



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет Отдел магистратуры

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

Зав. кафедрой «М и АСП»

Д.В. Рогозин

подпись

« 3 » 08 2021 г

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема «АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СВАРКИ БУФЕРНОГО БРУСА РАМЫ
КУЗОВА ЭЛЕКТРОВОЗА (по заданию ООО «ПК НЭВЗ»))»

Направление подготовки 15.04.01 Сварка нефтегазовых сооружений

Обозначение МД 15.04.01.660000.000

Группа ММС21

Обучающийся

подпись, дата

А.А. Шевченко

Руководитель МД

подпись, дата

доц. А.Н. Грицына

Нормоконтроль

подпись, дата

доц. А.Л. Черногоров

Ростов-на-Дону

2021



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

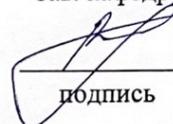
Факультет

Отдел магистратуры

Кафедра

«Машины и автоматизация сварочного производства»

Зав. кафедрой «М и АСП»


Д.В. Рогозин

подпись

« _____ » _____ 2021 г

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Тема «Анализ и проектирование сборочной оснастки для роботизированного комплекса сварки буферного бруса рамы кузова электровоза (по заданию ООО «ПК НЭВЗ»»»

Обучающийся Шевченко Андрей Андреевич

Обозначение 15.04.01.660000.000 МД Группа ММС21

Тема утверждена приказом ДГТУ от 26.05.2021

Срок представления диссертации к защите 25.06.2021

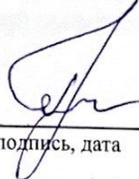
Исходные данные для выполнения магистерской диссертации:

1. План выполнения учебной, научно-исследовательской работы и практики магистранта.
2. Отчеты по НИР магистранта за 1, 2, 3 и 4 семестры
3. Положение о магистерской диссертации, утвержденное приказом от 19.11.2015 г. № 185.
4. Правила оформления и требования к содержанию курсовых проектов (работ и выпускных квалификационных работ, утвержденные приказом ректора ДГТУ от 30.12.2016 г. №227.

Перечень основных вопросов, которые должны быть рассмотрены в диссертации

1. Составление технического задания на разработку не стандартной оснастки сборки и сварки
2. Анализ вариантов схем базирования
3. Изменение конструкции отдельных элементов буферного бруса
4. Разработана схема базирования для сборки и сварки буферного бруса и сборочных единиц
5. Компьютерное моделирование оснастки для сварки боковины с математическим обоснованием её технических характеристик

Руководитель МД


подпись, дата

доц. А.А. Грицына
(И.О.Ф)

Задание принял к исполнению


подпись, дата

А.А. Шевченко
(И.О.Ф)

Annotation

The topic of this master's thesis is "Analysis and design of assembly equipment for a robotic complex for welding a buffer bar of an electric locomotive body frame." It was proposed to change the design of individual elements of the buffer bar and the method of their welding, which is not inferior in characteristics as a result of a comparative calculation with the original design.

The rational degree of division of the structure into assembly units has been determined. The structure of the product assembly has been drawn up.

The basing scheme for the assembly and welding of the sidewall was developed on the basis of the basing scheme, the equipment was designed.

The volume of the master's thesis.

Explanatory note: 95 pages, 11 tables, 39 figures, 20 literary sources.

Аннотация

Тема данной магистерской диссертации - «Анализ и проектирование сборочной оснастки для роботизированного комплекса сварки буферного бруса рамы кузова электровоза». Было предложено изменение конструкции отдельных элементов буферного бруса и метода их сварки, не уступающее по характеристикам в результате сравнительного расчета с изначальной конструкции.

Определена рациональная степень разбиения конструкции на сборочные единицы. Составлена структура сборки изделия.

Разработана схема базирования для сборки и сварки боковины на основании схемы базирования была спроектирована оснастка.

Объем магистерской диссертации.

Пояснительная записка: 95 страниц, 11 таблиц, 39 рисунков, 20 литературных источников.

