных газах, стабильное качество сварного шва, малый расход электродного металла и электроэнергии и хорошие условия труда. Производительность при сварке под флюсом увеличивается путем применения повышенных токов и большей плотности тока в электроде. Увеличение величины и плотности тока достигается из-за наличия плотного слоя флюса, защищающего сварочную ванну. Предотвращение выдувания жидкого металла из сварочной ванны уменьшает потери на угар и разбрызгивание до величины 1-3 %.

При сварке под флюсом отсутствует необходимость зачистки поверхности свариваемых деталей от капель расплавленного металла. Надежная защита сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха, однородность металла шва по химическому составу, улучшение формирования шва и сохранения постоянства его размеров обеспечивают хорошее качество сварного соединения. Это также позволяет уменьшить вероятность образования таких дефектов, как непровары, подрезы и др.

Основными недостатками при сварке под флюсом являются:

- точность сборки деталей должна быть с минимальными допусками;
- мало применяется при сварке деталей малых толщин (3-6 мм);

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- процесс стабилен только в нижнем положении;
- большое тепловложение в свариваемое изделие.

Процесс сварки в среде защитных газов характеризуется меньшей производительностью по сравнению с процессом сварки под слоем флюса. Но, для производства остается достаточно высокой. Производительность повышается путем автоматизации процесса. Для лучшей защиты сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха применяется смесь газов: углекислота с аргоном, углекислота с аргоном и кислородом, углекислота с гелием, гелий с аргоном. Различные сочетания предназначены для различных условий и зависят также от стоимости.

Достоинствами сварки в среде защитных газов являются:

- выполнение процесса во всех пространственных положениях;
- высокая производительность;
- лучшие условия труда;
- простота оборудования.

Из-за вышеуказанных особенностей, сварка в среде защитных газов является наиболее лучшим вариантом при сварке рамки.

### 2.3 Выбор сварочных материалов

Для увеличения производительности и для повышения прочностных характеристик сварных швов рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138 заменим существующую сварочную проволоку марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм на порошковую проволоку.

В настоящее время, на рынке сварочных материалов присутствует огромное количество порошковых проволок, предназначенных для различных областей промышленности. Правильный выбор порошковой проволоки позволяет получить требуемые прочностные и технологические характеристики сварного соединения.

Рассмотрим следующие марки порошковой проволоки отечественных производителей, наиболее подходящие для сварки:

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- проволока марки ПП-АН18 диаметром 2 мм;
- проволока марки ПП-АН19С диаметром 2 мм;
- проволока марки ПП-АН20 диаметром 2 мм.

Порошковая проволока марки ПП-АН18 диаметром 2 мм предназначена для сварки конструкций из малоуглеродистой и низколегированной стали, которые эксплуатируются в условиях динамического нагружения. Сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности. Химический состав проволоки ПП-АН18 представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки ПП-АН18

В процентах

C	Si	Mn	S	P
0,09...0,11	0,25...0,35	1,3...1,4	0,02...0,027	0,021...0,027

Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН18, показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН18

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Не менее		
510	620	22

Склонность сварного соединения к образованию горячих трещин при сварке проволокой ПП-АН18 определяется по формуле (6)

$$HCS = \frac{0,11 \cdot \left(0,027 + 0,027 + \frac{0,35}{25}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,4} = 1,8 \text{ ед.}$$

Так как  $1,8 < 4$ , то сварное соединение не имеет склонности к образованию горячих трещин.



Порошковая проволока марки ПП-АН19С диаметром 2 мм предназначена для автоматической сварки конструкций из низколегированной стали, которые эксплуатируются в условиях динамического нагружения. Сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности. Химический состав проволоки ПП-АН19С представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Химический состав проволоки ПП-АН19С

В процентах

C	Si	Mn	Ni	Mo	S	P
0,08...0,11	0,33...0,5	1,1...1,3	0,5...0,6	0,25...0,4	0,02...0,03	0,015...0,03

Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН19С, показаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН19С

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Не менее		
490	590	23

Склонность сварного соединения к образованию горячих трещин при сварке проволокой ПП-АН19С определяется по формуле (6)

$$HCS = \frac{0,11 \cdot \left( 0,03 + 0,03 + \frac{0,5}{25} + 0,01 \cdot 0,6 \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,3 + 0,4} = 2,2 \text{ ед.}$$

Так как  $2,2 < 4$ , то сварное соединение не имеет склонности к образованию горячих трещин.

Порошковая проволока марки ПП-АН20 диаметром 2 мм предназначена для автоматической сварки конструкций из низколегированной стали, которые эксплуатируются в условиях динамического нагружения. Сварка выполняется на

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

постоянном токе обратной полярности. Химический состав проволоки ПП-АН20 представлен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Химический состав проволоки ПП-АН20

В процентах

C	Si	Mn	S	P
0,08...0,11	0,3...0,5	1,3...1,6	0,016...0,026	0,015...0,02

Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН20, показаны в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Механические свойства металла шва, наплавленного проволокой ПП-АН20

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Не менее		
490	600	23

Склонность сварного соединения к образованию горячих трещин при сварке проволокой ПП-АН20 определяется по формуле (6)

$$HCS = \frac{0,11 \cdot \left(0,026 + 0,02 + \frac{0,5}{25}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,6} = 1,5 \text{ ед.}$$

Так как  $1,5 < 4$ , то сварное соединение не имеет склонности к образованию горячих трещин.

Рассмотрев три различные марки сварочной порошковой проволоки можно сделать вывод о том, что наиболее подходящей является проволока марки ПП-АН20, так как при сварке этой проволокой наблюдается наименьшая вероятность образования горячих трещин. Также механические свойства и предназначение данной проволоки обосновывают правильность ее применения при сварке рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138.

## 2.4 Расчет режимов сварки

### 2.4.1 Расчет режимов сварки шва №1

Тип шва Н1 согласно ГОСТ 14771-76 с катетом 6 мм. Общий вид сварного шва №1 показан на рисунке 2.1.

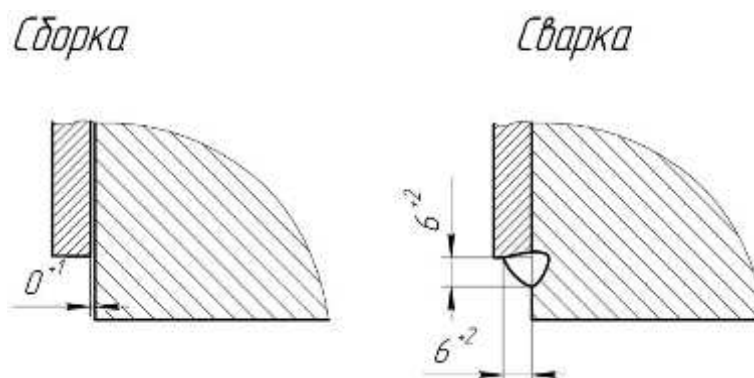


Рисунок 2.1 – Общий вид сварного шва №1

Вылет электродной проволоки примем равным 20 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности.

Определим площадь наплавленного металла по формуле

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

где  $K = 6$  – величина катета сварного шва, мм.

Тогда, по формуле (7) получим, что

$$F_H = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, сварка шва №1 ведется за один проход.

Сила сварочного тока выбирается в зависимости от диаметра проволоки и от плотности сварочного тока. Примем, что для диаметра проволоки 2 мм сила сварочного тока составляет 400 А.

Определим плотность сварочного тока по формуле

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 400}{3,14 \cdot 2^2} = 127,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (8)$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке нахлесточного шва плотность сварочного тока находится в интервале 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1, \text{ В}, \quad (9)$$

где  $d_{\text{Э}} = 2$  – диаметр электродной проволоки, мм;

$I_{\text{СВ}} = 400$  – сила сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (9) получим, что

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 400 \pm 1 \approx 34,1 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле

$$V_{\text{СВ}} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_{\text{Н}}} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (10)$$

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

$F_{\text{Н}} = 0,18$  – площадь наплавленного металла, см<sup>2</sup>;

$F_{\text{Э}} = 0,031$  – площадь сечения электрода, см<sup>2</sup>.

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

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (11)$$

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

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,031$  – площадь сечения электродной проволоки, см<sup>2</sup>;

$\gamma = 7,85$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>.

Определим коэффициент расплавления по формуле

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p, \quad (12)$$

где  $\alpha'_p$  – составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

$\Delta\alpha_p$  – составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

Составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_p$  при постоянном токе обратной полярности имеет значение  $11,6 \pm 0,4$  г/Ач.

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_p$  определяется из условия

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{\text{СВ}}}, \quad (13)$$

где  $Q_{\text{ПП}}$  – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;

$q_{\text{Э}} = 325$  – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки, кал/г.

Рассчитаем значение  $Q_{\text{ПП}}$  по следующей формуле

$$Q_{\text{ПП}} = 0,1884 j^2 \rho_0 d_{\text{Э}}^2 \left( \frac{V_{\text{Э}}}{a \alpha \beta} (e^{-p_2 l} - 1) - \frac{\alpha (T_{\text{ПЛ}} - T_0)}{p_1} \right), \quad (14)$$

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

где  $j = 12740$  – плотность тока в электроде,  $A/cm^2$ ;

$\rho_0 = 0,000014$  – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов,  $Om/cm$ ;

$d_{\text{Э}} = 0,2$  – диаметр электродной проволоки,  $cm$ ;

$V_{\text{Э}}$  – условная скорость подачи электрода,  $cm/c$ ;

$a = 0,08$  – коэффициент температуропроводности,  $cm^2/c$ ;

$\alpha = 0,0083$  – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры,  $^{\circ}C^{-1}$ ;

$\beta$  – коэффициент, ед;

$l = 2$  – вылет электродной проволоки,  $cm$ ;

$T_{\text{пл}} = 1500$  – температура плавления проволоки,  $^{\circ}C$ ;

$T_0 = 20$  – начальная температура проволоки,  $^{\circ}C$ ;

$r_1$  и  $r_2$  – коэффициенты, ед.

Определим коэффициент  $\beta$  по следующей формуле

$$\beta = \frac{0,24j^2\rho_0}{a\gamma} = \frac{0,24 \cdot 12740^2 \cdot 0,000014}{0,08 \cdot 1,25} = 5454 \text{ ед.} \quad (15)$$

где  $\gamma = 1,25$  – объемная теплоемкость,  $cal/cm^3$ .

Определим условную скорость подачи проволоки по формуле

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha_r I_{\text{CB}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 11,6 \cdot 400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 0,2^2} = 5,229 \text{ см/с.} \quad (16)$$

Определим коэффициенты  $r_1$  и  $r_2$  исходя из условия

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{5,229}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{5,229^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 5454} = -64,7 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{5,229}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{5,229^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 5454} = -0,7 \text{ ед.} \end{cases} \quad (17)$$

Тогда, по формуле (14) получим, что

$$Q_{\text{III}} = 0,1884 \cdot 12740^2 \cdot 0,000014 \cdot 0,2^2 \cdot \left( \frac{5,229}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 5454} (e^{-0,7 \cdot 2} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-64,7} \right) = 78,8 \text{ кал.}$$

Следовательно, по формуле (13)

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 78,8}{325 \cdot 400} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Тогда, по формуле (12) коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 11,6 + 2,2 = 13,8 \text{ г/Ач.}$$

Следовательно, по формуле (11) получим, что скорость подачи  $V_{\text{ПОД}}$

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{13,8 \cdot 400}{3600 \cdot 0,031 \cdot 7,85} = 6,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Тогда, по формуле (10) получим, что скорость сварки  $V_{\text{СВ}}$

$$V_{\text{СВ}} = \frac{6,3}{0,18} \cdot 0,031 = 1,1 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем погонную энергию при сварке по формуле

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24U_{\text{Д}}I_{\text{СВ}}\eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (18)$$

где  $\eta=0,85$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Тогда, по формуле (18) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 34,1 \cdot 400 \cdot 0,85}{1,1} = 2530 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Для стали 15ХСНД скорость охлаждения металла в околошовной зоне при наименьшей устойчивости аустенита имеет интервал 1,8 – 9,0 °С/с.

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_{\text{М}} - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{\text{°С}}{\text{с}}, \quad (19)$$

где  $\bar{\omega}$  – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$  – коэффициент теплопроводности, кал/см с °С;

$T_{\text{М}} = 500$  – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С;

$T_0 = 180$  – начальная температура изделия, °С;

$k_1 = 2/3$  – коэффициент приведения для нахлесточного шва, ед.

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле

$$\frac{1}{\bar{\theta}} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c\gamma(T_{\text{М}} - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3876}{3 \cdot 3,14 \cdot (6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 0,114. \quad (20)$$

где  $c\gamma = 1,25$  – объемная теплоемкость, кал/см<sup>3</sup>°С;

$k_2 = 1$  – коэффициент приведения для нахлесточного шва, ед.

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



При значении безразмерного критерия 0,114 величина  $\bar{\omega}=1$ .

Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega=1\cdot 2\cdot 3,14\cdot 0,1\cdot \frac{3\cdot(500-180)^2}{2\cdot 3876}=24,9\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения не входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД, следовательно, требуется увеличить температуру предварительного подогрева. Примем, что она составляет 320°C. Тогда, по формуле (20) получим, что

$$\frac{1}{\theta}=\frac{2\cdot 2\cdot 3876}{3\cdot 3,14\cdot(6\cdot 1)^2\cdot 1,25\cdot(500-320)}=0,203.$$

При значении безразмерного критерия 0,203 величина  $\bar{\omega}=1$ .

Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega=1\cdot 2\cdot 3,14\cdot 0,1\cdot \frac{3\cdot(500-320)^2}{2\cdot 3876}=7,9\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в указанный интервал для стали 15ХСНД.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 2.4.2 Расчет режимов сварки шва №2

Шов №2 нестандартный. Сварка производится в среде защитных газов. Общий вид сварного шва №2 показан на рисунке 2.2.

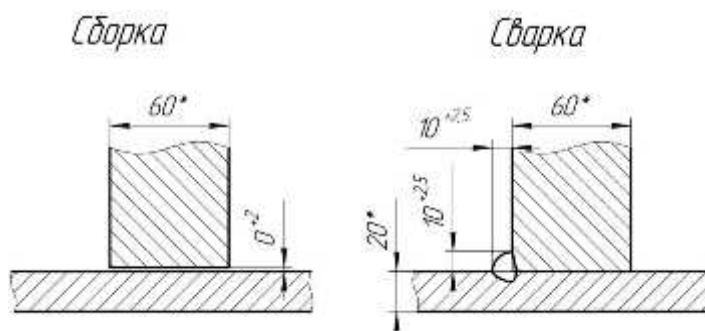


Рисунок 2.2 – Общий вид сварного шва №2

Вылет электродной проволоки принимается равным 25 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности. Площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (7) и составляет

$$F_H = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2.$$

Сварку шва №2 будем вести за один проход в положении в симметричную «лодочку». Примем, что для диаметра проволоки 2 мм сила сварочного тока составляет 450 А.

Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_3^2} = \frac{4 \cdot 450}{3,14 \cdot 2^2} = 143,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке таврового шва плотность сварочного тока находится в интервале 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 450 \pm 1 \approx 35,9 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_p = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 5,883 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 6899,7 \text{ ед}$ ;
- коэффициент  $p_1 = -72,75 \text{ ед}$ ,  $p_2 = -0,787 \text{ ед}$ ;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 110,1 \text{ кал}$ ;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_p = 2,71 \text{ г/Ач}$ ;
- коэффициент расплавления  $\alpha_p = 14,31 \text{ г/Ач}$ ;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 7,4 \text{ см/с}$ ;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,46 \text{ см/с}$ .

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 35,9 \cdot 450 \cdot 0,85}{0,46} = 7164 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (19) с учетом формулы (20). Так, по формуле (20)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10990}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 2,92.$$

При значении безразмерного критерия 2,92 величина  $\bar{\omega}$  рассчитывается по формуле

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 2,92} = 0,218.$$

Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega = 0,218 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 180)^2}{2 \cdot 10990} = 1,9 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

#### 2.4.3 Расчет режимов сварки шва №3

Шов №3 нестандартный. Сварка производится в среде защитных газов. Общий вид сварного шва №3 показан на рисунке 2.3.

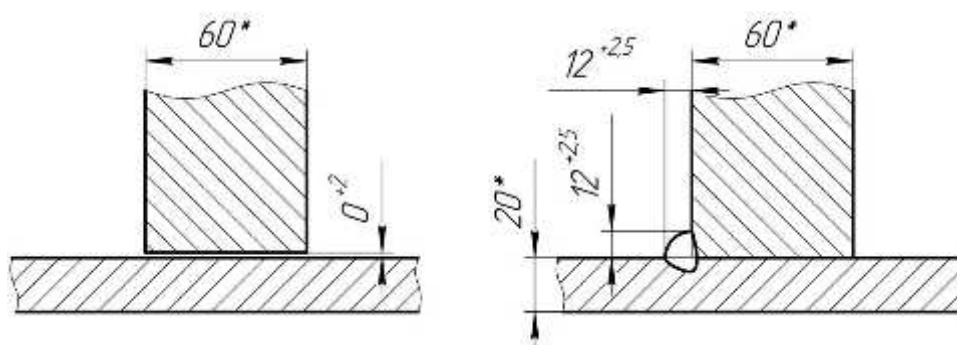


Рисунок 2.3 – Общий вид сварного шва №3

Вылет электродной проволоки принимается равным 20 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности. Площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (7) и составляет

$$F_H = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ мм}^2.$$

Сварку шва №3 будем вести за два прохода в нижнем положении. Площадь поперечного сечения при первом проходе составляет  $F_1 = 0,3 \text{ см}^2$ , площадь

											Лист
											48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ						

поперечного сечения при втором проходе составляет  $F_2 = 0,42 \text{ см}^2$ .

Рассчитаем параметры режима сварки шва №3 при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 350 А. Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 2^2} = 111,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке таврового шва плотность сварочного тока находится в интервале 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 350 \pm 1 \approx 32,4 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_{\text{р}} = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 4,575 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 4177,2 \text{ ед}$ ;
- коэффициент  $p_1 = -56,575 \text{ ед}$ ,  $p_2 = -0,613 \text{ ед}$ ;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 55 \text{ кал}$ ;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_{\text{р}} = 1,74 \text{ г/Ач}$ ;
- коэффициент расплавления  $\alpha_{\text{р}} = 13,34 \text{ г/Ач}$ ;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 5,33 \text{ см/с}$ ;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,551 \text{ см/с}$ .

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 32,4 \cdot 350 \cdot 0,85}{0,551} = 4198 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим мгновенную скорость охлаждения металла при первом проходе по формуле (19) с учетом формулы (20). Так, по формуле (20)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4198}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 1,14.$$

При значении безразмерного критерия 1,14 величина  $\bar{\omega} = 0,72$ . Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega = 0,72 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 180)^2}{2 \cdot 4198} = 16,5 \frac{\text{°C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения не входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД. Поэтому примем, что температура предварительного подогрева составляет 250 °С. Тогда, по формуле (20)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4198}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 250)} = 1,426.$$

При значении безразмерного критерия 1,426 величина  $\bar{\omega} = 0,52$ . Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega = 0,52 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 250)^2}{2 \cdot 4198} = 7,3 \frac{\text{°C}}{\text{с}}.$$

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Полученное значение скорости входит в требуемый интервал.

Рассчитаем параметры режима сварки шва №3 при втором проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 450 А. Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 450}{3,14 \cdot 2^2} = 143,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке таврового шва плотность сварочного тока находится в интервале 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 450 \pm 1 \approx 35,9 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_{\text{р}} = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 5,883 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 6899,7 \text{ ед}$ ;
- коэффициент  $p_1 = -72,75 \text{ ед}$ ,  $p_2 = -0,787 \text{ ед}$ ;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 110,1 \text{ кал}$ ;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_{\text{р}} = 2,71 \text{ г/Ач}$ ;
- коэффициент расплавления  $\alpha_{\text{р}} = 14,31 \text{ г/Ач}$ ;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 7,4 \text{ см/с}$ ;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,546 \text{ см/с}$ .

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 35,9 \cdot 450 \cdot 0,85}{0,546} = 6036 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (19) с учетом формулы (20). Так, по формуле (20)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 6036}{3 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 250)} = 2,1.$$

При значении безразмерного критерия 2,1 величина  $\bar{\omega} = 0,315$ . Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega = 0,315 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 250)^2}{2 \cdot 6036} = 3,1 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

#### 2.4.4 Расчет режимов сварки шва №4

Шов №4 нестандартный. Тип шва стыковой. Сварка производится в среде защитных газов. Общий вид сварного шва №4 показан на рисунке 2.4.

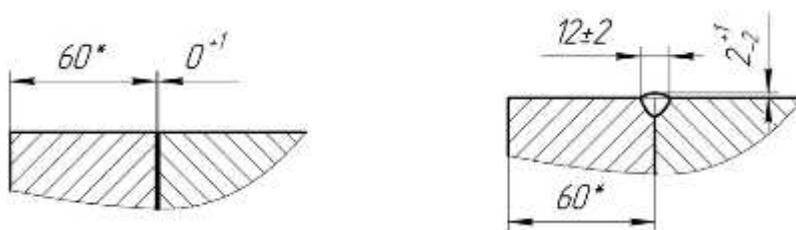


Рисунок 2.4 – Общий вид сварного шва №4

Вылет электродной проволоки принимается равным 20 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности. Требуемая

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					



площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле

$$F_H = 0,73Bg, \quad (21)$$

где  $B = 12$  – требуемая ширина усиления сварного шва, мм;

$g = 2$  – требуемая высота усиления сварного шва, мм.

Тогда, по формуле (21) получим, что

$$F_H = 0,73 \cdot 12 \cdot 2 = 17,5 \text{ мм}^2.$$

Сварку шва №4 будем вести за один проход. Примем, что сила сварочного тока составляет 450 А. Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 450}{3,14 \cdot 2^2} = 143,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока находится в интервале 65...210 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 450 \pm 1 \approx 35,9 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_p = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 5,883 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 6899,7 \text{ ед}$ ;



$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 450) \cdot 2 \cdot 35,9}{450} = 2,13 \text{ ед.}$$

Тогда, по формуле (22) глубина провара

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{2793}{2,13}} = 0,6 \text{ см.}$$

Определим ширину шва по формуле

$$B = \Psi_{\text{ПР}} h = 2,13 \cdot 0,6 = 1,278 \text{ см.} \quad (24)$$

Определим высоту валика по формуле

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73B} = \frac{0,175}{0,73 \cdot 1,278} = 0,188 \text{ см.}$$

Полученное значение геометрических параметров сварного шва удовлетворяют требуемым.

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_{\text{М}} - T_0)^2}{q_{\text{ПООГ}}}, \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}, \quad (25)$$

где  $\bar{\omega}$  – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$  – коэффициент теплопроводности, кал/см с  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{М}} = 500$  – температура наименьшей устойчивости аустенита,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_0 = 180$  – начальная температура изделия,  $^{\circ}\text{C}$ .

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2793}{3 \cdot 3,14 \cdot (6)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 0,124. \quad (26)$$

где  $c \gamma = 1,25$  – объемная теплоемкость, кал/см<sup>3</sup>°С.

При значении безразмерного критерия 0,124 величина  $\bar{\omega} = 1$ .

Тогда, по формуле (25) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 180)^2}{2793} = 23 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения не входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД, следовательно, требуется увеличить температуру предварительного подогрева. Примем, что температура предварительного подогрева составляет 300 °С. Тогда, по формуле (26) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 2793}{3 \cdot 3,14 \cdot (6)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 300)} = 0,198.$$

При значении безразмерного критерия 0,198 величина  $\bar{\omega} = 1$ .

Тогда, по формуле (25) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 300)^2}{2793} = 9 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

#### 2.4.5 Расчет режимов сварки шва №5

Тип шва ТЗ с катетом 8 мм согласно ГОСТ 14771-76. Общий вид сварного шва №5 показан на рисунке 2.5.

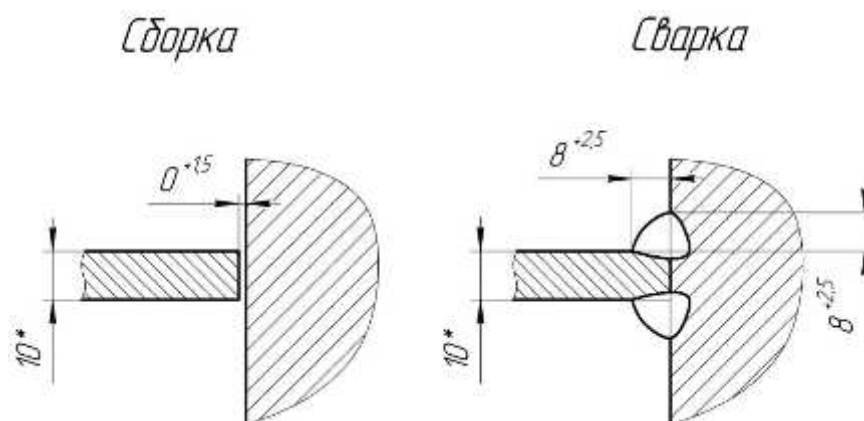


Рисунок 2.5 – Общий вид сварного шва №5

Вылет электродной проволоки принимается равным 20 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности. Площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (7) и составляет

$$F_H = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2.$$

Сварку шва №2 будем вести за один проход в положении в симметричную «лодочку». Примем, что для диаметра проволоки 2 мм сила сварочного тока составляет 450 А.

Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 450}{3,14 \cdot 2^2} = 143,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке таврового шва плотность сварочного тока находится в интервале 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 450 \pm 1 \approx 35,9 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_p = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 5,883 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 6899,7 \text{ ед}$ ;
- коэффициент  $p_1 = -72,75 \text{ ед}$ ,  $p_2 = -0,787 \text{ ед}$ ;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 110,1 \text{ кал}$ ;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_p = 2,71 \text{ г/Ач}$ ;
- коэффициент расплавления  $\alpha_p = 14,31 \text{ г/Ач}$ ;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 7,4 \text{ см/с}$ ;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,72 \text{ см/с}$ .

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 35,9 \cdot 450 \cdot 0,85}{0,72} = 4577 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (19) с учетом формулы (20). Так, по формуле (20)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4577}{3 \cdot 3,14 \cdot (6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 0,135.$$

При значении безразмерного критерия 0,135 величина  $\bar{\omega} = 1$ . Тогда, по формуле (19) получим, что

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500-180)^2}{2 \cdot 4577} = 21,1 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения не входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД. Поэтому, требуется увеличить температуру предварительного подогрева до значения 300°C.

Тогда, по формуле (20) получим, что

$$\frac{1}{\bar{\theta}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4577}{3 \cdot 3,14 \cdot (6 \cdot 1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500-300)} = 0,216.$$

При значении безразмерного критерия 0,216 величина  $\bar{\omega} = 1$ . Тогда, по формуле (19) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{3 \cdot (500-300)^2}{2 \cdot 4577} = 8,2 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

#### 2.4.6 Расчет режимов сварки шва №6

Шов №6 нестандартный. Сварка производится в среде защитных газов. Общий вид сварного шва №6 показан на рисунке 2.6.

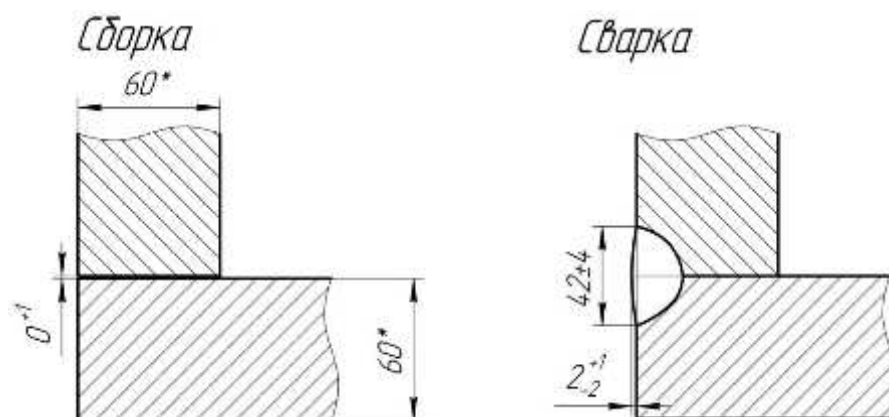


Рисунок 2.6 – Общий вид сварного шва №6

Вылет электродной проволоки принимается равным 20 мм. Расход газа примем равным 20 л/мин. Ток постоянный обратной полярности. Площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (21)

$$F_H = 0,73 \cdot 42 \cdot 2 = 62 \text{ мм}^2.$$

Сварку шва №6 будем вести за два прохода валиками с площадью поперечного сечения  $0,3 \text{ см}^2$  и  $0,32 \text{ см}^2$ .

Рассчитаем параметры режима сварки при первом проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 500 А. Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 2^2} = 159,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока находится в интервале  $65 \dots 210 \text{ А/мм}^2$ . Полученное значение



входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 500 \pm 1 \approx 37,7 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_{\text{р}} = 11,6 \text{ г/Ач}$ ;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 6,536 \text{ см/с}$ ;
- коэффициент  $\beta = 8526,5 \text{ ед}$ ;
- коэффициент  $p_1 = -80,82 \text{ ед}$ ,  $p_2 = -0,876 \text{ ед}$ ;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 151,4 \text{ кал}$ ;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_{\text{р}} = 3,4 \text{ г/Ач}$ ;
- коэффициент расплавления  $\alpha_{\text{р}} = 15 \text{ г/Ач}$ ;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 8,6 \text{ см/с}$ ;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,89 \text{ см/с}$ .

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$Q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 37,7 \cdot 500 \cdot 0,85}{0,89} = 4321 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Значение коэффициента  $k'$  при постоянном токе обратной полярности и при плотности тока  $j = 159,3 \text{ А/мм}^2$  составляет 0,92.

Тогда, по формуле (23) получим, что

$$\Psi_{\text{В}} = \frac{0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 500) \cdot 2 \cdot 37,7}{500} = 1,942 \text{ ед.}$$

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					

Тогда, по формуле (22) глубина провара

$$h=0,0165 \cdot \sqrt{\frac{4321}{1,942}}=0,78 \text{ см.}$$

Определим ширину шва по формуле (24)

$$B=\psi_{\text{ГР}}h=1,942 \cdot 0,78=1,515 \text{ см.}$$

Определим высоту валика по формуле

$$C=\frac{F_{\text{H}}}{0,73B}=\frac{0,3}{0,73 \cdot 1,515}=0,271 \text{ см.}$$

Рассчитаем параметры режима сварки шва №6 при втором проходе. Примем, что сила сварочного тока составляет 500 А. Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 2 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j=\frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2}=\frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 2^2}=159,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 2 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока находится в интервале 65...210 А/мм<sup>2</sup>. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (9) и получим, что

$$U_{\text{Д}}=20+\frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 500 \pm 1 \approx 37,7 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги  $\alpha'_p = 11,6$  г/Ач;
- условная скорость подачи проволоки  $V_{\text{Э}} = 6,536$  см/с;
- коэффициент  $\beta = 8526,5$  ед;
- коэффициент  $p_1 = -80,82$  ед,  $p_2 = -0,876$  ед;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током  $Q_{\text{ПП}} = 151,4$  кал;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током  $\Delta\alpha_p = 3,4$  г/Ач;
- коэффициент расплавления  $\alpha_p = 15$  г/Ач;
- скорость подачи проволоки  $V_{\text{ПОД}} = 8,6$  см/с;
- скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 0,83$  см/с.

Примем, что скорость сварки составляет  $V_{\text{СВ}} = 0,4$  см/с, а значение напряжения  $U_{\text{Д}} = 45$  В. Тогда, по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 45 \cdot 500 \cdot 0,85}{0,4} = 11470 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Значение коэффициента  $k'$  при постоянном токе обратной полярности и при плотности тока  $j = 159,3$  А/мм<sup>2</sup> составляет 0,92.

Тогда, по формуле (23) получим, что

$$\psi_{\text{В}} = \frac{0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 500) \cdot 2 \cdot 45}{500} = 2,318 \text{ ед.}$$

Тогда, по формуле (22) глубина провара

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{11470}{2,318}} = 1,161 \text{ см.}$$

Определим ширину шва по формуле (24)

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 1,161 \cdot 2,318 = 2,691 \text{ см.}$$

Определим высоту валика по формуле

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,32}{0,73 \cdot 2,691} = 0,163 \text{ см.}$$

Полученное значение геометрических параметров сварного шва удовлетворяют требуемым.

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (25) с учетом формулы (26). Так, по формуле (26) получим, что

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 11470}{3 \cdot 3,14 \cdot (6)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 180)} = 0,507.$$

При значении безразмерного критерия 0,507 величина  $\bar{\omega} = 0,98$ .

Тогда, по формуле (26) получим, что

$$\omega = 0,98 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 180)^2}{11470} = 5,5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## 2.5 Выбор сварочного оборудования

Для сварки рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138 предлагается использовать автоматическую роботизированную сварку в среде защитных газов.

Выберем сварочный робот для дуговой сварки марки Kawasaki RA10N производства фирмы Kawasaki Robot. Общий вид сварочного робота Kawasaki RA10N показан на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Общий вид сварочного робота Kawasaki RA10N

Технические характеристики робота для дуговой сварки Kawasaki RA10N приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Технические характеристики робота для дуговой сварки Kawasaki RA10N

Характеристика	Значение
Количество осей, шт	6
Грузоподъемность кисти, кг	10
Максимальный вылет, мм	1450
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,06$
Масса (без контроллера), кг	380
Способ установки	Напольный, подвесной потолочный

Комплектация сварочного робота включает в себя:

- источник питания сварочной дуги;
- устройство подачи сварочной проволоки;
- газовые баллоны;
- устройство автоматической обрезки конца электрода, очистки горелки от брызг и впрыскивания противопригарной жидкости.

В оснастку сварочного робота входит следующее оборудование:

- сварочный аппарат с источником питания и устройством подачи проволоки;
- газовые баллоны;
- устройство автоматической обрезки конца электрода;
- устройство очистки горелки от брызг и впрыскивания противопригарной жидкости.

В качестве источника питания при роботизированной сварке выберем сварочный аппарат марки OrigoMig 6502C производства фирмы Esab. Общий вид источника питания OrigoMig 6502C показан на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Общий вид источника питания OrigoMig 6502C

Технические характеристики источника питания OrigoMig 4002C приведены в таблице 2.8.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Таблица 2.8 – Технические характеристики источника питания OrigoMig 6502С

Характеристика	Значение
Пределы регулирования сварочного тока, А	16...650
Напряжение холостого хода, В	62
Сетевое напряжение, В	3×380
Потребляемая из сети мощность, кВА	15,9
Габаритные размеры, мм	830×640×835
Вес, кг	222

При выборе роботизированной горелки учитываются такие факторы как:

- необходимая нагрузка сварочного тока;
- рабочий цикл;
- вид охлаждения.

При учете этих факторов достигается улучшение качества швов, значительно сокращаются эксплуатационные расходы. От точности выбора горелки для роботизированной сварки зависит также производительность.

### 2.5.1 Горелка с воздушной системой охлаждения

Чаще всего при эксплуатации сварочной горелки для роботизированной сварки при силе тока от 200 до 300 ампер и при рабочем цикле со значением 60% с использованием газовой среды активно применяется воздушное охлаждение. Горелки с воздушным охлаждением предназначены для сварки тонких материалов, толщина которых составляет примерно 4 мм. При этом предпочтительна техника сварки с использованием горелки с воздушным охлаждением при производстве больших объемов изделий, где широко применяют сварку короткими швами.

Для охлаждения горелок с воздушным охлаждением, в процессе сварки используется окружающий воздух. В состав роботизированного комплекса

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

должен входить универсальный кабель, через который осуществляется подача сварочной проволоки, газа и питания. В универсальных кабелях используется медное покрытие для лучшей проводимости и контроля сварочного тока без дополнительного охлаждения.

Преимуществами горелок с воздушным охлаждением:

– Износостойкость. При использовании горелок с S-образным коленом с воздушным охлаждением наблюдается более высокая прочность конструкции, по сравнению с аналогичными горелками с водяным охлаждением. Вследствие этого горелки с воздушным охлаждением меньше подвержены изгибу в случае столкновения или естественного износа. Кроме того, стоимость расходных материалов для горелок с воздушным охлаждением ниже, чем для горелок с водяным охлаждением, и, следовательно, их обслуживать дешевле;

– горелки с воздушным охлаждением обладают более обтекаемой конструкцией и меньшей рабочей зоной, что позволяет их использовать для сварки более мелких соединений, чем при использовании горелок с водяным охлаждением. Повышенная точность горелок с воздушным охлаждением делает их незаменимыми при необходимости сварки прочных швов с хорошей повторяемостью.

Основной недостаток роботизированных горелок с воздушным охлаждением заключается в том, что в сравнении с роботизированными горелками с водяным охлаждением, они обладают меньшим рабочим циклом. Горелки с воздушным охлаждением не подходят для длительной сварки.

### *2.5.2 Горелка с водяной системой охлаждения*

При использовании роботизированных горелок с водяным охлаждением сварка деталей осуществляется на повышенных сварочных токах при более высокой продолжительности времени, по сравнению с горелками с воздушным охлаждением. Они предназначены для сварки при повышенных токах (более 300 А), при рабочих циклах от 60% до 100%. Они чаще всего используются для

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ					



сварки толстых материалов.

Для предотвращения перегрева при сварке, в роботизированных сварочных горелках используется подача воды или охлаждающей жидкости от внешнего источника. В состав источника входит циркуляционный насос или холодильная установка, что создает дополнительное удорожание и усложняет обслуживание системы. подача охлаждающей жидкости осуществляется через шланг, находящийся в общем пучке кабелей, включающего кабель питания, проволоку, газовый и возвратный шланг охлаждающей жидкости.

По сравнению с горелками с воздушным охлаждением, в состав кабелей питания с водяным охлаждением входит всего 1/4 меди от кабелей с воздушным охлаждением. Таким образом, кабеля с водяным охлаждением могут быстро выйти из строя в случае перебоя подачи воды. Это является большим недостатком, поскольку запчасти для горелок с водяным охлаждением дорогие и на их замену уходит много времени.

