

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

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

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Иванов

«___» _____ 2017 г.

Изготовление лонжерона рамы полуприцепа-тяжеловоза из высокопрочной стали марки Optim700

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

Руководитель работы

Ильин И.А.,
преподаватель каф. ОиТСП
Автор работы
студент группы П-440
Уфимцев Александр Андреевич

«___» _____ 2017 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

«___» _____ 2017 г.

Челябинск, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ЮЖУРАЛТРЕЙЛЕР»	8
2 ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ.....	11
3 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.....	13
4 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ ОСНОВНОГО И СВАРОЧНОГО МАТЕРИАЛОВ.....	16
5 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ.....	17
6 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ОСНОВНОГО И СВАРОЧНОГО МАТЕРИАЛОВ.....	18
6.1 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.....	18
6.2 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ СВАРОЧНОГО МАТЕРИАЛА.....	19
7 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ.....	21
8 ВЫБОР СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	24
9 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ	26
9.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ КОНТРОЛЯ	26
9.2 ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ.....	33
9.3 УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ.....	35
10 АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	52

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	5

ВВЕДЕНИЕ

Предприятие «Южуралтрейлер» входит в состав компании «Политранс».

Компания «Политранс» - один из ведущих российских разработчиков и производитель тяжеловозной прицепной техники. На сегодняшний день компания обладает современными производственными мощностями, которые позволяют выпускать надежные и функциональные прицепы и полуприцепы для решения любых транспортных задач.

Компания «Политранс» - это:

- Прицепы и полуприцепы собственного производства;
- Непрерывное развитие и совершенствование моделей прицепной техники;
- Высокотехнологичное производство полуприцепов в России;
- Высококвалифицированный персонал;
- Заказчики из числа крупнейших нефтегазовых и строительных компаний в России и за рубежом.

Продукция компании «Политранс» не первый год достойно выдерживает конкуренцию с аналогами мировых лидеров в производстве прицепной техники.

С целью обеспечения высокого уровня качества выпускаемой продукции и предоставляемых услуг в компании с октября 2009 года внедрена система менеджмента качества (СМК). Данная система распространяется на все производственные и организационные процессы компании и действует как инструмент постоянного улучшения деятельности компании. Деятельность СМК подтверждена сертификатом соответствия требованиям международного стандарта ГОСТ ISO 9001-2001 (ISO 9001:2008).

На сегодняшний день предприятие демонстрирует выдающуюся динамику развития, активно участвует на международных отраслевых выставках в России и странах СНГ, презентуя новейшие модели продукции, и по праву занимает лидирующие позиции среди производителей тяжеловозной и специализированной прицепной техники.

На предприятии ООО ПКФ «Политранс» используются следующие передовые технологии в сфере производства:

- 1 компьютерный раскрой и плазменная резка металла;
- 2 сварка рам в среде аргона;
- 3 дробеструйная обработка в специализированных дробеструйных комплексах
- 4 современные окрасочные комплексы европейского производства (Италия-Норвегия) с применением финских лакокрасочных материалов фирмы «TEKNOS».

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				6

В конструкциях прицепной полуприцепов предприятия Политранс используются комплектующие ведущих европейских фирм:

- a) оси и подвески
- b) пневмопривод тормозной системы и антиблокировочные системы;
- c) шкворни, седельно-цепные устройства, поворотные круги и опорные устройства;
- d) дополнительное оборудование, устройства для увязки;
- e) шины производства известных фирм Германии, Франции и Италии

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

1 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ЮЖУРАЛТРЕЙЛЕР»

а) Низкорамные полуприцепы

Количество осей от 2 до 7, грузоподъемность до 20 и до 100 тонн соответственно.

На рисунке 1.1 изображен низкорамный полуприцеп.

Рисунок 1.1 – «Низкорамный полуприцеп»

б) Высокора́мные полуприцепы

Количество осей от 2 до 5, грузоподъемность до 40 до 60 тонн соответственно.

На рисунке 1.2 изображен высокорамный полуприцеп.

Рисунок 1.2 – «Высокора́мный полуприцеп».

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	8

с) Бортовые полуприцепы

Количество осей от 2 до 4, грузоподъемность до 36 и до 50 тонн соответственно.

На рисунке 1.3 изображен бортовой полуприцеп

Рисунок 1.3 – «Бортовой полуприцеп»

d) Лесовозная техника

Количество осей от 2 до 3, грузоподъемность до 28 и до 44 тонн соответственно.

На рисунке 1.4 изображен полуприцеп-лесовоз.

Рисунок 1.4 – «Полуприцеп-лесовоз»

						Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

е) Самосвальные полуприцепы

Количество осей – 2, грузоподъёмность до 38,5 тонн.

На рисунке 1.5 изображен самосвальный полуприцеп.

Рисунок 1.5 – «Самосвальный полуприцеп»

ф) Шасси

Количество осей от 2 до 3, грузоподъёмность до 40 тонн.

На рисунке 1.6 изображено шасси.

Рисунок 1.6 – «Шасси»

						Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

2 ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Предприятие «Южуралтрейлер» занимается производством прицепной техники различного назначения, ориентированной на эксплуатацию в разнообразных районах не только России, но и различных стран ближнего и дальнего зарубежья. Поэтому к качеству изделий предъявляются высокие требования.

Прицепы и полуприцепы, выпускаемые на предприятии, состоят из большого числа составных частей. Каждая из этих частей имеет определённое назначение. Основным несущим элементом является рама прицепа. Рама в свою очередь также имеет множество составных частей, важнейшим из которых является лонжерон. Именно он является наиболее ответственной частью рамы, а, следовательно, и всего прицепа. От качества материала, изготовления, квалификации работников, зависит то, насколько качественным получится лонжерон, от чего напрямую зависит качество готовой продукции.

Поскольку грузовые перевозки в настоящее время имеют наибольшее распространение, необходимо максимально ответственно подходить к изготовлению техники для данных операций. Так же нужно, насколько это возможно, совершенствовать технику, поднимая тем самым её долговечность, уменьшая при этом её удельный вес, не уменьшая при этом грузоподъёмность, а, наоборот, максимально увеличивать данную величину.

Лонжерон рамы работает на растяжение, изгиб и кручение, это должно учитываться при проектировании изделия и расчётах на прочность.

К изделию предъявляются повышенные требования по прочности, жёсткости, износостойкости, порогу хладноломкости, порогу выносливости и других величин.

Подводя итог, можно сказать, что лонжерон рамы является одной из самых ответственных конструкций в составе всего изделия, его необходимо улучшать, модернизировать, упрочнять и повышать его долговечность. Именно эти задачи интересуют меня в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

На рисунке 2.1 изображен лонжерон рамы правый.