Содержание

Введение.....	8
1 Актуальность проблемы.....	9
2 Анализ исходных данных	11
2.1 Особенности конструкции.....	11
2.2 Характеристики конструкционных материалов.....	14
2.3 Проблематика исследования	15
2.4 Выводы по первому разделу.....	16
3 Анализ возможности применения шва в прорезь, для сварки буферного бруса рамы кузова электровоза.	17
3.1 Решение дифференциальных задач методом конечных элементов	17
3.2 Основная концепция МКЭ.....	20
3.3 Сравнительный расчет различных типов сварных соединений методом конечно - элементного моделирования в программном комплексе Ansys25	
3.4 Анализ технологичности изделия	33
3.5 Выводы по третьему разделу.....	35
4 Выбор сборочно-сварочного оборудования и другой технологической оснастки	36
4.1 Технология сварки 2мя проволоками.....	36
4.2 Выбор сварочного оборудования и его технические характеристики.....	43
4.3 Расчёт расхода электроэнергии, газа, и свариваемой проволоки.	45
4.4 Выбор сварочных материалов.....	45
4.5 Определение норм расхода сварочных материалов.....	46
5 Компьютерное моделирование оснастки для сварки боковины с математическим обоснованием её технических характеристик.....	54

15.04.01.660000.000 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Шевченко А.А.		
Пров		Грицына А.Н.		
Н. Контр.		Черногоров А.Л.		
Утв		Рогозин Д.В.		
Анализ и проектирование сборочной оснастки для роботизированного комплекса сварки буферного бруса рамы кузова электровоза				
		Литера	Лист	Листов
		у	6	
ДГТУ кафедра "МиАСП"				

5.1	Принципы организационно-технологического проектирования	.54
5.2	Основные принципы построения технологии в автоматизированных производственных системах	.....58
5.3	Требуемые усилия для закрепления изделия	.....61
5.4	Методика разработки схем базирования	.....63
5.5	Базирование боковины	.....71
5.6	Работа приспособления для сборки и сварки боковины	.....73
5.7	Базирование буферного бруса	.....78
5.8	Работа приспособления для сборки и сварки буферного бруса	...80
5.9	Базирование полосы	.....84
5.10	Контроль качества изделия	.....85
5.10.1.	Возможные дефекты сварки и нормы допустимости	.....85
5.10.2.	..... Методы контроля	.....90
5.11	Выводы по пятому разделу	.....92
	Заключение	.....93
	Перечень использованных информационных ресурсов	.....94

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Введение

Одним из путей повышения эффективности сварочных операций является применение приспособлений, технологической оснастки, вспомогательных устройств и механизмов, использование которых позволяет существенно сократить трудоемкость выполняемых работ, обеспечить стабильное качество продукции, облегчить и улучшить условия труда, способствовать повышению комплексной механизации и автоматизации сварочного производства [1]. Нарастание темпов и объемов производства выпускаемых изделий требуют создания новых сборочно-сварочных приспособлений, технологической оснастки, вспомогательных устройств и механизмов, а также надежных методов их расчета и рационального проектирования. Как правило подготовка к сварке занимает больше времени чем непосредственно сварка. Это оправдано тем, что из-за недостаточной подготовки детали могут сместиться и работу придётся переделывать либо деталь и вовсе будет испорчена. Взаимная фиксация элементов узла является важной частью технологии сварочного (минимизация зазоров, допустимые их изменения или допустимые расхождения в толщине кромок и т. д.). Большинство приспособлений, применяемых для фиксации свариваемых деталей являются ручным, т. е. требуют участия рабочего при закреплении и базировке деталей [2]. При этом затрачивается время и силы, что приводит к снижению производительности. Также велика вероятность брака по причине неправильного использования приспособления.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							8
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

1 Актуальность проблемы

В результате использования робототехники в сварочном производстве представляется возможным автоматизировать выполнение швов любой формы, а также большого числа коротких швов, различным образом расположенных в пространстве; выполнять дуговой сваркой швы с любой формой линии стыка в горизонтальном (нижнем) положении. Это позволяет применять наиболее производительные режимы сварки с формированием сварных швов с минимальным отклонением геометрических размеров. По сравнению с автоматической сваркой роботизация обеспечивает рост производительности, экономию сварочных материалов, электроэнергии и уменьшение сварочных деформаций. Сокращается потребность в специальном сварочном оборудовании и в изготовлении специальных и специализированных станков, установок и машин для сварки.

Главным достоинством роботизированной сварки является её высокая точность: так, современные роботы для сварки имеют технические характеристики, предоставляющие возможность добиться точности позиционирования сварочной горелки с минимальными допусками порядка 0.03–0.05 мм, что является достаточным для подавляющего большинства сварочных задач.

Однако необходимо отметить некоторый недостаток робота, который заключается в том, что, в отличие от человека, при недостаточно точном позиционировании детали он не может самостоятельно изменить траекторию и найти правильную точку для сварки, и в этом случае погрешность позиционирования и сборки заготовок не должна превышать ± 0.5 мм [2].