Сложность составляет и обслуживание кабелей, входящих в состав кабельного пучка, поскольку они расположены слишком близко друг к другу. Помимо этого, у горелок с водяным охлаждением имеются внутренние водяные камеры, расположенные в S-образном колене, которое более хрупкое, чем у горелок с воздушным охлаждением и более подвержено изгибу в случае столкновения.

Несмотря на недостатки роботизированных горелок с водяным охлаждением, они довольно широко используются в тех производствах, где требуется высокая сила сварочного тока и длительное охлаждение горелки.

### *2.5.3 Гибридные роботизированные горелки*

Для производств, использующих сварку материалов с различными толщинами при разной токовой нагрузке существует промежуточный вариант роботизированных сварочных горелок – гибридные горелки для роботизированной сварки с водяным и воздушным охлаждением. Такие горелки обладают водяным охлаждением и износостойким S-образным коленом, как у

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

горелок с воздушным охлаждением. Подача охлаждающей жидкости в гибридных сварочных горелках осуществляется по внешним трубкам, расположенным вдоль внешней стенки S-образного колена горелки. Для сравнения, в сварочных горелках с водяным охлаждением эти трубки находятся внутри S-образного колена.

Сила тока горелок с гибридным воздушным и водяным охлаждением обычно составляет от 300 до 550 ампер, рабочий цикл – в пределах 60% (при использовании смеси газов).

По сравнению с горелками с водяным охлаждением, обслуживание гибридных горелок упрощено. Линия подачи воды в гибридных горелках расположена отдельно от кабеля питания и более доступна, чем в горелках со стандартным водяным охлаждением. Таким образом, исключается необходимость снятия гибридной сварочной горелки с работа для проведения обслуживания. Кроме того, в случае перебоя с подачей охлаждающей жидкости, в гибридных горелках предусмотрен универсальный кабель с воздушным охлаждением, способный обеспечить пропускную способность, достаточную для исключения таких серьезных поломок, как повреждение кабеля питания и других компонентов.

Основной недостаток гибридных роботизированных горелок с воздушным и водяным охлаждением, как и у горелок с воздушным охлаждением, заключается в том, что они обладают ограниченным рабочим циклом.

Рассмотрев достоинства и недостатки различных горелок, выберем горелку с водяным охлаждением ROBO VTS 500 TS производства фирмы Abicor Binzel. Общий вид горелки показан на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Общий вид горелки

Горелка рассчитана на работу в тяжелых условиях при нагрузке до 500 А в

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

среде чистой углекислоты или газовой смеси проволокой диаметром 0,8...2 мм.

При проектировании роботизированного участка необходимо учитывать следующие особенности:

- свариваемое изделие должно входить в перекрываемую рабочую зону манипулятора;
- дополнительная оснастка должна быть в пределах рабочей зоны манипулятора и быть автоматической;
- участок должен иметь защитные ограждения;
- рабочее место оператора должно быть за пределами рабочей зоны манипулятора.

## 2.6 Контроль качества

Ответственной частью при контроле металлоконструкций является проверка геометрических параметров.

Контроль качества сварных соединений является обязательной операцией и состоит из следующих видов: визуально-измерительный и ультразвуковой. Радиографический метод не используется из-за сложных элементов металлоконструкций.

Визуально-измерительный контроль проводится до ультразвукового. При проведении визуально-измерительного контроля будем использовать следующие инструменты:

- лупа 10×;
- штангенциркуль;
- линейка металлическая;
- рулетка;
- универсальный шаблон сварщика УШС-2.

При визуально-измерительном методе контроля качества проверяется:

- внешний вид швов – гладкая или равномерно чешуйчатая поверхность с плавным переходом к основному металлу;

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

- отсутствие наплывов и подрезов;
- отсутствие поверхностных трещин;
- отсутствие поверхностных непроваров, несплавлений, прожогов;
- смещение кромок не более 1 мм;
- отсутствие незаваренных кратеров в сварных швах.

Визуальному контролю подлежит 100% сварных швов. Дефекты, выявленные по результатам ВИК, подлежат устранению. Устранение дефекта шлифовкой без применения сварки производится при нарушении геометрических параметров швов в большую сторону, при исправлении подрезов, наплывов.

Подварка исправленного участка и исправление дефекта сваркой применяется при следующих случаях:

- при геометрических параметрах зачищенного участка несоответствующих требованиям документации;
- при глубине подреза более 0,5 мм;
- при исправлении участка с трещиной;
- при исправлении незаваренного кратера;
- при исправлении прожогов и несплавлений;
- при выходе на поверхность одиночных пор и их скоплений.

Исправление дефектного участка заваркой допускается не более двух раз. Также визуальным контролем проверяется зачистка каждого прохода после проведения сварки. Контроль осуществляется сварщиком.

Для обнаружения возможных внутренних дефектов и определения степени их годности применяется ультразвуковой контроль. Ультразвуковым контролем проверяются швы №2 и №3 приварки стенок торцевых и фланговых к листам левому и правому и швы №6 приварки стенок торцевых к стенкам фланговым с наружной стороны.

Контроль швов №2 и №3 производится при помощи пьезоэлектрических преобразователей с углом ввода 35°. Контроль швов №6 производится при помощи пьезоэлектрических преобразователей с углом ввода 50°. Преобразователи выбираются в соответствии с ГОСТ Р 55725-2013.

											Лист
											72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ						

Ультразвуковой контроль производится при помощи ультразвукового дефектоскопа марки УСД-50. Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа УСД-50 представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа УСД-50

Характеристика	Значение
Величина развертки, мкс, с шагом 1 мкс: – минимальная – максимальная	0...4 0...1000
Задержка, мкс, с шагом 0,02 мкс	-0,5...996
Максимальная длина контролируемого материала, мм	3000
Диапазон скоростей распространения волны, м/с	1000...9999
Задержка в призме, мкс, с шагом 0,01 мкс	0...100
Демпфирование, Ом	25/50/1000
Входной импеданс, Ом	50/600
Зондирующий импульс, радиоимпульс амплитудой 50 или 200 В с регулируемым числом полупериодов (1...10)	50...500 с шагом 16 нс
Демпфер зондирующего импульса, число полупериодов, шт: – регулируемый – с задержкой демпфирования	0...10 0...10
Частота повторений зондирующих импульсов, Гц с шагом 40Гц	До 800
Усилитель широкополосный, МГц	0,4...15
Диапазон регулировки усиления, дБ	110 с шагом 0,5, 1, 2, 6
Напряжение питания ,В	15
Диапазон рабочих температур, °С	-30...55
Габаритные размеры, мм	200×225×80
Масса, кг	1,38

Выводы по разделу 2:

В разделе 2 подробно рассматривается применение мероприятий, направленных на устранение недостатков существующего варианта технологии изготовления. Описан новый порядок сборки, описан порядок сварки, рассчитаны режимы сварки. Также рассмотрен раздел контроля качества.

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Для придания удобного пространственного положения при сварки рамки подвески заднего моста фронтального погрузчика В-138 используется сварочный позиционер. Общий вид сварочного позиционера показан на рисунке 3.1. Установка собранного узла производится на планшайбу при помощи болтового соединения.



Рисунок 3.1 – Общий вид сварочного позиционера

Технические характеристики сварочного позиционера показаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики сварочного позиционера

Характеристика	Значение
Скорость вращения планшайбы, об/мин	0,05...0,5
Скорость наклона планшайбы, об/мин	0,4
Максимальная грузоподъемность, кг:	
– при горизонтальном положении планшайбы	600
– при вертикальном положении планшайбы	300

Продолжение таблицы 3.1.

Диаметр планшайбы, мм	1000
Максимальный угол наклона планшайбы, град	0...90
Привод	Электрический
Максимальный эксцентриситет, мм	150
Максимальная высота центра тяжести, мм	200

Для крепления и установки свариваемого изделия в позиционер используется переходная рамка, показанная на рисунке 3.2.

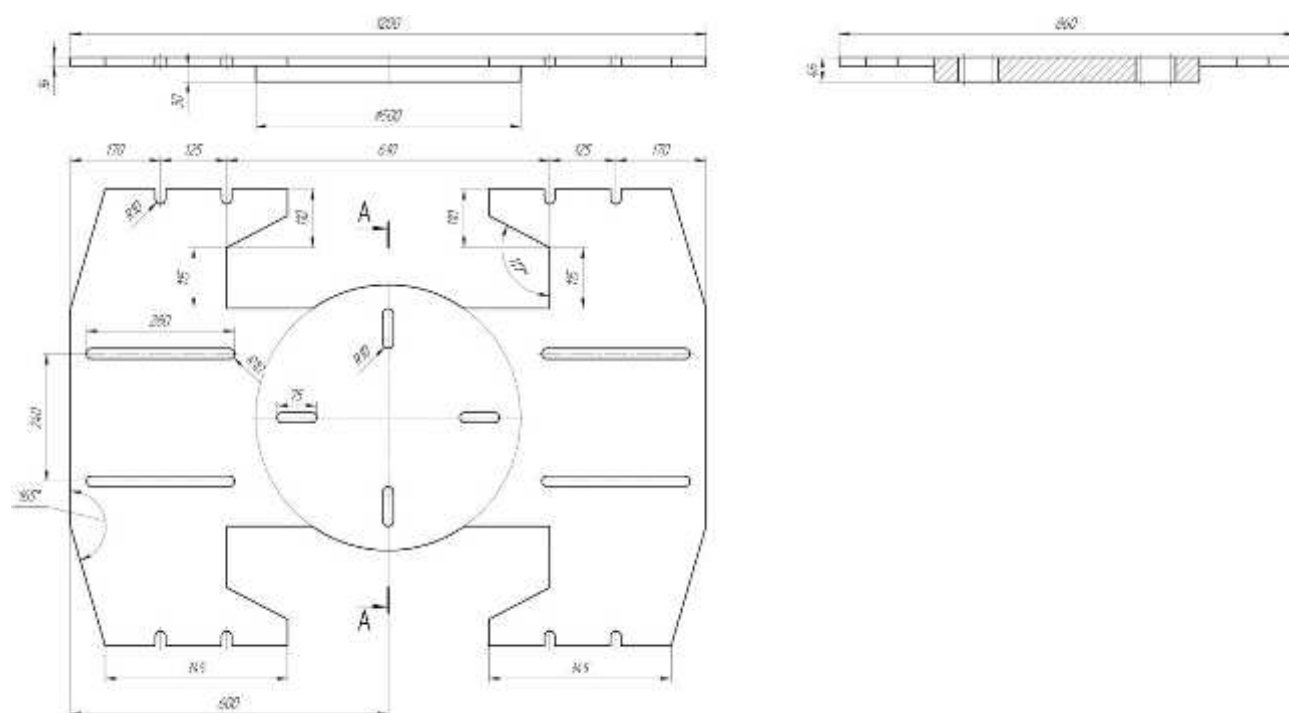


Рисунок 3.2 – Общий вид переходной рамки

Крепление свариваемого узла на переходной рамке производится при помощи болтового соединения. Рамка представляет собой цельную металлическую пластину из металла толщиной 16 мм с площадкой крепления к планшайбе позиционера толщиной 30 мм. Она является жесткой и не дает остаточным деформациям от сварки нарушить геометрию изделия.

Выводы по разделу 3:

В текущем разделе рассмотрен сварочный позиционер и рамка для сборки и для сварки рамки заднего моста.

## 4 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

### 4.1 Расчет фондов рабочего времени

Производительность при изготовлении рамки заднего моста фронтального погрузчика В-138 определяется путем вычисления значения номинального фонда рабочего времени. Эта величина зависит от количества выходных, праздничных и предпраздничных дней.

Тогда номинальный фонд рабочего времени можно определить из условия [4, 6]

$$F_H = \frac{t_H D_\Gamma}{D_H}, \quad (27)$$

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

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

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

Тогда, по формуле (27) получим, что

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

Расчет номинального фонда рабочего времени также учитывает фонд времени работы оборудования, включающий в себя сменность работы оборудования и потери по времени, связанные с ремонтом. Он определяется по следующей формуле [4, 6]

$$F_D = F_H \left(1 - \frac{P}{100}\right), \quad (28)$$

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

$P = 3,8$  – величина, учитывающая потери времени на ремонт оборудования, %.

									Лист
									76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.491.00 ПЗ				



Тогда, по формуле (28) получим, что действительный годовой фонд времени при работе оборудования

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

Рассматриваемое предприятие работает в круглосуточном режиме. Изготовление рамки заднего моста фронтального погрузчика В-138 осуществляется бригадами в количестве 4 штук.