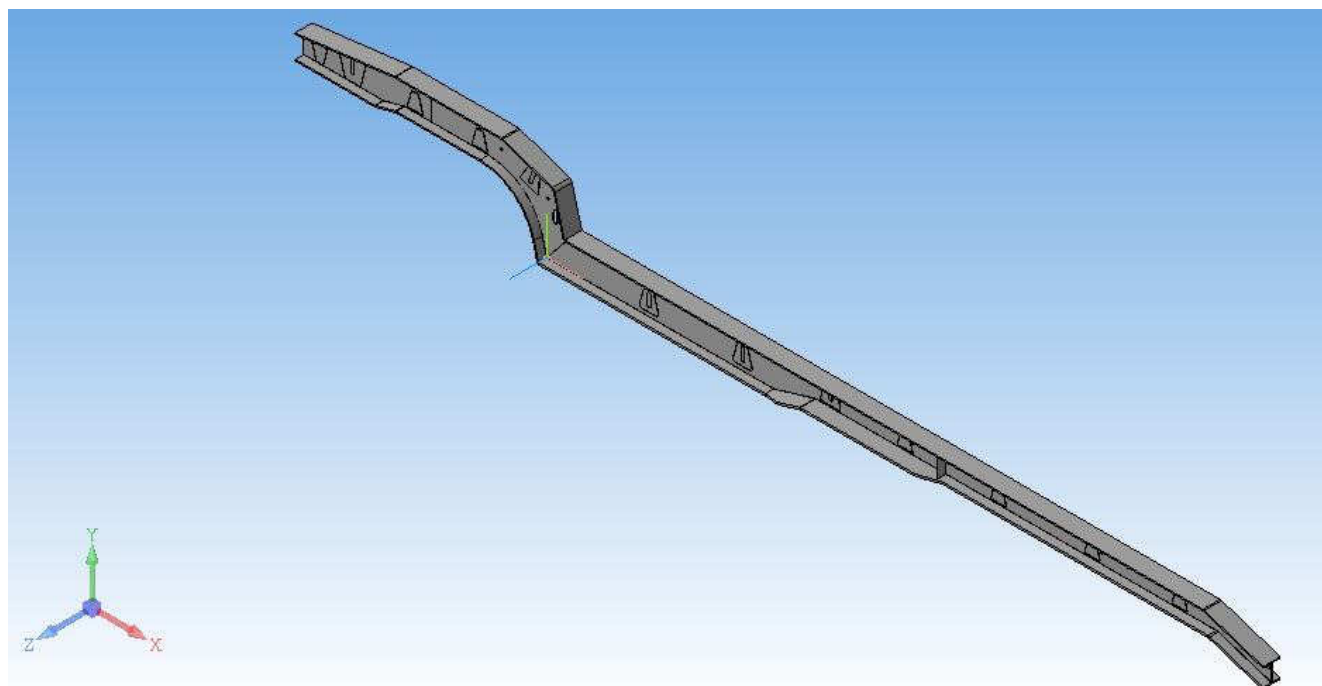


Рисунок 2.1 – «Лонжерон рамы правый»

Лонжерон рамы в сборе состоит из переднего и заднего лонжеронов. Передний лонжерон состоит из (Смотри сборочный чертёж):

- Полка лонжерона верхняя передняя (Поз.1)
- Полка лонжерона нижняя передняя (Поз.15)
- Стенка лонжерона передняя (Поз.4)
- Накладка внутренняя малая (3 шт., Поз.14)
- Накладка внутренняя большая (Поз.2)
- Накладка внутренняя большая (Поз.5)
- Ребро (3 шт., Поз.3)

Задний лонжерон состоит из:

- Накладка нижняя (Поз.13)
- Накладка внутренняя малая (4 шт., Поз.8)
- Накладка внутренняя большая (2 шт., Поз.5)
- Накладка внутренняя (Поз.6)
- Полка лонжерона нижняя (Поз.12)
- Полка лонжерона нижняя правая (левая (в зависимости от вида заднего лонжерона)), (Поз.11)
 - Полка лонжерона верхняя (Поз.13)
 - Стенка лонжерона (Поз.7)
 - Ребро (Поз.11)

Сам же лонжерон рамы в сборе бывает левый и правый и, в свою очередь, входит в состав рамы.

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

3 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Конструкторы компании «Политранс» создают чертежи деталей и сборочные чертежи отдельных узлов, а также сборочный чертёж всего прицепа, исходя из условий, поставленных заказчиком. Для этого инженеры производят необходимые расчёты и испытания, а также подбирают необходимый материал для изготовления изделия.

Затем вся необходимая документация поступает в отдел подготовки производства на предприятие «Южуралтрейлер». Специалисты отдела решают, как выполнить поставленные конструкторами задачи, чтобы готовое изделие полностью соответствовало чертежам и требованиям заказчика.

Для этого на склад завода поступают необходимые материалы, такие как сталь в виде листового и фасонного проката, сварочные материалы (проволока, защитные газы), краска и другие, от партнёров предприятия.

Следующим шагом является составление компьютерного раскроя металла для оборудования плазменной резки, с учётом наименьших отходов после операции резания. Машины плазменной резки ESAB с системой воздушной очистки обеспечивают качественную резку деталей с высокой производительностью за счет стола длиной 14 метров.

Системы защиты установки от столкновения с препятствиями позволяют оператору осуществлять запуск процесса резки и переходить к вспомогательным работам, таким как выгрузка деталей и загрузка нового листа. Используемые газы - кислород и азот, позволяют увеличить ресурс расходных материалов и повысить скорость резки деталей.

Машины плазменной резки снижают трудоемкость сверлильных операций. Точность резки обеспечивается в автоматическом режиме современным программным обеспечением. Установки позволяют выполнять автоматическую плазменную резку листов толщиной до 40 мм и автоматическую газовую резку листов толщиной до 150 мм.

Гибка деталей полуприцепа производится с помощью листогибочных станков с ЧПУ и гильотинных ножниц. Станки позволяют изготавливать детали из листовой стали толщиной от 6 до 20 мм и длиной до 2500 мм.

Полуавтоматические и автоматические ленточнопильные станки используются для изготовления деталей из профильного проката, а также для изготовления полуфабрикатов изделий, получаемых на токарных станках.

Токарно-винторезные станки обеспечивают черновую обработку деталей и изготовление деталей обычного качества. Станки с ЧПУ применяются для выпуска деталей по заданным программам с высокой точностью и чистотой обработки поверхности, а также сложных деталей, требующих обработку в несколько приемов на разных станках.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				13

Горизонтально и вертикально-фрезерные станки предназначены для снятия фасок на деталях под сварку, фрезеровки пазов и др. Радиально-сверлильные станки позволяют выполнять сверление отверстий, как в деталях, так и в готовых изделиях в случаях, когда необходимо выдержать допуски между группой отверстий расположенных на разных деталях. Плоскошлифовальный и два круглошлифовальных станка позволяют получить высокую чистоту обработки для тех поверхностей деталей, где это необходимо.

Мелкие детали на участке термообработки проходят закалку с применением минерального масла, полимерной среды и воды. После объемной закалки, при необходимости производится поверхностная закалка токами высокой частоты с последующим отпусканием для снятия поверхностных напряжений.

Первым этапом на специальном сборочном стенде собственной разработки происходит сборка лонжеронов. Стенд позволяет без зазоров, с сохранением высокой точности, устанавливать и сваривать элементы лонжерона. Еще одной особенностью данного стенда является его универсальность: на нем можно собирать любые типоразмеры изделий.

Вторым этапом лонжероны собираются в хребтовую балку – основной несущий элемент конструкции полуприцепа. Сборка осуществляется на универсальном приспособлении, позволяющем зафиксировать элементы конструкции балки и выдержать заданные размеры.

Далее собранная рама обваривается в 4-х положениях. Сварные швы выполняются в «нижнем» положении, что способствует лучшему проплавлению и отсутствию наплывов. Сварка в смеси защитных газов (аргона и углекислого газа) позволяет снизить разбрызгивание металла и получить качественный ровный и гладкий сварной шов с плавным переходом к основному металлу.

Применение новейших сварочных аппаратов компании EWM позволяет, используя функции ForceArc и импульсной сварки, увеличить глубину проплавления металла и вместе с этим уменьшить коробление конструкции от нагрева, что оказывает положительное влияние на качество выпускаемых изделий.

Затем следует расширение рамы в универсальном сборочном приспособлении. На сваренную хребтовую балку устанавливаются элементы расширения, кронштейны подвески, направляющие уширителей и т.д.