Чтобы достичь данной точности позиционирования используются методы коррекции сварочной траектории, например, использовать лазерную систему слежения за швом. Коррекция траекторий дает возможность при со хранении качества обеспечить высокую точность сварного изделия, но, с другой стороны,

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

при её использовании ожидается падение производительности процесса вплоть до 30% времени изготовления.

Благодаря использованию технологической оснастки, технологический процесс сварки с применением роботов позволяет сократить потери времени на коррекцию сварочной горелки.

Применение приспособлений позволяет: свести операции разметки заготовок к минимуму, повысить точность обработки, снизить себестоимость продукции, облегчить условия работы оператора и обеспечить его безопасность, расширить технологические возможности оборудования, организовать многостаночное обслуживание, сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							10
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

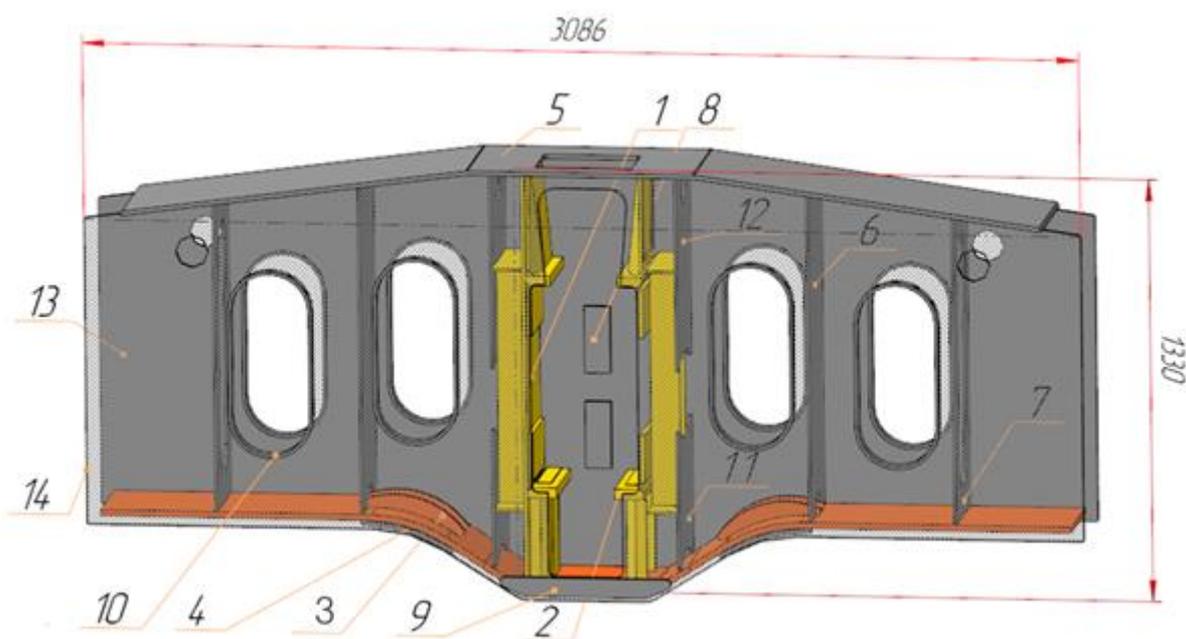
2 Анализ исходных данных

2.1 Особенности конструкции

Изделие буферный брус представлено на рисунке 2.1.

Буферный брус относится к I классу ответственности по ОСТ 23.2.429-80. Он является концевой частью рамы локомотива, одновременно служит для воспринятая перпендикулярных к его оси сжимающих усилий и работает на изгиб, обеспечивает смягчение действия ударно-тяговых сил возникающих при движении поезда.

ООО "ПК "НЭВЗ" российский производитель магистральных и промышленных электровозов. На ООО "ПК "Нэвз" поставлена задача по переходу на роботизированный комплекс сборки и сварки буферных брусьев (рисунок 2.1) с использованием адаптивных роботов.