Фонд рабочего времени одной бригады при работе в одну смену определяется по следующей формуле [4, 6]

$$F_{Н.БР.} = \frac{F_{Н.}}{n}, \quad (29)$$

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

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

Тогда, по формуле (29) получим, что

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

При вычитании из рассматриваемых фондов рабочего времени планируемых дневных и внутрисменных фондов потерь времени можно определить эффективный фонд времени для одной бригады при работе в одну смену. К таким потерям времени относятся:

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

При расчете эффективного фонда времени работы одного рабочего

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

воспользуемся формулой [4, 6]

$$F_{\text{ДР}}=F_{\text{Н.БР.}}[1-0,01(P_{\text{Н}}+P_{\text{О}}+P_{\text{ОТП}}+P_{\text{Р}})], \quad (30)$$

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

$P_{\text{Н}} = 4$  – величина планируемого невыхода на работу, %;

$P_{\text{О}} = 6$  – величина перерывов на отдых, %;

$P_{\text{ОТП}} = 6$  – величина невыхода на работу в связи с отпуском, %;

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

Тогда, по формуле (30), эффективный фонд времени работы одного рабочего

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

#### 4.2 Расчет норм штучного времени

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

При расчете норм времени для автоматической сварки в среде защитных газов примем серийный тип производства. Сварка производится стационарным сварочным роботом с напольным размещением. Установка и поворот изделий относительно оси при подготовке под сварку производится с участием электросварщика. Настройка автоматического оборудования производится электросварщиком.

Для продолжения дальнейших расчетов по организации и нормированию требуется рассчитать подготовительно-заключительное время. Оно представляет собой сумму времени по следующим технологическим операциям [7]:

1. Получение производственного задания – 6 мин;
2. Ознакомление с работой – 6 мин;
3. Установка величины сварочного тока – 0,3 мин;

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

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, время на сварку подготовительно-заключительное можно определить по следующей формуле [7]

$$T_{ПЗ} = \sum t_{ПЗ}, \quad (31)$$

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

Тогда, по формуле (31)

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

Расчет основного времени сварки, в течение которого горит непосредственно сварочная дуга, при автоматической сварке в среде защитных газов, определяется по формуле [7]

$$T_O = 60 \cdot \frac{Ln}{V_{СВ}}, \quad (32)$$

где  $L$  – длина сварного шва за один проход, м;

$n$  – количество проходов, шт;

$V_{СВ}$  – скорость сварки, м/ч.

Рассчитаем основное время сварки согласно формуле (32) для швов:

– шов №1

$$T_O = 60 \cdot \frac{0,327 \cdot 1}{28,8} = 0,681 \text{ мин.}$$

– шов №2:

$$T_0 = 60 \cdot \frac{1,244 \cdot 1}{10,8} = 6,91 \text{ мин.}$$

– шов №3:

а) при первом проходе

$$T_0 = 60 \cdot \frac{4,72 \cdot 1}{19,84} = 14,3 \text{ мин.}$$

б) при последующих проходах

$$T_0 = 60 \cdot \frac{4,72 \cdot 1}{19,66} = 14,41 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное операционное время на сварку всех швов №3 составляет 28,71 мин.

– шов №4

$$T_0 = 60 \cdot \frac{0,24 \cdot 1}{42,48} = 0,339 \text{ мин.}$$

– шов №5

$$T_0 = 60 \cdot \frac{1,872 \cdot 1}{25,92} = 4,3 \text{ мин.}$$

– шов №6:

а) при первом проходе

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

$$T_O = 60 \cdot \frac{0,324 \cdot 1}{32,04} = 0,607 \text{ мин.}$$

б) при втором проходе

$$T_O = 60 \cdot \frac{0,324 \cdot 1}{29,88} = 0,651 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное операционное время на сварку всех швов №6 составляет 1,258 мин.

Основным параметром, который определяет производительность, является штучное время на изготовление. Оно определяется по следующей формуле [7]

$$T_{шт} = (T_{нш} + T_{ви}) k_{1-n}, \quad (33)$$

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

$T_{ви}$  – вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования, включающее в себя затраты на следующие операции:

- на клеймовку шва;
- на снятие и установку щитов для защиты от сварочной дуги;
- на операции, связанные с изделием (закрепление, перемещение, установку, снятие и поворот изделий);

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

Определим неполное штучное время на длину шва  $T_{нш}$  по формуле [7]

$$T_{нш} = (T_O + T_{вш}) k, \quad (34)$$

где  $T_O$  – основное время сварки, мин;

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

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

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

Вспомогательное время, связанное со сваркой шва  $T_{ВШ}$  включает в себя следующие операционные переделы [7]:

– зачистка сварного шва от окисной пленки после каждого прохода (на 1 м шва за один проход):

- а) для шва №1 – 0,32 мин;
- б) для шва №2 – 0,36 мин;
- в) для шва №3 – 0,6 мин на каждый проход;
- г) для шва №4 – 0,3 мин;
- д) для шва №5 – 0,33 мин;
- е) для шва №6 – 0,5 мин на каждый проход;

– осмотр и промер шва (на 1 м шва за один проход):

- а) для шва №1 – 0,22 мин;
- б) для шва №2 – 0,25 мин;
- в) для шва №3 – 0,25 мин на каждый проход;
- г) для шва №4 – 0,2 мин;
- д) для шва №5 – 0,3 мин;
- е) для шва №6 – 0,2 мин на каждый проход;

– подтягивание проводов, откусывание и удаление остатков проволоки, подача проволоки в головку автомата (выбирается в зависимости от диаметра сварочной проволоки) – 0,25 мин для диаметра проволоки 2 мм;

– обмазка раствором поверхности металла околошовной зоны (в зависимости от пространственного положения шва при сварке на 1 м сварного шва):

- а) для шва №1 – 0,35 мин;
- б) для шва №2 – 0,63 мин;
- в) для шва №3 – 0,43 мин;
- г) для шва №4 – 0,35 мин;
- д) для шва №5 – 0,63 мин;
- е) для шва №6 – 0,35 мин;

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

– зачистка околошовной зоны от брызг расплавленного металла ручным инструментом (время зависит от наличия обмазки, пространственного положения шва при сварке и указано на 1 м шва):

а) для шва №1 – 0,76 мин;

б) для шва №2 – 0,95 мин;

в) для шва №3 – 0,95 мин;

г) для шва №4 – 0,83 мин;

д) для шва №5 – 0,76 мин;

е) для шва №6 – 0,83 мин;

– зачистка кромок перед сваркой от налета ржавчины или окисной пленки механизированным инструментом (время зависит от типа шва, наличия разделки кромок и указано на 1 м шва):

а) для шва №1 – 0,59 мин;

б) для шва №2 – 1,02 мин;

в) для шва №3 – 1,02 мин;

г) для шва №4 – 0,86 мин;

д) для шва №5 – 0,54 мин;

е) для шва №6 – 0,86 мин.

Таким образом, вспомогательное время, связанное со сваркой шва  $T_{ВШ}$ :

– для шва №1 при общей длине 0,327 м

$$T_{ВШ}=(0,32+0,22+0,35+0,76+0,59)\cdot 0,327+0,25=0,982 \text{ мин.}$$

– для шва №2 при общей длине 1,244 м

$$T_{ВШ}=(0,36+0,25+0,63+0,95+1,02)\cdot 1,244+0,25=4,24 \text{ мин.}$$

– для шва №3 при общей длине 4,72 м

$$T_{ВШ}=(0,6+0,25)\cdot 2+0,43+0,95+1,02)\cdot 4,72+0,25=19,6 \text{ мин.}$$

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

– для шва №4 при общей длине 0,24 м

$$T_{\text{ВШ}}=(0,3+0,2+0,35+0,83+0,86)\cdot 0,24+0,25=0,86 \text{ мин.}$$

– для шва №5 при общей длине 1,872 м

$$T_{\text{ВШ}}=(0,33+0,3+0,63+0,76+0,54)\cdot 1,872+0,25=5 \text{ мин.}$$

– для шва №6 при общей длине 0,324 м

$$T_{\text{ВШ}}=((0,5+0,2)\cdot 2+0,35+0,83+0,86)\cdot 0,324+0,25=1,365 \text{ мин.}$$

Тогда, неполное штучное время  $T_{\text{ШТ}}$  определится по формуле (34) при сварке:

– шва №1

$$T_{\text{НШ}}=(0,681+0,982)\cdot 1,12=1,863 \text{ мин.}$$

– шва №2

$$T_{\text{НШ}}=(6,91+4,24)\cdot 1,12=12,5 \text{ мин.}$$

– шва №3

$$T_{\text{НШ}}=(28,71+19,6)\cdot 1,12=54,11 \text{ мин.}$$

– шва №4

$$T_{\text{НШ}}=(0,339+0,86)\cdot 1,12=1,343 \text{ мин.}$$

– шва №5

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84



$$T_{\text{НШ}}=(4,5+5)\cdot 1,12=10,1 \text{ мин.}$$

– шва №6

$$T_{\text{НШ}}=(1,258+1,365)\cdot 1,12=2,94 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования  $T_{\text{Ви}}$ , включает в себя затраты на следующие операции [7]:

- на клеймовку шва – 0,21 мин на каждый шов;
- на снятие и установку щитов для защиты от сварочной дуги – 1,19 мин;
- на операции, связанные с изделием (закрепление, перемещение, установку, снятие и поворот изделий) – 25 мин. При этом указанное время суммируется с общим штучным временем на изготовление изделия в целом.

Примем, что значения поправочных коэффициентов на измененные условия работы составляют:

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

Следовательно, по формуле (33) получим, что:

– при сварке шва №1

$$T_{\text{ШТ}}=(1,863+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=6,5 \text{ мин.}$$

– при сварке шва №2

$$T_{\text{ШТ}}=(12,5+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=27,52 \text{ мин.}$$

– при сварке шва №3

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

$$T_{\text{ШТ}}=(54,11+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=109,91 \text{ мин.}$$

– при сварке шва №4

$$T_{\text{ШТ}}=(1,343+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=5,431 \text{ мин.}$$

– при сварке шва №5

$$T_{\text{ШТ}}=(10,1+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=22,77 \text{ мин.}$$

– при сварке шва №6

$$T_{\text{ШТ}}=(2,94+1,4)\cdot 1\cdot 1,5\cdot 1,32=8,6 \text{ мин.}$$

Суммарное штучное время на изготовление одного изделия в разрезе операций сборки и сварки составляет

$$T_{\text{ШТ}}^{\text{И}}=(6,5+27,52+109,91+5,431+22,77+8,6)+25=205,731 \text{ мин.}$$

Рассчитаем штучное время на операции контроля качества по следующей формуле:

$$T_{\text{ШТ}}^{\text{КОН}}=(T_{\text{О}}+t_{\text{всп}})k, \quad (35)$$

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

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

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

Время для проведения контроля определим по следующей формуле

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$T_0 = \frac{L}{V_K}, \quad (36)$$

где  $L_{ш}$  – длина контролируемого сварного шва, м;

$V_K$  – скорость проведения контроля, м/мин. Примем, что при визуальном контроле скорость составляет 0,8 м/мин, при ультразвуковом контроле скорость составляет 0,3 м/мин.

Тогда, по формуле (36) получим, что основное время для операции контроля при проверке:

– шва №1

$$T_0 = \frac{0,327}{0,8} = 0,41 \text{ мин.}$$

– шва №2

$$T_0 = \frac{1,244}{0,8} + \frac{0,92}{0,3} = 4,622 \text{ мин.}$$

– шва №3

$$T_0 = \frac{4,72 \cdot 2}{0,8} + \frac{4,72}{0,3} = 27,53 \text{ мин.}$$

– шва №4

$$T_0 = \frac{0,24}{0,8} = 0,3 \text{ мин.}$$

– шва №5

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87



$n = 2$  – количество смен.

Полученное значение  $C_p$  должно быть округлено до ближайшего целого числа  $C_{пp}$ , являющимся принятым количеством оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле [7]

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пp}}, \quad (38)$$

где  $C_p$  – расчетное количество оборудования, шт;

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

Расчет количества применяемого оборудования показан в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Количество применяемого оборудования

Наименование операции	$T_{шт}$ , мин	$C_p$	$C_{пp}$	$K_3$
Автоматическая сварка в среде защитных газов	205,731	0,092	1	0,092
Контроль качества	46,3	0,021	1	0,021

По результатам расчетов можно сделать вывод, что низкий коэффициент загрузки оборудования компенсируется применением этого оборудования на других операциях и при изготовлении других изделий. В то же время можно увеличить количество выпускаемых рамок при наличии заказов.

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

Количество рабочих рассчитывается по формуле [7]:

$$R_p = \frac{T_{шт} N}{60 F_{дp} K_B S}, \quad (39)$$

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

$N = 500$  – годовая программа изготовления систем запираения, шт;

$F_{\text{ДР}} = 1774$  – 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  $R_P$  должно быть округлено до ближайшего целого числа  $R_{\text{ПР}}$ , являющимся принятым количеством оборудования.

Коэффициент занятости рабочего [7]:

$$K_3 = \frac{R_P}{R_{\text{ПР}}}, \quad (40)$$

где  $R_P$  – расчетное количество рабочих, чел;

$R_{\text{ПР}}$  – 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	$T_{\text{шт}}$ , мин	$R_P$	$R_{\text{ПР}}$	$K_3$
Автоматическая сварка в среде защитных газов	Сварщик	205,731	0,44	1	0,44
Контроль качества	Контролер	46,3	0,099	1	0,05

#### 4.4 Расчет расхода материалов и энергоносителей

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

$$Q_3 = Q_H k, \quad (41)$$

где  $k = 1,2$  – безразмерный коэффициент, учитывающий потери на разбрызгивание и угар при автоматической сварке в защитных газах, ед;

$Q_H$  – вес металла, который наплавлен на одно изделие, кг.