Обработанные детали поступают на участок сборки, на котором собираются все узлы будущего полуприцепа. На участке сборки узлов собираются и обвариваются узлы, которые впоследствии будут установлены на раму полуприцепа.

Трапы, выдвижные стойки, щиты, отбойные бруссы, передние упоры, борта и др. собираются в универсальных приспособлениях, позволяющих выдерживать требуемые размеры и допуски.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

После сборки и сварки рамы, конструкция проходит полную дробеструйную обработку до необходимой чистоты поверхности. Затем следует зачистка от брызг наплавленного металла, возможных неровностей сварных швов и т.д.

Окраска изделий производится в двух окрасочно-сушильных камерах. Для окраски используются современные двухкомпонентные лакокрасочные материалы. Окраска производится в два слоя: первый слой – эпоксидный грунт, второй слой – полиуретановая эмаль.

На заводе сконструирован уникальный стенд для нагружения рессор. Перед монтажом на полуприцеп определенные типы рессорных подвесок собираются на специальном стенде, который позволяет затягивать гайки крепления стремянок рессор в нагруженном состоянии. Таким образом снижается вероятность раскручивания гаек в процессе эксплуатации.

Окончательный вид техника принимает на участке сборки. Здесь на изделие монтируются: электрооборудование, пневмооборудование, опорное устройство, подвеска, колеса, борта, тент, устройства для увязки, отбойные брусья, передние упоры, выдвижные коники, дополнительные опоры, стойки, трапы, задний буфер, уширители и т.д.

Контроль качества каждого этапа производства, установленным техническим требованиям, контролируется ОТК, в него входит контроль качества сварных швов с применением ультразвукового дефектоскопа, контроль зачистки и подготовки к окраске, контроль сборки изделия, при котором проверяется работоспособность всех систем полуприцепа. Результат приемки фиксируется в технологическом паспорте каждого полуприцепа.

						Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

4 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ ОСНОВНОГО И СВАРОЧНОГО МАТЕРИАЛОВ

Для изготовления лонжерона рамы на предприятии применяется листовой прокат из стали 09Г2С. Химический состав стали 09Г2С приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Химический состав стали 09Г2С

С, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Al, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	V, %
0,09	0,57	1,52	0,012	0,013	0,03	0,04	0,02	0,03	0,004

Механические характеристики стали приведены в таблице 3.2.

Таблица 4.2 – Механические характеристики стали 09Г2С

Группа прочности	Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ²	
				При T = -70°C	После мех.старения
325	490	370	30	72	69

Данные приведены из сертификата качества предприятия ПАО «Новокузнецкий металлургический комбинат», осуществляющего поставку металлопроката.

Также применяется сварочная проволока СВ08Г2С диаметром 1,2 мм. Химический состав проволоки приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Химический состав сварочной проволоки СВ08Г2С

С, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Al, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %
0,08	0,75	1,82	0,005	0,014	0,004	0,06	0,05	0,01	0,005

Механические характеристики проволоки приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Механические характеристики сварочной проволоки СВ08Г2С

Группа прочности	Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ²	
				При T = -30°C	После мех.старения
325	480	390	28	55	51

Данные приведены из сертификата качества предприятия ООО «ЧЗСМ», осуществляющего поставку сварочной проволоки.

Для оценки свариваемости определим эквивалентное содержание углерода по следующей формуле:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}; \quad (1)$$

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ			16

$$C_3 = 0,09 + \frac{1,52}{6} + \frac{0,04 + 0,004}{5} + \frac{0,02 + 0,03}{15} = 0,355;$$

По полученному значению можно сделать вывод, что предварительный подогрев не нужен, так как значение C_3 допустимо техническими условиями на производство лонжерона $C_3 < 0,45$.

Оценку образования горячих трещин произведём по формуле:

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

$$HCS = \frac{0,08 \cdot (0,005 + 0,014 + \frac{0,75}{25} + \frac{0,05}{100})}{3 \cdot 1,82 + 0,06 + 0,005} \cdot 10^3 = 0,717;$$

Так как $HCS < 4$, то склонность к образованию горячих трещин очень мала, подогрев не требуется.

5 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ

Лонжерон рамы является очень важной и ответственной частью конструкции рамы, а также очень массивным. В связи с этим считаю рациональным решением рассмотреть использование более прочного материала для изготовления лонжерона. Этим можно достигнуть уменьшения массы готового изделия при неизменных технических характеристиках прицепа, что в свою очередь позволит решить ряд задач, возникающих при эксплуатации полуприцепа. Например, проходимость, уменьшение расхода топлива тягача и многих других.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	17

6 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ОСНОВНОГО И СВАРОЧНОГО МАТЕРИАЛОВ

6.1 Выбор и описание основного материала

Для изготовления лонжерона предлагаю использовать высокопрочную конструкционную сталь марки OPTIM 700 производства финской компании RUUKKI.

Далее приведены высказывания представителей компании RUUKKI на презентации нового вида стали:

«Optim 700 MC Plus представляет собой новое поколение высокопрочных сталей, благодаря которым конструкторы могут создавать машины и механизмы, эксплуатационные характеристики которых, превосходят аналогичные показатели всех выпускаемых ранее изделий», – заявил Кари Лехтинен, первый вице-президент RuukkiMetals.

«В процессе разработки стали мы уделили особое внимание удобству ее использования в машиностроении. Optim 700 MC Plus можно безопасно и без каких-либо затруднений применять в оборудовании, работающем в тяжелых условиях эксплуатации: например, при низких температурах», – сообщил Кари Лехтинен.

Сталь Optim 700 MC Plus предназначена для изготовления крановых стрел, для грузовых и легковых автомобилей, для производства погрузочно-разгрузочного оборудования, землеройных машин, горного оборудования и оборудования для удаления отходов.

Также изготовитель гарантирует отличную свариваемость стали, так как повышение прочности происходит не за счет легирования стали и увеличения её содержания углерода. Так же часть основных легирующих элементов, влияющих на свариваемость, в данной стали отсутствуют.

В таблице 6.1 приведен химический состав стали OPTIM 700.

Таблица 6.1 – Химический состав стали OPTIM 700

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Al, %	Nb, %	V, %	Mo, %	Cr, %
0,16	0,34	1,14	0,001	0,008	0,083	0,003	0,029	0,086	0,2

В таблице 6.2 приведены механические характеристики стали OPTIM 700.

Таблица 6.2 – Механические характеристики стали OPTIM 700

Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю, МПа.
750-900	700	15	230-280

Данные приведены с официального сайта завода изготовителя.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ					18

Оценку свариваемости произведем по формуле (1).

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15};$$

$$C_3 = 0,16 + \frac{1,14}{6} + \frac{0,2 + 0,086 + 0,029}{5} = 0,413;$$

Таким образом, можно сделать вывод, что предварительный подогрев не нужен, так как $C_3 < 0,45$.

6.2 Выбор и описание сварочного материала.

Для сварки стали OPTIM 700 предлагаю использовать сварочную проволоку OKAristorod 69 диаметром 1,2 мм. производства немецкой компании ESAB.

Производитель заявляет, что данная проволока предназначена для сварки сталей с пределом текучести до 700 МПа.

В таблице 6.3. приведен химический состав сварочной проволоки OKAristorod 69.

Таблица 6.3. – Химический состав сварочной проволоки OKAristorod 69

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	V, %	Mo, %	Cu, %
0,1	0,55	1,6	0,015	0,015	0,4	1,4	0,1	0,3	0,02

В таблице 6.4. приведены механические характеристики сварочной проволоки OKAristorod 69.