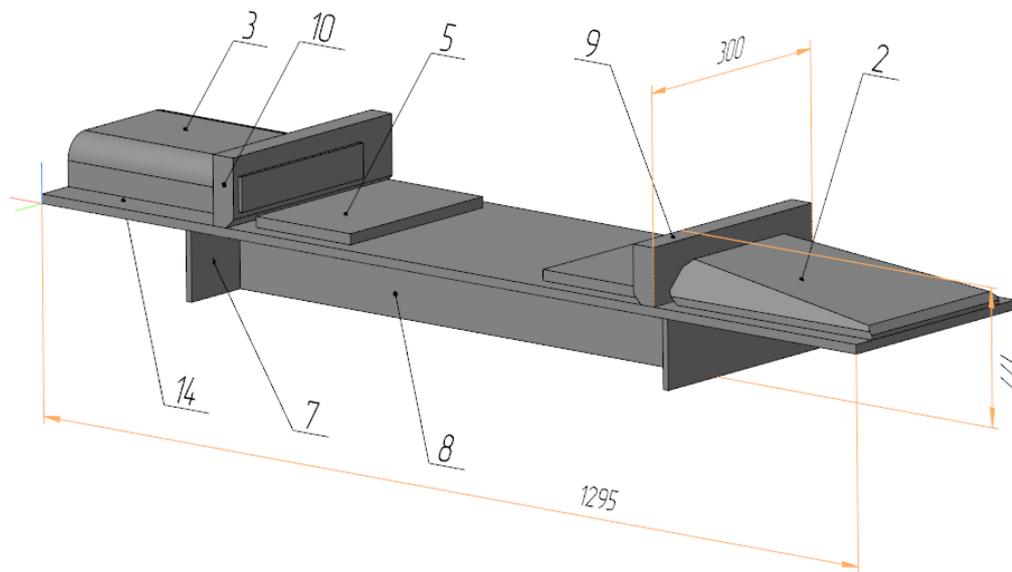
Сборочные единицы: 1,2-боковина; 3-полоса; Детали: 4-полоса; 5-полоса; 6-полоса; 7-полоса; 8-планка; 9-планка; 10-обечайка; 11-лист; 12-лист; 13-лист верхний; 14-лист нижний

Рисунок 2.1. - Структура буферного бруса

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

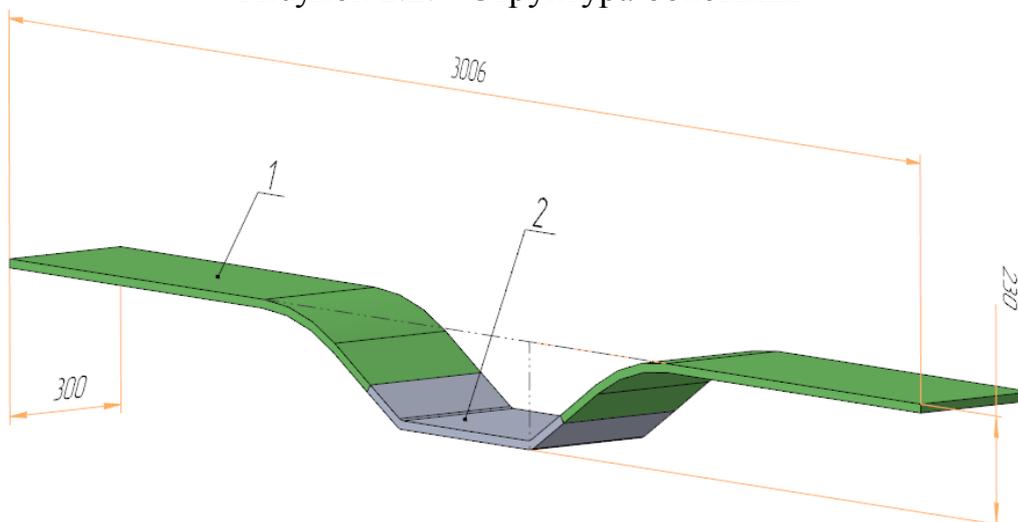
15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
11



Детали: 1 – планка; 2 – клин; 3 – желоб; 5 – планка; 7 – полоса; 8 – полоса; 9 – полоса; 10 – полоса; 14 – лист.

Рисунок 2.2. - Структура боковины



Детали: 1 – полоса; 2 – полоса.