Вес наплавленного металла определим по формуле [3]

$$Q_H = F_H L \gamma, \quad (42)$$

где  $F_H$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва,  $\text{см}^2$ ;

$L$  – длина рассматриваемого шва, см;

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

Тогда, по формуле (42):

– при сварке шва №1

$$Q_H = 0,18 \cdot 32,7 \cdot 7,85 = 46,2 \text{ г.}$$

– при сварке шва №2

$$Q_H = 0,5 \cdot 124,4 \cdot 7,85 = 488,3 \text{ г.}$$

– при сварке шва №3

$$Q_H = 0,72 \cdot 472 \cdot 7,85 = 2668 \text{ г.}$$

– при сварке шва №4

$$Q_H = 0,175 \cdot 24 \cdot 7,85 = 33 \text{ г.}$$

– при сварке шва №5

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

$$Q_H = 0,32 \cdot 187,2 \cdot 7,85 = 470,3 \text{ г.}$$

– при сварке шва №6

$$Q_H = 0,62 \cdot 32,4 \cdot 7,85 = 157,7 \text{ г.}$$

Суммарная масса наплавленного металла составляет

$$Q_{H \text{ ОБЩ}} = 46,2 + 488,3 + 2668 + 33 + 470,3 + 157,7 = 3864 \text{ г.}$$

Следовательно, согласно формуле (41), вес наплавленного металла на одно изделие составляет

$$Q_{\text{Э}} = 3864 \cdot 1,2 = 4636,8 \text{ г.}$$

Расход электродной проволоки на годовую программу определяется по формуле [3]

$$Q_{\text{Э ОБЩ}} = Q_{\text{Э}} \cdot N, \quad (43)$$

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

$N = 500$  – количество систем запиранья, шт.

Тогда, по формуле (43) получим, что:

$$Q_{\text{Э ОБЩ}} = 4,6368 \cdot 500 = 2318,4 \text{ кг.}$$

Расход газа на одно изделие определяется по формуле [3]:

$$Q_{\text{ГАЗ}} = Q_{\text{Э}} \cdot k, \quad (44)$$

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92



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

Тогда, по формуле (44) получим, что

$$Q_{\text{ГАЗ}} = 4,6368 \cdot 1,2 = 5,564 \text{ кг.}$$

Расход защитного газа, потраченного на сварку, на годовую программу выпуска изделий составляет

$$Q_{\text{ГАЗ ОБЩ}} = 5,564 \cdot 500 = 2782 \text{ кг.}$$

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 [3]

$$Q_{\text{ЭЛ}} = Q_{\text{Э ОБЩ}} g_{\text{Э}}, \quad (45)$$

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

Тогда, по формуле (35) получим, что

$$Q_{\text{ЭЛ}} = 2318,4 \cdot 2,5 = 5796 \text{ кВт.}$$

Выводы по разделу 4:

В разделе 4 произведены расчеты основных фондов времени. Произведен расчет штучного времени при изготовлении изделия в разрезе на каждый шов и рамку в общем. Произведен расчет затрат сварочных материалов, а также рассчитано необходимое количество сварочного оборудования и оборудования

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

для контроля. Также рассчитана необходимая численность персонала.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология изготовления рамки заднего моста фронтального погрузчика В-138. В технологическом разделе проанализирована сама конструкция, описан основной материал, применяемый при изготовлении (стали 15ХСНД). Рассчитана их свариваемость и сделан вывод о необходимости проведения предварительного подогрева. Описанная технология изготовления, которая принята на предприятии имеет недостатки, указанные в разделе 1. Для их устранения была предложена новая технология, позволяющая максимально автоматизировать процесс изготовления. Для нее были рассчитаны режимы сварки, выбраны сварочные материалы и сварочное оборудование. В существующем варианте сварка производилась механизированным способом. Предлагаемая технология позволяет при сварке применить роботизированный комплекс, что позволяет повысить производительность при изготовлении, снизить влияние человеческого фактора и повысить качество сварных соединений.

В конструкторском разделе описана применяемая и предлагаемая сварочная оснастка.

В разделе технического нормирования произведены расчеты основных фондов времени. Произведен расчет штучного времени при изготовлении изделия в разрезе на каждый шов и балку в общем. Произведен расчет затрат сварочных материалов, а также рассчитано необходимое количество сварочного оборудования и оборудования для контроля. Также рассчитана необходимая численность персонала.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

## 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. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов. Изд. Экономика. – Москва, 1989. – 150 с., ил.
8. 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.
9. <http://uraltermosvar.ru>
10. <http://www.npfets.ru>
11. <http://t-ndt.ru>
12. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия, 2015. – 47 с.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

## Приложение

### Расчет углового шва при помощи программного комплекса Ansys

Для определения работоспособности сварных соединений в настоящее время существует множество методик и программных комплексов. Одним из наиболее известных является комплекс Ansys. Расчеты, выполняемые на указанном комплексе, основаны на методе конечных элементов.

Для определения работоспособности сварного шва №3 рамки погрузчика В-138 необходимо представить его расчетную схему. Общий вид шва №3 показан на рисунке П.1.

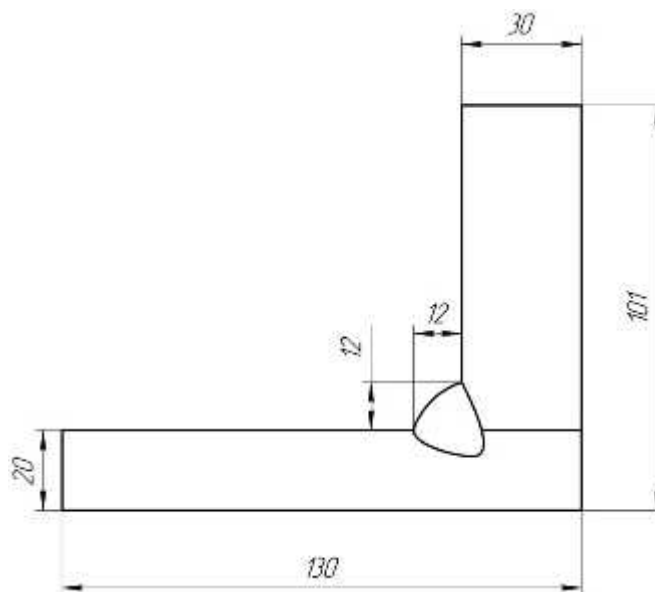


Рисунок П.1 – Общий вид шва №3

Для анализа работоспособности сварного шва проведем сравнение между прочностью сварного шва при существующем варианте изготовления и при предлагаемом.

В первую очередь, для расчета требуется создать модель. Она показана на рисунке П.2.

					15.03.01.2017.491.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

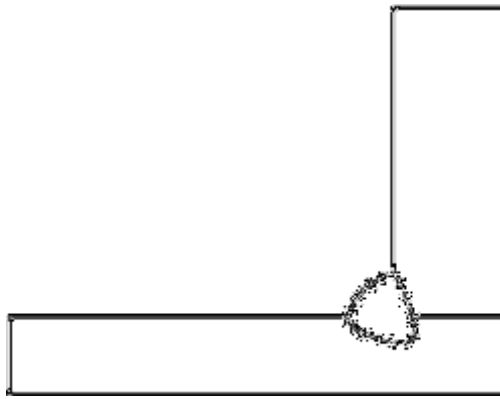


Рисунок П.2 – Модель

В первую очередь, требуется создать проект в программном комплексе Ansys. Общий вид созданного проекта показан на рисунке П.3.

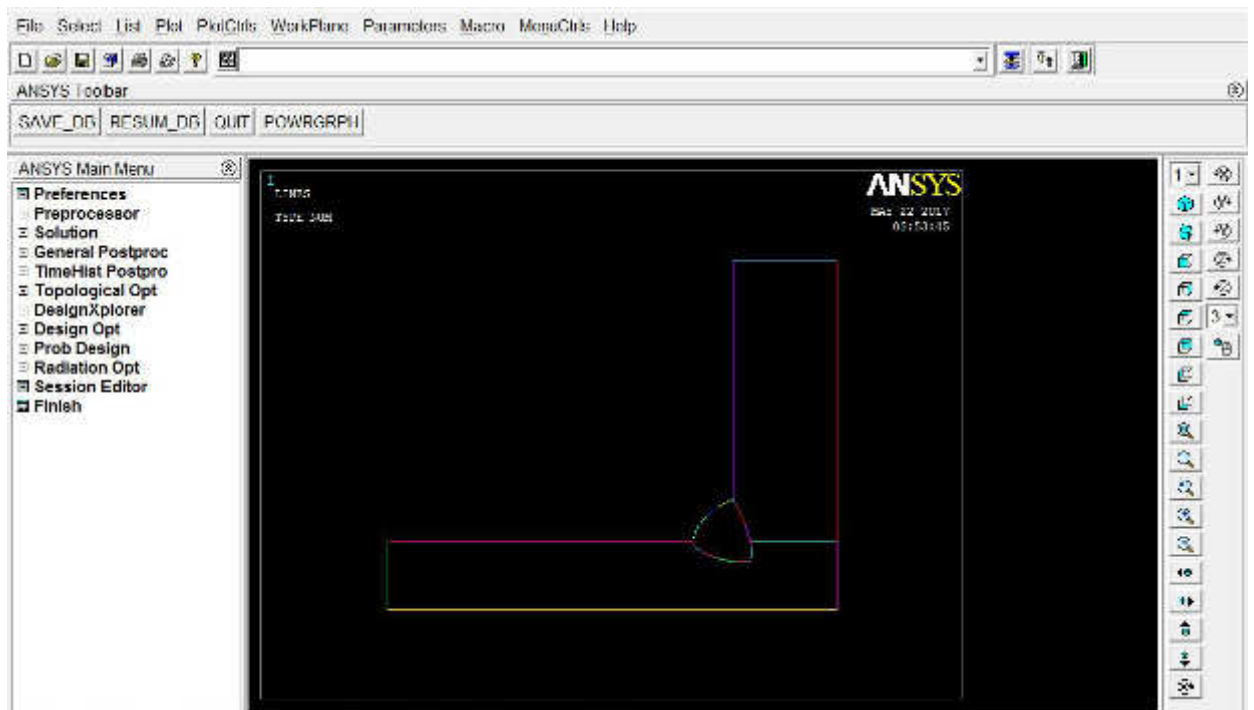


Рисунок П.3 – Общий вид созданного проекта

Проект создается в масштабе 1:1. После этого во вкладке Preferences задается тип расчета Structural (рисунок П.4).

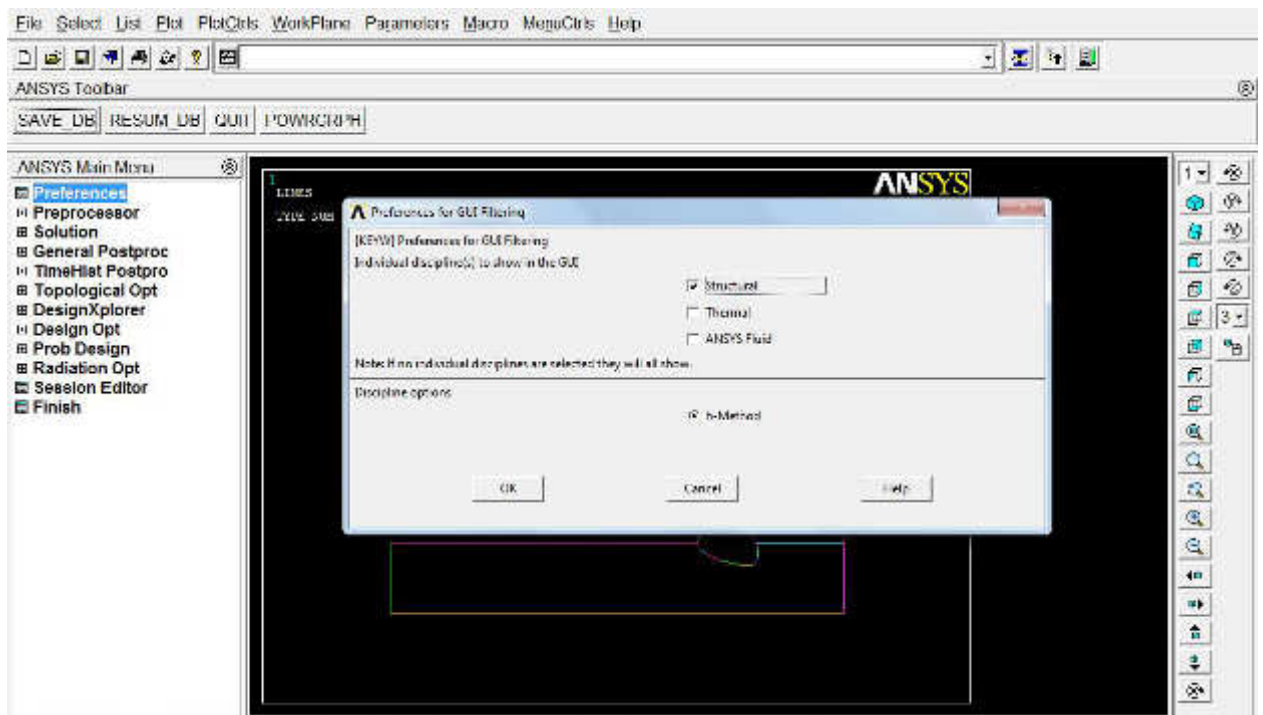


Рисунок П.4 – Тип расчета

Затем задается тип элементов. Он работает во вкладке Preprocessor–Element Type–Add (рисунок П.5).