Таблица 6.4 – механические характеристики сварочной проволоки OKAristorod 69

Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ²		
			При T = +20°C	При T = -20°C	При T = -40°C
800	730	19	125	88	69

Данные приведены с официального сайта завода изготовителя.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				19

Оценку образования горячих трещин произведём по формуле (2)

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

$$HCS = \frac{0,1 \cdot (0,015 + 0,015 + \frac{0,55}{25} + \frac{1,4}{100})}{3 \cdot 1,6 + 0,4 + 0,1} \cdot 10^3 = 1,25;$$

Так как $HCS < 4$, то склонность к образованию горячих трещин очень мала, подогрев не требуется.

Для механизированной сварки в среде защитных газов используем смесь К18 (80-82 % аргона + 18 %-20 % углекислого газа).

Смесь углекислоты и аргоны имеет следующие преимущества:

- увеличение количества наплавленного металла за единицу времени; производительность сварки по сравнению с традиционной (в защитной среде CO₂) увеличивается в полтора-два раза;
- увеличение глубины провара шва, его плотности, что в конечном итоге увеличивает прочность свариваемых конструкций;
- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание на 70-80%;
- снижение количества прилипания брызг (набрызгивания) в районе сварного шва и, следовательно, уменьшение трудоёмкости их удаления;
- повышение стабильности процесса сварки;
- улучшение качества сварного шва: снижение пористости и неметаллических включений;
- уменьшение зоны термического влияния, вследствие этого - уменьшение коробления конструкции;
- сокращение потребления электроэнергии и материалов на 10-15%;
- лучшие условия труда (значительно меньшее количество дыма, сварных аэрозолей сохраняют здоровье сварщика и позволяют ему длительное время работать с большим вниманием);
- экономия средств (стоимость газа составляет лишь небольшую часть общего объёма затрат на сварку).

Таким образом, был произведен выбор основного и сварочного материала, все характеристики в пределах допустимых значений.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

7 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ

Произведем расчет параметров режима сварки для шва №6 (см. сборочный чертеж). Толщина основного металла 8 мм, тип соединения С25 по ГОСТ 14771-76 с двусторонним проваром, угол скоса кромок 40°, притупление 1 мм, зазор 1 мм (см. рис 7.1.). Диаметр проволоки принимаем равным 1,2 мм.

На рисунке 7.1 изображено сварное соединение С25 по ГОСТ 14771-76.

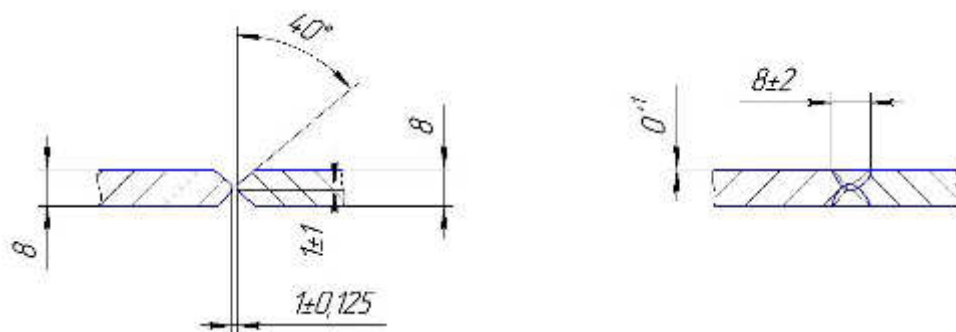


Рисунок 7.1 – Сварное соединение С25 по ГОСТ 14771-76

Назначаем глубину провара исходя из следующих соображений:

$$H_{пр} \geq S/2 \quad (3)$$

Принимаем глубину провара равной 5 мм.

Зададим силу сварочного тока по формуле (4):

$$I_{св} = (70 \div 90) \cdot H_{пр} = 70 \cdot 5 = 350 \text{ A} \quad (4)$$

По формуле (5) найдём плотность тока:

$$i = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 350}{3,14 \cdot 1,2^2} = \frac{320 \text{ A}}{\text{мм}^2} \quad (5)$$

Рассчитаем напряжение дуги по формуле (6):

$$U_0 = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{d_3^{0,5}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 350}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 21 \text{ В} \quad (6)$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{под} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{эл} \cdot \gamma} \quad (7)$$

где $\alpha_p = 14$ – коэффициент расплавления, г/Ач;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	21

$F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, $см^2$,

γ – плотность металла, принимаем $7,8 г/см^3$

Тогда, по формуле (7)

$$V_{под} = \frac{14 \cdot 350 \cdot 4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2 \cdot 7,8} \approx 15,5 \text{ см/с.}$$

Найдем скорость сварки в соответствии с формулой (8):

$$V_{св} = P/I, \quad (8)$$

значение параметра P принимаем 5000 , тогда:

$$V_{св} = 4000/350 = 11,4 \text{ м/ч} = 0,32 \text{ см/с.}$$

Погонная энергия рассчитывается следующим образом:

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_n}{V_{св}}, \quad (9)$$

где $\eta_n = 0,9$ – т.к. используется ток обратной полярности

Тогда в соответствии с формулой (9) получим:

$$q_n = \frac{0,24 \cdot 350 \cdot 21 \cdot 0,9}{0,32} = 4960 \text{ кал/см,}$$

Рассчитаем скорость охлаждения по формуле (10):

$$W_{охл} = \varpi 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T_m - T_0)^2}{(q_n/\delta)}, \text{ где} \quad (10)$$

ϖ – безразмерный критерий процесса;

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

						Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

$T_M = 500$ – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С;

$T_0 = 25$ – начальная температура изделия, °С.

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия $1/\theta$, который определяется по формуле (11)

$$1/\theta = \frac{2k_1 q_{II}}{\pi(\delta^2 k_2) \cdot c\gamma \cdot (T_M - T_0)}, \quad (11)$$

где $c\gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³°С;

k_2 – коэффициент приведения.

Для стыковой сварки с разделкой кромок значения коэффициентов приведения определяются из условия (12)

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180^\circ}{180^\circ - 40^\circ} = 1,29. \quad (12)$$

Тогда, по формуле (11) получим, что

$$1/\theta = \frac{2 \cdot 1,29 \cdot 4960}{3,14 \cdot (0,8^2 \cdot 1,29) \cdot 1,25 \cdot (500 - 25)} = 0,8.$$

При значении $1/\theta = 0,8$ значение $\bar{\omega} = 0,88$

Тогда, по формуле (10) получим, что

$$W_{\text{охл}} = 0,88 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 1,25 \frac{(500 - 125)^2}{(4960/0,8)} = 15^\circ\text{С/с}$$

Данное значение скорости охлаждения попадает в интервал допустимых скоростей охлаждения для стали Optim 700.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	23

8 ВЫБОР СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для выполнения механизированной сварки в среде защитного газа выбираем инверторный сварочный аппарат Selco PSM-408.

На рисунке 8.1 изображен инверторный сварочный аппарат Selco PSM-408.