Рисунок 2.3. - структура полосы

Сборка буферного бруса на заводе ООО "ПК "Нэвз производится в следующей последовательности:

По упорам стенда устанавливается нижний лист, размечается его осевая линия с нанесением керна $\Phi 2$ мм. Далее по откидным упором стенда устанавливаются боковины, полосы (ребра) и задняя полоса с косынками. Между боковинами устанавливаются технологические распорки и выполняется сборка на прихватки к нижнему листу бруса сварочным полуавтоматом А-547 с

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
12

выпрямителем ВС-300 сварочной проволокой Св08Г2С 0 1.2 мм. После чего брус накрывается верхним листом и прихватывается к полосам (ребрам) и задней полосе. В таком положении брус передается цеховым краном в кантователь для сварки. Сварка выполняется внутри бруса сварочным полуавтоматом ПДГ-508 с выпрямителем ВДУ-506. сварочной проволокой Св 08Г2С 01,6 мм с кантованием в удобные для сварки положения («в лодочку»). После выполнения сварки внутри, брус перемещается на стенд сборки, где выполняется установка и прихватка полосы (лобовой) сварочным полуавтоматом А-547 с выпрямителем ВС-300 сварочной проволокой Св08Г2С ©1,2 мм. Прижимы раскрепляются, буферный брус с помощью крана, снимается со стенда и передается цеховым краном в кантователь для сварки. Выполняется сварка с внутренней и внешней стороны. В кантователе устанавливаются, прихватываются и привариваются с двух сторон обечайки на проемах листов, на нижнем листе планка и подкладки по приспособлению. Сварка выполняется сварочным полуавтоматом ПДГ-508 с выпрямителем ВДУ-506, сварочной проволокой Св 08Г2С 01.6 мм.

После выполнения сварки и зачистки буферный брус передается на операцию контроля. Контроль качества сварных швов проверяется визуальным осмотром с применением шаблонов и спец. инструмента.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							13
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

2.2 Характеристики конструкционных материалов

Сталь 09Г2Д

Класс: Сталь конструкционная низколегированная.

Использование в промышленности: различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до $+425^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, технологические свойства, механические свойства представлены в таблицах 4-8

Таблица 2.1 - Технологические свойства материала 09Г2Д

Свариваемость	без ограничений
Флокеночувствительность	не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	не склонна

Таблица 2.2 - Химический состав в % материала 09Г2Д

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
до 0.12	0.17 - 0.37	1.4 - 1.8	до 0.3	до 0.035	до 0.03	до 0.3	до 0.12	до 0.0012	0,15- 0,3	до 0.08

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
14

2.3 Проблематика исследования

В ходе рассмотрения конструкторской документации по изготовлению буферного бруса было установлено, что ББ в условиях заготовительного производства предприятия имеет большие допуски на изготовление отдельных деталей, имеются в наличии швы с большими катетами в результате чего данную конструкцию не представляется возможным перевести на роботизированную сварку без применения конструкторско-технологических мер, либо путем использования адаптивных роботов.

Так же в буферном бруске есть сварные швы внутри конструкции доступ к которым затруднен ограниченным пространством (рисунок 2.3), возможны трудности с обнаружением стыка системами сканирования.

Для исключения внутренних сварных швов в конструкции, предлагается конструктивно технологическое изменение соединений деталей приведенной в следующей главе.