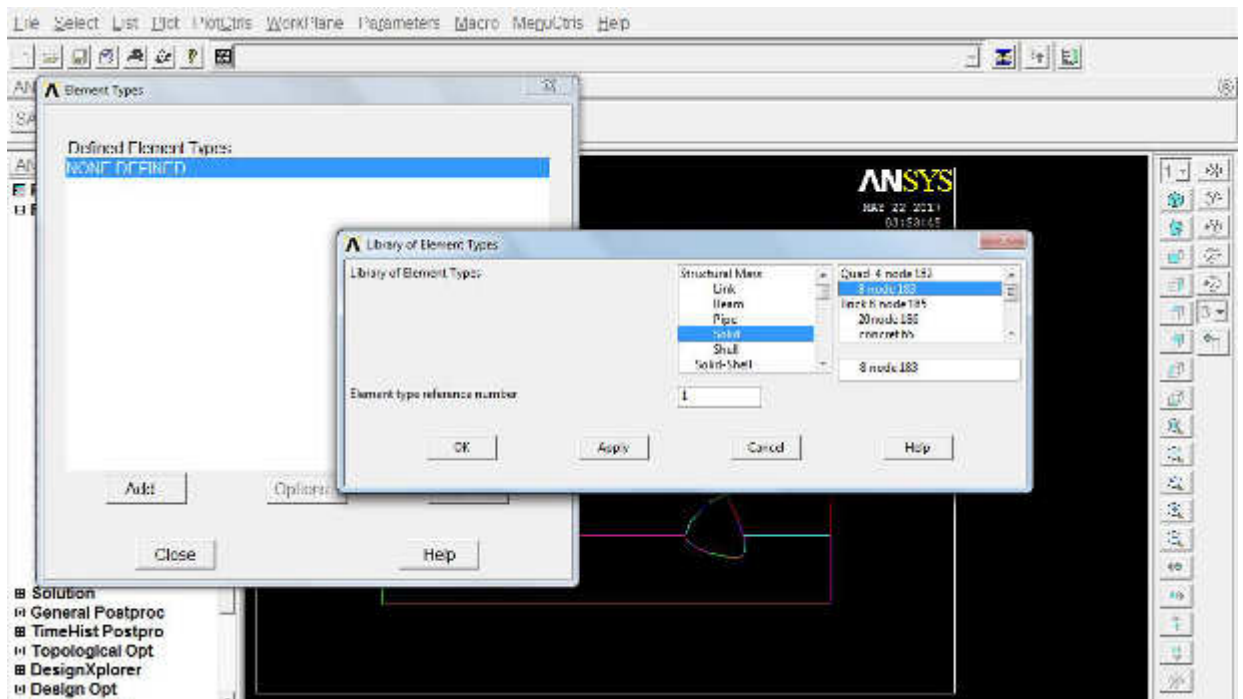


Рисунок П.5 – Тип элементов

После этого задается тип нагружения (рисунок П.6).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

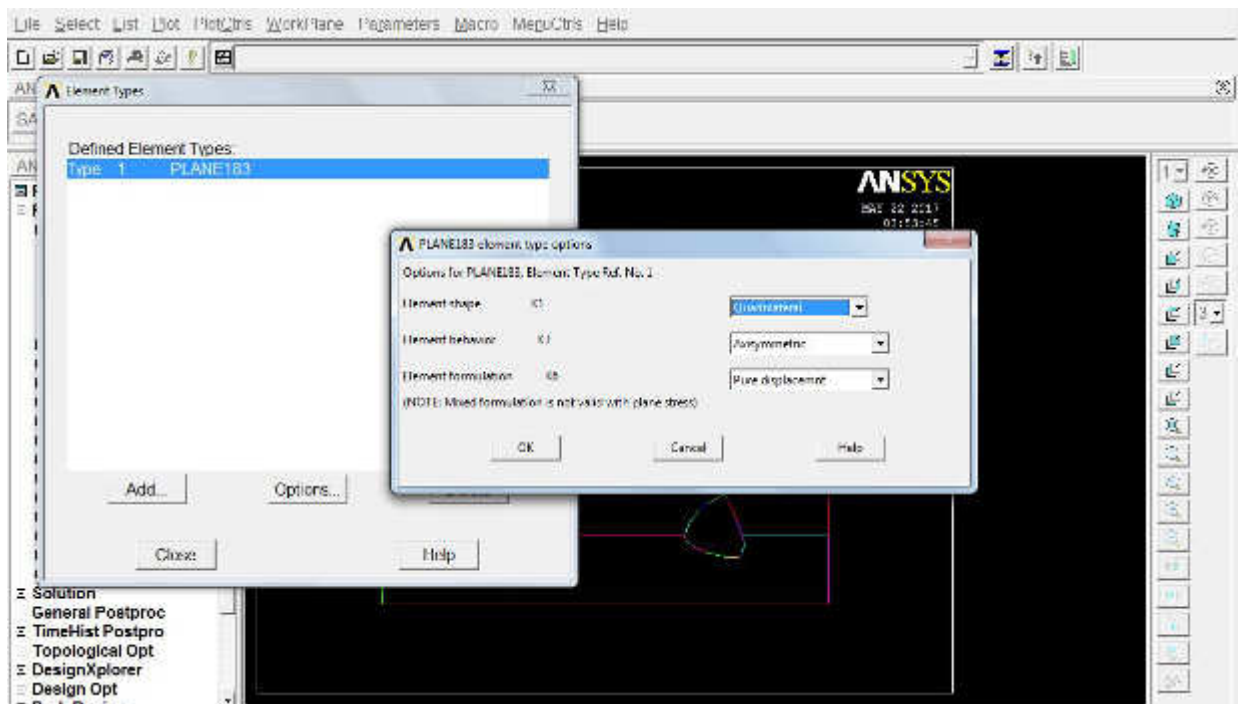


Рисунок П.6 – Тип нагружения

После этого задается модель материала (рисунок П.7).

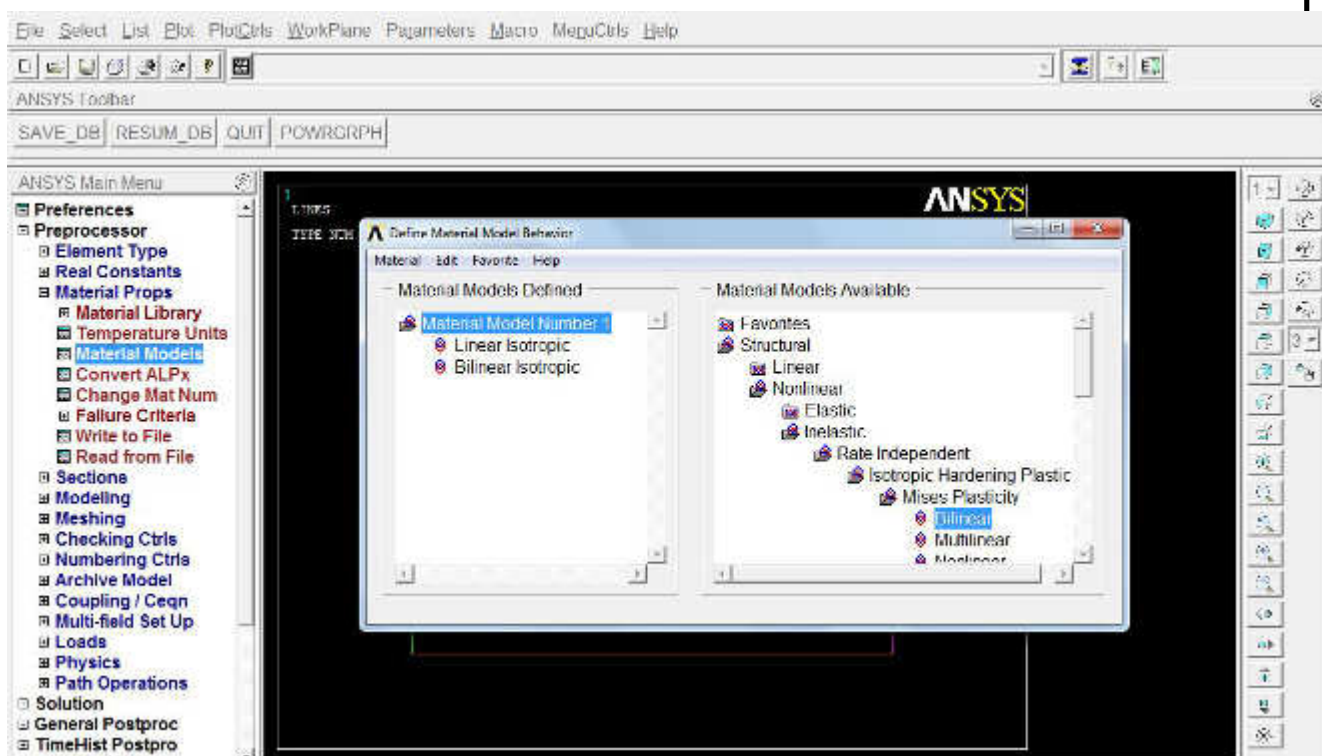


Рисунок П.7 – Модель материала

Производится задача модуля упругости и модуля Юнга (рисунок П.8).



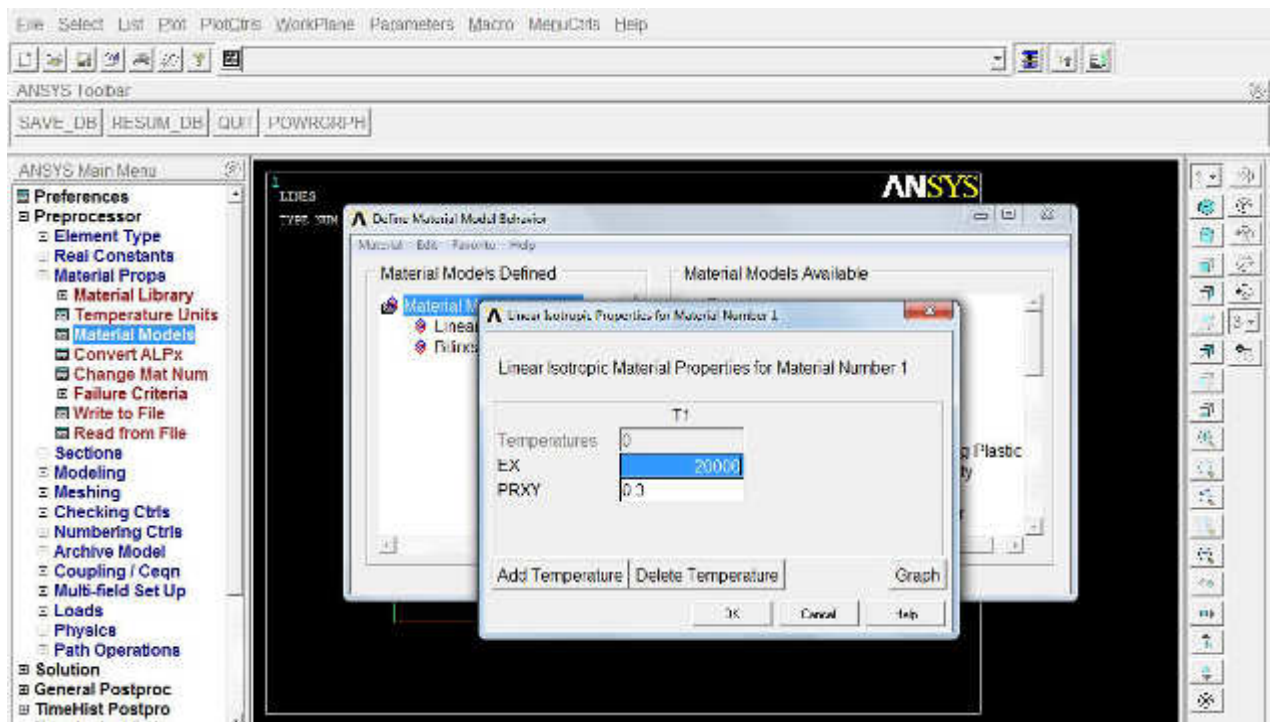


Рисунок П.8 – Задача модуля упругости и модуля Юнга

Далее задается предел текучести основного материала (для стали 15ХСНД класса прочности 325 предел текучести составляет не менее 325 МПа) (рисунок П.9).