Рисунок 8.1 – Сварочный инвертор Selco PSM-408

Технические характеристики сварочного инвертора Selco PSM-408 представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Технические характеристики сварочного инвертора Selco PSM-408

Напряжение питающей сети	3x400 В
Мощность	19,4 кВА, 18,0 кВт
Номинальный сварочный ток	ПВ, %
	t=40°C, 35%, 400 А
	t=40°C, 40%, 320 А
	t=40°C, 100%, 250 А
Пределы регулирования сварочного тока	30-450 А
Напряжение холостого хода	65 В
Класс защиты	21S
Габариты	600x220x440 мм
Вес	17,5 кг

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ					24

Технические характеристики блока подачи проволоки представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Технические характеристики блока подачи проволоки

Напряжение питающей сети	3x400 В
Мощность	90 Вт
Диаметр проволоки	С 1,0 – 1,2 мм.
	П 1,2 – 2,4 мм
	А 0,8 – 1,3 мм
Пределы регулирования сварочного тока	6 – 500 А
Скорость подачи проволоки	1,5 – 22 мм/мин
Класс защиты	23S
Габариты	600x220x440 мм
Вес	17,5 кг

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	
					25	

9 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ

9.1 Общие требования контроля

Контроль качества начинается с приёмки заготовок и материалов, поступающих на предприятие.

Ко всем применяемым материалам должен прилагаться паспорт соответствия. Поступающий металлопрокат проверяют на соответствие химического состава заявленному в сертификате.

Смесь аргона и углекислого газа тщательно контролируется на чистоту и верное соотношение пропорций газов в смеси. Сварочная проволока проверяется на соответствие заявленному химическому составу, а также отсутствие загрязнений, ржавчины и масляных следов.

На каждом этапе технологического процесса исполнитель конкретной операции должен контролировать все 100%. Наиболее ответственным моментом является контроль сварного шва. Контроль качества сварного соединения монтажных узлов производится лабораторией неразрушающего контроля, аттестованной в соответствии с ПБ 03-372-00, специалистами неразрушающего контроля, аттестованными в соответствии с ПБ 03-440-02.

Контроль качества проводится методами ультразвукового, визуального и измерительного контролей.

Схема контроля качества готового изделия приведена на рисунке 9.1.

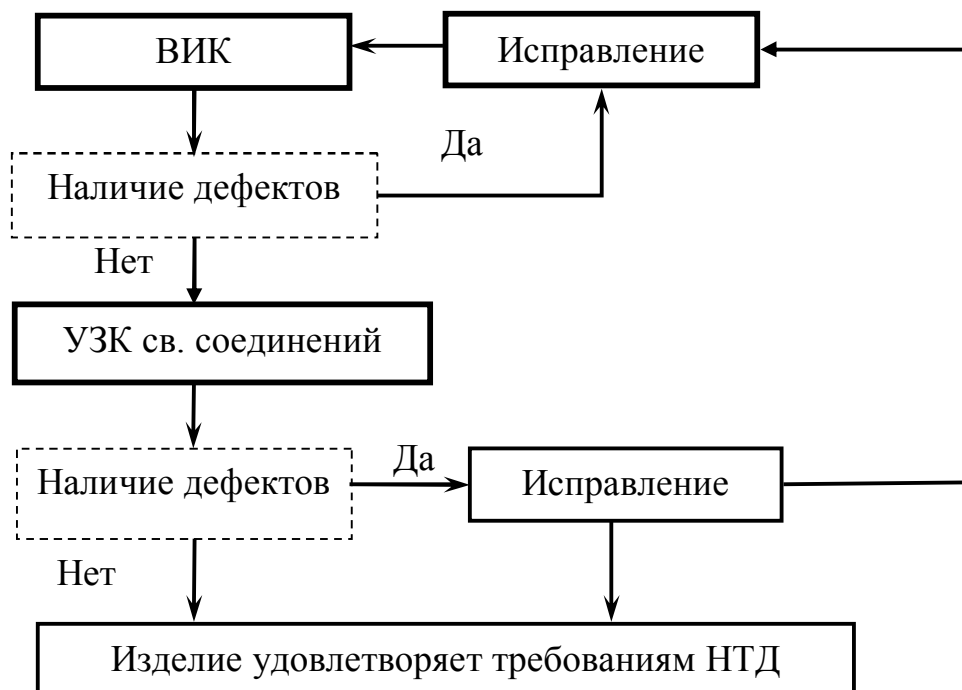


Рисунок 9.1 – Схема контроля качества готового изделия

Технические требования:

- 1 Основные геометрические параметры сварных швов должны соответствовать ГОСТ 14771-76, ГОСТ 23518-79.
- 2 Поверхность металла должна быть очищена от влаги, масла, грязи, ржавчины, отслаивающейся окалины и других загрязнений на расстоянии не менее 25 мм от кромок свариваемых деталей.

Дефекты сварных швов и способы их устранения.

Дефекты по месту расположения подразделяются на внешние, которые можно обнаружить невооруженным глазом и внутренние, которые можно выявить, применяя методы неразрушающего контроля сварки.

При удалении дефектных мест целесообразно соблюдать определенные условия. Длина удаляемого участка должна быть равна длине дефектного места плюс 10-20 мм с каждой стороны, а ширина разделки выборки должна быть такой, чтобы ширина шва после заварки не превышала его двойной ширины до заварки. Форма и размеры подготовленных под заварку выборок должны обеспечивать возможность надежного провара в любом месте. Поверхность каждой выборки должна иметь плавные очертания без резких выступов, острых углублений и заусенцев. При заварке дефектного участка должно быть обеспечено перекрытие прилегающих участков основного металла. После заварки участок необходимо зачистить до полного удаления раковин и рыхлости в кратере, выполнить на нем плавные переходы к основному металлу.

Исправленные места сварных швов соединений должны быть повторно проконтролированы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству изделия. Если при этом вновь будут обнаружены дефекты, то производят их повторное исправление с соблюдением необходимых требований. Число исправлений одного и того же дефектного участка, как правило, не должно превышать 2 раз.

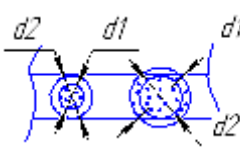
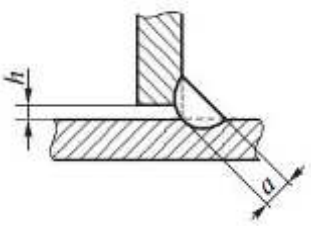
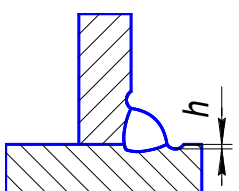
									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

Наружные дефекты сварных швов и способы их устранения указаны в таблице 9.1.

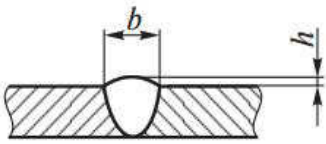
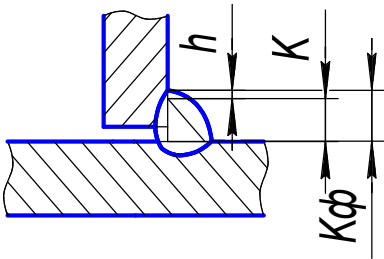
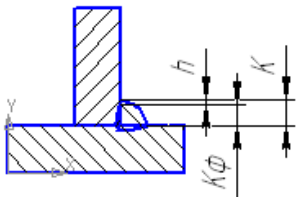
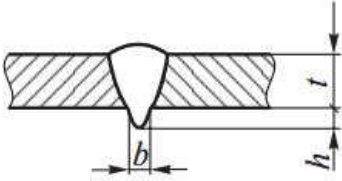
Таблица 9.1 – Наружные дефекты сварных швов и способы их устранения

Наименование дефекта	Характеристика дефектов по расположению, форме и размерам	Требования к уровню качества	Методы устранения дефектов
Трещины	Трещины всех видов, размеров и ориентации, кроме кратерных трещин	Не допускаются	Исправление трещины заключается в удалении дефектного участка шва (вырубанию, выдуванию или вырезанию) и заваривании. Если трещина вышла на основной металл, то конец трещины засверливают $\phi 6$ мм, а затем разделяют и заваривают.
	Кратерные трещины	Не допускаются	Подварить кратерную трещину
Пористость и газовые поры	Относительная суммарная площадь в сечении сварного соединения (ширина проплавления или его глубина, умноженная на длину шва) Максимальный размер наибольшей поры:	1%	Участок сварочного шва, в котором присутствуют поры размером больше допустимого, подлежит перварке с предварительной механической зачисткой.
	Стыковой шов	$d \leq 0,3s$, где s – номинальная ширина стыкового сварного шва	
	Угловой шов	$d \leq 0,3a$, где a – катет углового сварного шва	
	Максимальный размер одиночной поры	3 мм	

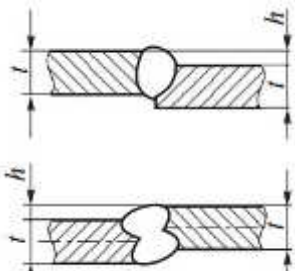
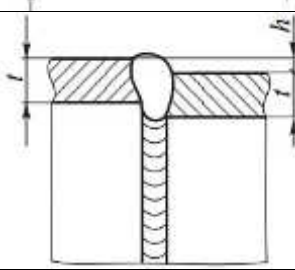
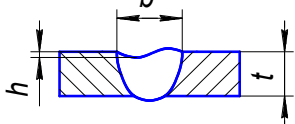
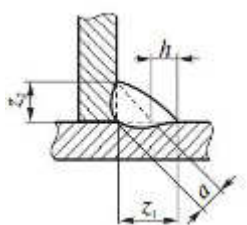
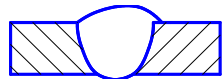
Продолжение таблицы

Скопление пор	Максимальная суммарная площадь пор от площади дефектного участка шва.*	4%	Участок сварочного шва, в котором присутствует скопление пор размером больше допустимого, подлежит перепварке с предварительной механической зачисткой.
	Максимальный размер наибольшей поры:		
	Стыковой шов	$d \leq 0,3s$, где s - номинальная ширина стыкового сварного шва	
	Угловой шов	$d \leq 0,3a$, где a - катет углового сварного шва	
	Максимальный размер локализованной групповой пористости	2 мм	
Неправильная сборка заготовок под сварку	<p>Чрезмерный или недостаточный зазор между соединяемыми деталями.</p> 	$h \leq 0,5 \text{ мм} + 0,1a$ максимально 2 мм	Зазоры, превышающие установленные размеры, в некоторых случаях могут быть компенсированы соответствующим увеличением размера шва, в случае чрезмерного превышения, решение принимает по доработке технолог
Подрезы	<p>Необходим плавный переход канавки к основному металлу и шву</p> 	$l < 100 \text{ мм}$ $h \leq 0,5 \text{ мм}$	Подварить дефектный участок. Для видовых сварных швов - зачистить после подварки

Продолжение таблицы

<p>Чрезмерная выпуклость шва (только для видовых швов)</p>	<p>Необходим плавный переход выпуклости шва к основному металлу</p> 	<p>$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1b$ максимально 5 мм</p> <table border="1" data-bbox="834 472 1109 533"> <tr> <td>b</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>	b	10	20	30	40	h	2	3	4	5	<p>Чрезмерную выпуклость удалить шлифовальным инструментом</p>
b	10	20	30	40									
h	2	3	4	5									
<p>Превышение катета углового шва (только для видовых швов)</p>		<table border="1" data-bbox="853 705 1090 786"> <tr> <td>K</td> <td><6</td> <td>>6</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> </table> <p>$l < 200 \text{ мм}$ где l – длина дефектного участка</p>	K	<6	>6	h	2	4	<p>Чрезмерный катет удалить шлифовальным инструментом, затем подварить</p>				
K	<6	>6											
h	2	4											
<p>Уменьшение катета углового шва</p>	 <p>где h – разница между номинальным и фактическим катетом</p>	<table border="1" data-bbox="853 1106 1090 1196"> <tr> <td>K</td> <td><6</td> <td>>6</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table> <p>$l < 100 \text{ мм}$ где l – длина дефектного участка</p>	K	<6	>6	h	1	2	<p>Подварить шов на участке с недостаточной высотой рабочего сечения. Для видовых швов – предварительно зачистить механическим способом</p>				
K	<6	>6											
h	1	2											
<p>Чрезмерный провар корня шва (только для видовых швов)</p>		<p>$h \leq 1 \text{ мм} + 0,3b$ максимально 3 мм</p>	<p>Чрезмерный провар удалить шлифовальным инструментом.</p>										

Продолжение таблицы

Смещение кромок	Обычно правильному положению кромок соответствует совпадение центров свариваемых деталей		<p>Продольные швы $h \leq 0,1t$ максимально 3 мм</p>	Решение по способу доработки принимает технолог
				
Неполномерный шов	<p>Переход от шва к основному металлу должен быть плавный</p> 	<p>Длинные дефекты не допускаются. Короткие дефекты $h \leq 0,05t$, максимально 0,5 мм</p>	Подварить дефектный участок.	
Ассиметричный угловой шов (только для видовых швов)	<p>Ассиметрия не предусмотрена</p> 	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15a$	Наложить дополнительный валик со стороны меньшего катета с последующей зачисткой шва механическим путем.	
Наплыв, натеки (только для видовых швов)		Без исправления не допускаются	Зачистить механическим путем, за счет удаления избыточного металла, обеспечить плавный переход от шва к основному металлу.	

Окончание таблицы

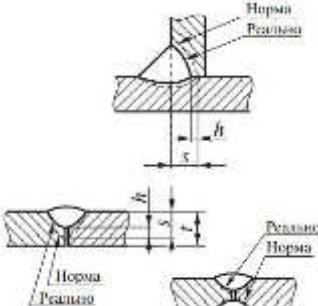
Следы дуги		На видимых участках не допускаются.	Зачистить поврежденные участки шлифовальным инструментом.
Брызги		На видимых участках не допускаются.	Зачистить дефектные участки ручным или шлифовальным инструментом.
Прожоги		Без исправления не допускаются	Места с прожогами зачистить и заварить.
Задиры поверхности металла	Повреждения поверхности, вызванные удалением временных приспособлений	На видимых участках без исправления не допускаются	Зачистить поврежденные участки шлифовальным инструментом.
Неравномерная ширина шва	Значительное изменение ширины шва на небольшом участке	На видимых участках не допускается	Подварить, если это не выведет геометрические размеры за пределы допустимых значений. В ином случае предварительно зачистить механическим инструментом.

Внутренние дефекты сварных швов и способы их устранения указаны в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Внутренние дефекты сварных швов и способы их устранения

Наименование дефекта	Характеристика дефектов по расположению, форме и размерам	Допустимые дефекты согласно уровню качества	Методы устранения дефектов												
Внутренние поры, шлаковые включения	Максимальный размер дефекта:	<table border="1"> <tr> <td>S, K</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>2,5</td> <td>3</td> </tr> </table> <p>где S – толщина металла для стыкового шва, где K – катет углового шва</p>	S, K	4	6	8	10	>10		1	1,5	2	2,5	3	Участок сварочного шва, в котором присутствуют поры больше допускаемых, подлежит перепварке с предварительной механической зачисткой.
S, K	4	6	8	10	>10										
	1	1,5	2	2,5	3										

Окончание таблицы

Непровар и несплавления		Не допускаются	Участок шва с непроваром должен быть зачищен и заварен заново.
-------------------------	---	----------------	--

9.2 Визуальный и измерительный контроль

Требования к выполнению визуального и измерительного контроля (согласно РД-03-606-03):

- Визуальный и измерительный контроль рекомендуется выполнять на стационарных участках, которые должны быть оборудованы рабочими столами, стендами, роликоопорами и другими средствами, обеспечивающими удобство выполнения работ.
- Участки ВИК рекомендуется располагать в наиболее освещенных местах цеха, которые имеют естественное освещение. Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного и качественного выявления дефектов, но не менее чем 500Лк.