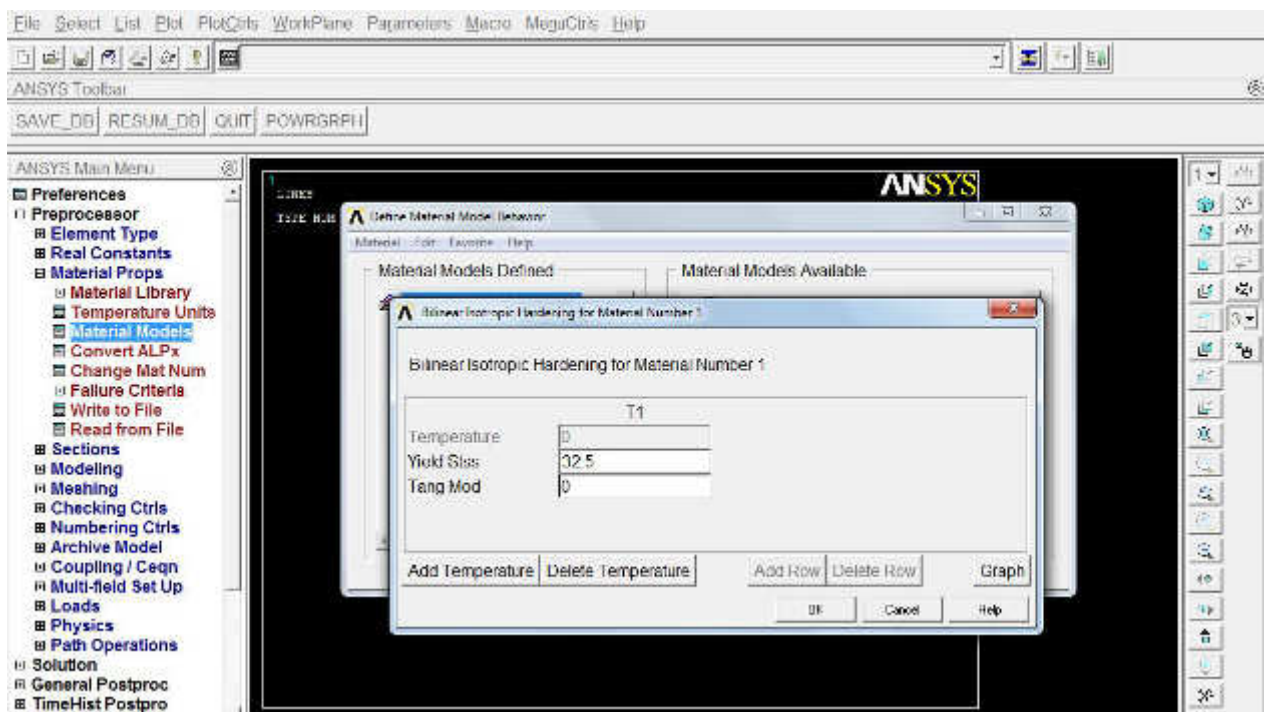


Рисунок П.9 – Задача прочностных характеристик

Затем создается еще одна модель материала, но она уже будет относиться к сварному шву (рисунок П.12). Повторим действия по рисункам (П.9)...(П.11). Но

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

при этом предел текучести укажем для проволоки Св-08Г2С (464 МПа) (рисунок П.10).

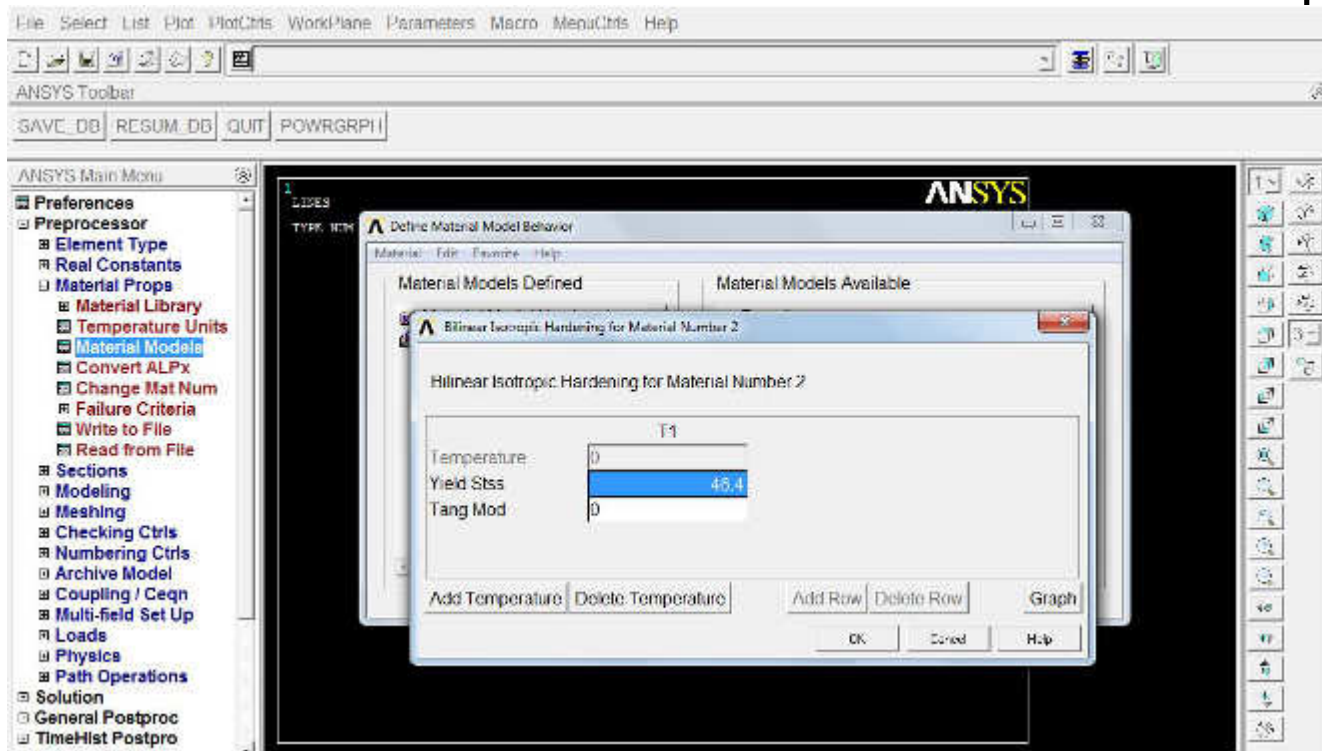


Рисунок П.10 – Задача прочностных характеристик

После этого происходит создание поверхностей Areas. Оно производится при помощи линий By lines. Общий вид созданных поверхностей показан на рисунке П.11.

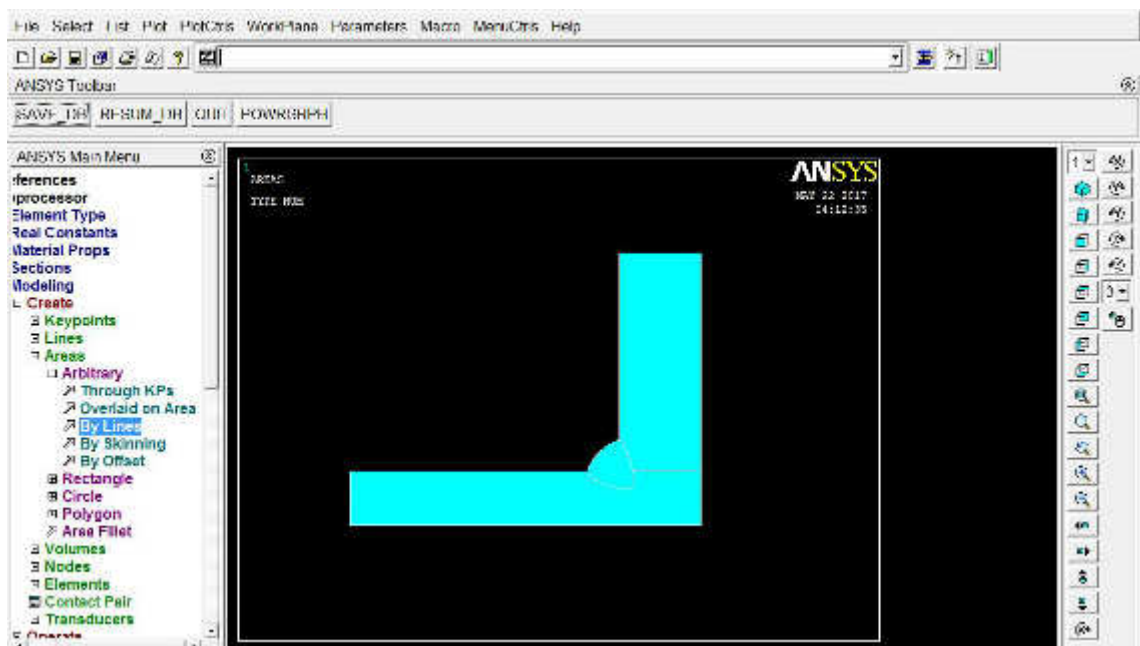


Рисунок П.11 – Создание поверхностей

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.491.00 ПЗ

Лист

102







Рассмотрим работоспособность рассматриваемого шва при изготовлении по предлагаемой технологии.

Порядок расчета приведен на рисунках (П.2)...(П.13).

Картина нагружения при применении проволоки ПП-АН20 (предел текучести не менее 490 МПа) показана на рисунке П.16.

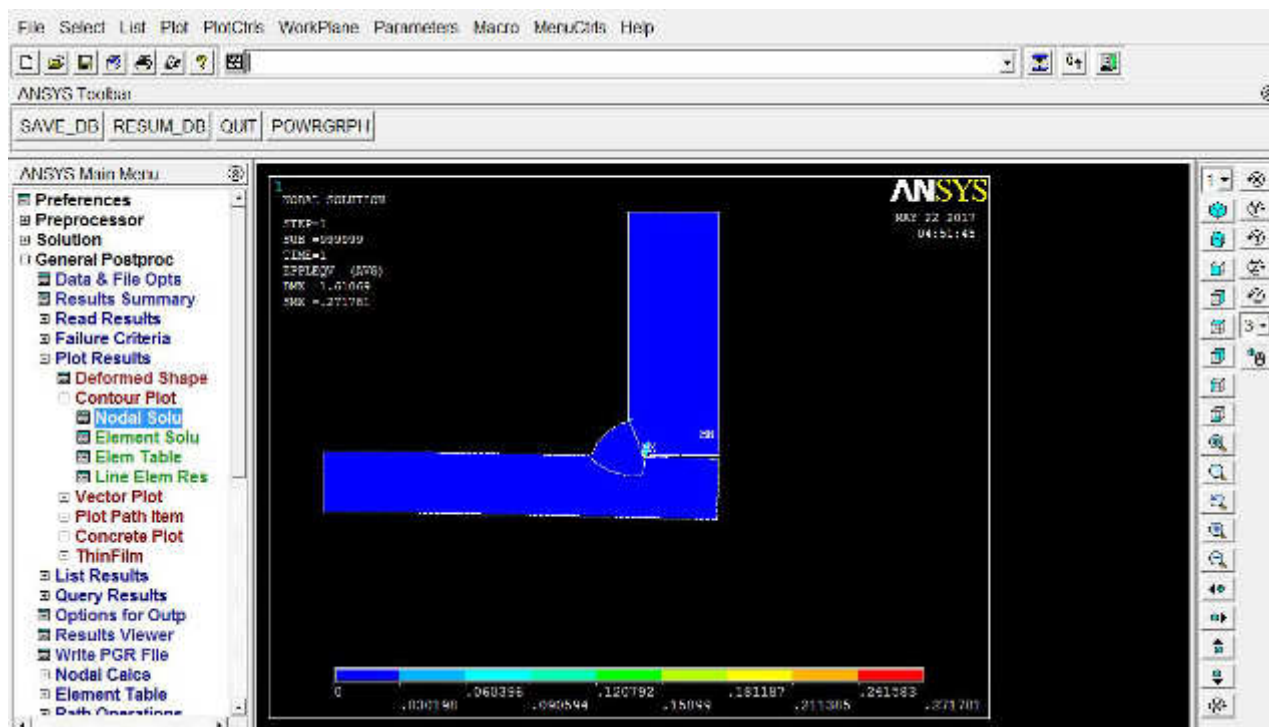


Рисунок П.16 – Картина нагружения

Как видно из рисунка П.16 разрушение происходит по основному металлу, следовательно, условие прочности выполнено. При этом наблюдается также признак разрушения по сварному шву. Это обусловлено неполнотой картины нагружения нарисованной модели.

В то же время следует отметить, что при использовании проволоки ПП-АН20 снижается значение коэффициента концентрации напряжений, что, в свою очередь, также положительно влияет на работоспособность.