При визуальном и измерительном контроле применяют:

- лупы;
- линейки измерительные металлические;
- угольники поверочные 90 ° лекальные;
- штангенциркули;
- щупы;
- стенкомеры и толщиномеры индикаторные;
- микрометры;
- нутромеры микрометрические и индикаторные;
- калибры;
- эндоскопы;
- шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС), радиусные, резьбовые и др.;
- поверочные плиты;

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ					33

Требования к поверхности при ВИК:

- Подготовка контролируемых поверхностей проводится подразделениями организации, выполняющей работы по визуальному и измерительному контролю;
- Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от ржавчины, окалины, грязи, шлака, влаги, краски, масла, брызг расплавленного металла, продуктов коррозии и других загрязнений, которые препятствующих проведению контроля. Зона зачистки должна определяться нормативной документацией(НД) на вид работ или на изготовление изделия. При отсутствии требований в НД зона зачистки деталей и сварных швов должна составлять:
 - при зачистке кромок деталей под все виды дуговой, газовой и контактной сварки - не менее чем 20 мм с наружной стороны и не менее 10 мм с внутренней стороны от кромок разделки детали;
 - Шероховатость зачищенных под контроль поверхностей деталей, сварных соединений, а также поверхность разделки кромок деталей (сборочных единиц, изделий), подготовленных под сварку, должна быть не более Ra 12,5 (Rz 80).
 - Шероховатость поверхностей изделий и сварных соединений для проведения последующих методов неразрушающего контроля зависит от метода контроля и должна быть не более:
 - Ra 3,2 (Rz 20) - при капиллярном контроле;
 - Ra 10 (Rz 63) - при магнитопорошковом контроле;
 - Ra 6,3 (Rz 40) - при ультразвуковом контроле.

В выполненном сварном соединении визуально следует контролировать:

- отсутствие либо наличие поверхностных трещин всех видов и направлений;
- отсутствие либо наличие на поверхности сварных соединений дефектов (пор, включений, скоплений пор и включений, отслоений, прожогов, наплывов, свищей, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг, западаний между валиками, грубой чешуйчатости);
- качество зачистки металла в местах приварки временных технологических креплений, а также отсутствие поверхностных дефектов в местах зачистки;
- качество зачистки поверхности сварного соединения изделия (сварного шва и прилегающих участков основного металла) под последующий контроль неразрушающими методами (в случае если такой контроль предусмотрен ПТД);
- наличие маркировки (клеймения) шва и правильность ее выполнения.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

В выполненном сварном соединении измерениями необходимо контролировать:

- размеры поверхностных дефектов, выявленных при визуальном контроле;
- высоту и ширину шва, а также вогнутость и выпуклость обратной стороны шва в случае доступности обратной стороны шва для контроля;
- высоту либо глубину углублений между валиками и чешуйчатости поверхности шва;
- подрезы (глубину и длину) основного металла;
- отсутствие непроваров (за исключением конструктивных непроваров) с наружной и внутренней стороны шва;
- размеры катета углового шва;
- отсутствие переломов осей сваренных цилиндрических элементов.

9.3 Ультразвуковой контроль

Для проведения ультразвукового контроля предлагается использовать ультразвуковой дефектоскоп Erosch LTC. Дефектоскоп Erosch LTC предназначен для ультразвукового контроля материалов, изделий, сварных соединений на наличие дефектов типа нарушения сплошности или однородности в металлах, пластиках и других твердых телах.

Erosch LTC предназначен для:

- поиска и обнаружения дефектов
- измерения координат дефектов
- измерения амплитуд сигналов от дефектов

Erosch LTC может быть применен в машиностроении, металлургической промышленности, при монтаже металлоконструкций, трубопроводов, энергетического оборудования, а также для контроля транспортных средств в условиях эксплуатации.

Отличительной особенностью Erosch LTC является возможность его предварительной настройки на контроль 1000 объектов, выполненных из материалов с различными скоростями распространения и затухания УЗК. Перенастройка прибора на контроль объектов из одного и того же материала, но с различной геометрией, осуществляется без использования стандартных образцов.

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				

Технические характеристики дефектоскопа Epoch LTC приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Технические характеристики дефектоскопа Epoch LTC

Масса	960 г с литий – ионным аккумулятором
Габаритные размеры	128,9×223,3×55,1 мм
Клавиатура	Английская или международная клавиатура
Язык интерфейса	Английский, немецкий, французский, испанский, итальянский, русский, японский, китайский, норвежский, шведский
Разъём для датчика	LEMO 00
Аккумулятор	Литий – ионный. Вспомогательный блок для батарей AA.
Время работы от аккумуляторов	Литий-ионный: 8 часов Литиевые батареи Li/FeS2 AA: 6 часов Никель-металлгидридные AA: 4 часа Щелочные батареи AA: 3 часа
Питание	100-120 В, 200-240 В, 50-60 Гц
Защита от проникновения жидкостей и загрязнений	IP67
Безопасная эксплуатация во взрывоопасной атмосфере	MIL-STD-810F
Защита от ударных воздействий	IEC 60068-2-27
Устойчивость к синусоидальным вибрациям	IEC 60068-2-6
Ударная прочность при падении	MIL-STD-810F
Цветной трансфлективный ЖК-экран	Частота обновления экрана 60 Гц, выбираемые пользователем цветовые схемы и яркость, 2 режима комбинированного экрана и 1 полноэкранный режим

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				36

Продолжение таблицы

Размеры экрана	640×480 пикселей, 75×56 мм
Режим отображения вертикальной оси амплитуды	100 % или 110% значения амплитуды
Режим отображения горизонтальной оси времени	Стандартный вид (0-10), со значениями УЗ-пути (1-5) и со значениями отрезков пути ультразвука
Генератор прямоугольных импульсов	Фиксированная длительность импульсов оптимальна для большинства стандартных задач дефектоскопии
Длительность импульса	В базовой комплектации длительность не меняется. С опцией EPLTC-SWP настраивается с 25 до 5 000 нс (0,1 МГц)
Частота повторения зондирующего импульса (ЧЗИ)	Автоматически контролируется ПО прибора в диапазоне от 10 Гц до 500 Гц. Ручная настройка ЧЗИ (EPLTC-PRF)
Частота измерений	От 10 Гц до 500 Гц. Всегда равна ЧЗИ
Напряжение генератора	От 100 до 400 В с шагом в 100 В
Демпфирование	50 Ом, 100 Ом, 200 Ом, 400 Ом
Усиление	От 0 до 110 дБ – два настраиваемых значения шага усиления и задаваемые значения усиления для функциональных клавиш
Общая полоса пропускания	0,2 – 26,5 МГц по уровню -3 дБ
Настройка цифровых фильтров	Стандартный: 0,2 МГц - 10,0 МГц Широкополосный: 2,0 МГц - 21,5 МГц Низкочастотный: 0,5 МГц - 4,0 МГц Высокочастотный: 8,0 МГц - 26,5 МГц

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				37

Продолжение таблицы

Детектирование	Полная волна, положительная полуволна, отрицательная полуволна, радиочастота
Линейность	По горизонтали: $\pm 0,2$ % высоты экрана
По вертикали	0,25 % высоты экрана; погрешность усилителя ± 1 дБ
Отсечка	От 0 до 80% высоты экрана с визуальной сигнализацией
Калибровка	Автоматическая калибровка скорости звука и смещения нуля
Режимы контроля	Импульс-эхо, отдельно-совмещённый, теневой
Единицы измерения	Миллиметры, дюймы или микросекунды
Диапазон	От 4 мм до 5 000 мм
Скорость звука	От 635 м/с до 15 240 м/с
Смещение нуля	От 0 до 750 мкс
Задержка отображения	От -59 мм до максимального диапазона
Угол ввода луча	От 10° до 85° с шагом 0,1
Измерения в стробе 1	Толщина, путь ультразвука, проекция, глубина, амплитуда, время пролёта
Строб 2 (по заказу) (EPLTC-GATE2)	Все измерения и сигнализации, что и в стробе 1, и измерения в режиме эхо-эхо
Динамические кривые DAC/ВРЧ	ASME, ASME III, JIS, пользовательская кривая DAC и до 3 сигнальных кривых. Динамическая настройка усиления, динамический диапазон 100 дБ, изменение коэффициента усиления 100 дБ/мкс, создание до 50 точек на кривой
Измерение амплитуды	От 0 до 110% полной высоты экрана

Окончание таблицы

Строб 1	Измерение высоты эхо-сигнала и времени пролёта
Начало строба	Настраивается на всём отображаемом диапазоне
Ширина строба	Настраивается от начала строба до конца отображаемого диапазона
Высота строба	Настраивается на уровне от 2% до 95% от высоты экрана
Сигнализации	Положительная и отрицательная, по минимальной глубине
Масштабирование	Увеличение диапазона по ширине строба 1

Ероч LTC устойчив к воздействию температуры окружающей среды при сохранении работоспособности в диапазоне -20° ... $+50^{\circ}$ C. Ероч LTC устойчив к воздействию влажности окружающей среды до 98% при $+35^{\circ}$ C при сохранении работоспособности.

Уровень радиопомех, создаваемых Ероч LTC, не превышает значений, устанавливаемых «Общесоюзным нормам допусковых промышленных радиопомех» (Нормы 8-72).

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ				39

10 АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

В программе ANSYS был произведен анализ напряженно-деформированного состояния сварного шва № 6 (см. Сборочный чертеж.)

Последовательность анализа приведена ниже.

На рисунке 10.1 изображен фрагмент сварного соединения, импортированный в программный комплекс ANSYS.

Рисунок 10.1 – Фрагмент сварного соединения, импортированный в программный комплекс ANSYS

На рисунке 10.2 изображены значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона для стали 09Г2С.

Рисунок 10.2 – Значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона для стали 09Г2С

						Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.3 изображены значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона для сварочной проволоки марки 08Г2С.

Рисунок 10.3 – Значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона для сварочной проволоки марки 08Г2С

На рисунке 10.4 изображены значения предела текучести и касательного модуля упругости для стали 09Г2С.

Рисунок 10.4 – Значения предела текучести и касательного модуля упругости для стали 09Г2С

						Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.5 изображен процесс разделения сварного соединения на составные части.

Рисунок 10.5 – Процесс разделения сварного соединения на составные части

На рисунке 10.6 изображено значение и направление перемещений для левого края сварного соединения.

Рисунок 10.6 – Значение и направление перемещений для левого края сварного соединения.

						Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.7 изображено значение и направление перемещений для правого края сварного соединения.

Рисунок 10.7 – Значение и направление перемещений для правого края сварного соединения

На рисунке 10.8 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении для данных условий нагружения.

Рисунок 10.8 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении

						Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.8 показано, как распределятся напряжения при растяжении сварного шва №6 (см. сборочный чертеж.) на 1 % от длины сварного шва. Данный анализ был проведён для изделия, основным материалом которого является сталь 09Г2С, при использовании для сварки проволоки 08Г2С. Далее приведём изображения результатов анализа сварного соединения с дефектами.

На рисунке 10.9 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим непровар в корне шва.

Рисунок 10.9 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим непровар в корне шва

На рисунке 10.10 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим несплавление кромки шва.

Рисунок 10.10 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим несплавление кромки шва

						Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.11 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим подрез сварного шва.

Рисунок 10.11 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим подрез сварного шва

На рисунке 10.12 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 1 мм.

Рисунок 10.12 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 1 мм

						Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.13 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 3 мм.

Рисунок 10.13 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 3 мм

Далее приведём результаты анализа для изделия с основным металлом сталь ОРТМ 700 с пределом текучести 700 Мпа, и сварочной проволокой ESAB ОК AristoRod 69 с пределом текучести 720 Мпа при тех же условиях нагружения.

На рисунке 10.14 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении без механических неоднородностей.

Рисунок 10.14 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении без механических неоднородностей

						Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.15 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим непровар в корне шва.

Рисунок 10.15 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим непровар в корне шва

На рисунке 10.16 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим несплавление кромки шва.

Рисунок 10.16 – деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим несплавление кромки шва

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	47

На рисунке 10.17 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим подрез сварного шва.

Рисунок 10.17 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении, имеющим подрез сварного шва

На рисунке 10.18 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 1 мм.

Рисунок 10.18 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 1 мм

						Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

На рисунке 10.19 изображены деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 3 мм.

Рисунок 10.19 – Деформации и распределение напряжений в сварном соединении с газовой порой, диаметром 3 мм

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

После проведения анализа напряженно-деформированного состояния можно сделать вывод, что использование новой марки стали для изготовления лонжерона рамы целесообразно, т.к. результаты исследования показали, что при одинаковых условиях нагружения и геометрических размерах сварного соединения при использовании марки стали Optim 700 напряжения и деформации снизились по сравнению с маркой стали 09Г2С, используемой для изготовления лонжерона.

						Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.138.00 ПЗ	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. акад. Б. Е. Патона. –М.: Машиностроение, 1974. –768 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки: Учебное пособие.– М.: Машиностроение, 1975. –536 с.
3. Сварка в машиностроении: Справочник / Под ред. Н.А. Ольшанского.– М.: Машиностроение, 1978. –Т.1. –501 с.
4. Милютин, В.С Источники питания для сварки: Учебное пособие / В.С. Милютин, В.А. Короткое. – Челябинск: Изд-во «Металлургия Урала», 1999. – 368 с.
5. Акулов, А.И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.:Машиностроение. –1977. – 432 с. ил.
6. Виноградов, А.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении / А.С. Виноградов. – М.: Машиностроение, 1981.– 295 с.
7. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование / Г.А. Николаев, В.А. Винокуров. –М.: Высшая школа, 1990. –445 с.
8. Березовский, Б.М. Расчет режимов дуговой сварки: Учебное пособие / Б.М. Березовский, Г.Д. Куликов, Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1988. –22 с.
9. Куркин, С.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация автоматизация и контроль качества в сварочном производстве / С.А. Куркин, Г.А. Николаев. –М.: Высшая школа, 1991. –398 с.
10. Оборудование для дуговой сварки: Справочное пособие / Под ред. В. В. Смирнова.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 656 с.
11. Браткова, О.Н. Источники питания сварочной дуги: Учебник / О.Н. Браткова. –М.: Высшая школа, 1982. –182 с.
12. Стихии, В.А. Источники питания сварочной дуги: Учебное пособие / В.А. Стихин. –Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1990. –138 с.
13. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов / А.И. Красовский. –М.: Машиностроение, 1980. –387 с.
14. Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства / К.А. Грачева. –М.: Машиностроение, 1984. –368 с.

						<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>15.03.01.2017.138.00 ПЗ</i>	51