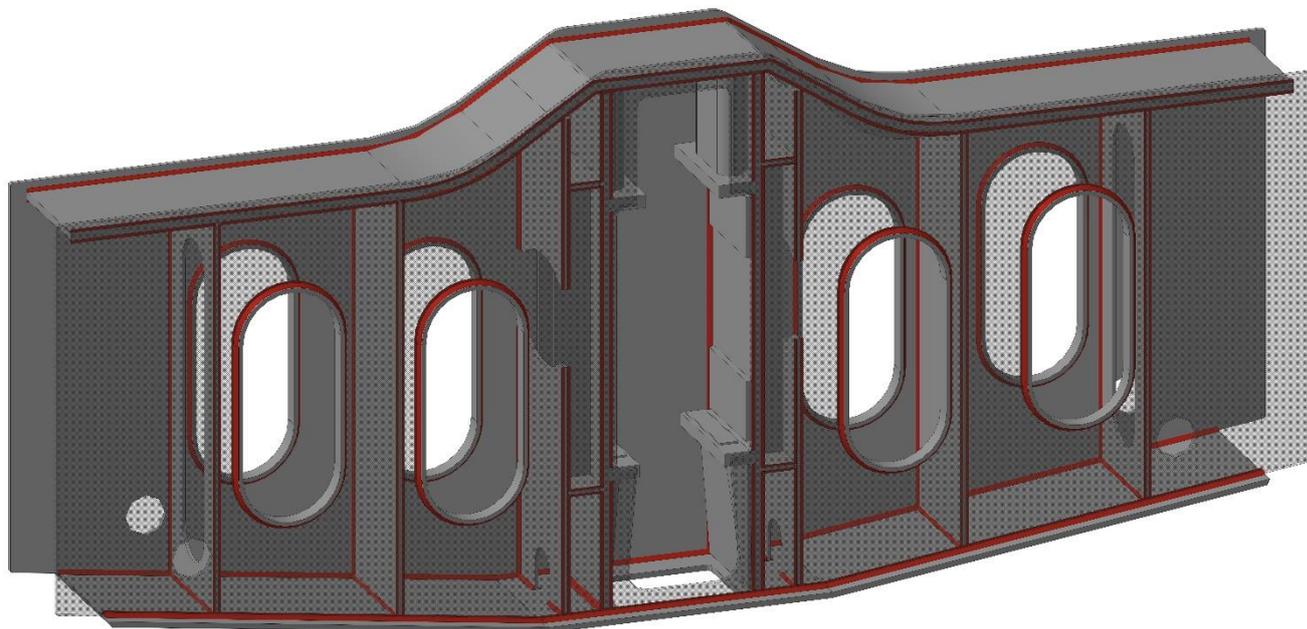


Рисунок 2.3 – Расположение труднодоступных сварных швов в буферном бруске

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
15

2.4 Выводы по первому разделу

Проанализированы конструктивные особенности изделия, материалы применяемые для изготовления отдельных деталей. Рассмотрена и проанализирована технология изготовления буферного бруса. В результате анализа был определен ряд проблем для перехода на роботизированный комплекс сборки и сварки буферных брусьев такие как: большое количество сварных швов, и их общая протяженность, большое количество деталей входящих в конструкцию, детали с большой массой и крупными габаритами, большие допуски для изготовления отдельных деталей, наличие сварных швов внутри конструкции.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							16
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

3 Анализ возможности применения шва в прорезь, для сварки буферного бруса рамы кузова электровоза.

3.1 Решение дифференциальных задач методом конечных элементов

Суть МКЭ состоит в том, что любая непрерывная величина аппроксимируется дискретной моделью, построение которой выполняется на множестве кусочнонепрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Область применения МКЭ охватывает все физические задачи, которые могут быть описаны дифференциальными уравнениями.

Наиболее важными преимуществами МКЭ являются следующие:

– свойства материалов смежных элементов не должны быть обязательно одинаковыми. Это позволяет применять метод к телам, составленным из нескольких материалов;

– криволинейная область может быть аппроксимирована с помощью прямолинейных элементов или описана точно с помощью криволинейных элементов. Таким образом, методом можно пользоваться не только для областей с «хорошей» формой границы;

– размеры элементов могут быть переменными. Это позволяет укрупнить или измельчить сеть разбиения области на элементы, если в этом есть необходимость;

– с помощью МКЭ не представляет труда рассмотрение граничных условий с разрывной поверхностной нагрузкой, а также смешанных граничных условий.

Указанные выше преимущества МКЭ могут быть использованы при составлении достаточно общей программы для решения частных задач определенного класса.

Главный недостаток МКЭ заключается в необходимости составления сложных вычислительных алгоритмов и применения вычислительной техники.

Большинство современных задач вычислительной механики невозможно решить аналитически. Поэтому при их решении применяют численные методы, в частности, метод конечных элементов (МКЭ) [1, 2]. Основным преимуществом МКЭ перед другими численными методами является его универсальность. В первую очередь, это связано с тем, что при помощи МКЭ можно решать любые краевые задачи в областях любой геометрии и сложности. Более того, треугольная (в плоском случае) и тетраэдрическая (в трехмерном случае) вычислительная сетка позволит дискретизировать область любой формы с нужной точностью.

Универсальность метода также подтверждается его использованием в современных конечно-элементных программах таких, как ANSYS [9]. Сегодня МКЭ используется при решении различных классов задач. Среди них и задачи биомеханики, и задачи, связанные с разработкой теоретических основ новых устройств и т.п.

Несмотря на преимущества МКЭ, у него есть и недостатки. Основной проблемой метода является высокая размерность результирующей системы алгебраических уравнений. Поэтому реализация МКЭ в составе программных продуктов требует разработки специальных способов хранения матрицы коэффициентов системы и методов решения последней. В данном учебно-методическом пособии приведены теоретические основы МКЭ, проиллюстрированные простыми, но показательными примерами.

На сегодняшний день конечно-элементные (КЭ) методы являются неотъемлемой частью инженерного анализа и разработок. КЭ пакеты используются практически во всех сферах науки, касающихся анализа строительных конструкций, твердых, жидких тел, а также их взаимодействия. Важным свойством данных методов является достоверность – возможность использования этих методов в компьютерном моделировании с достаточно большой долей уверенности в их надежности.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

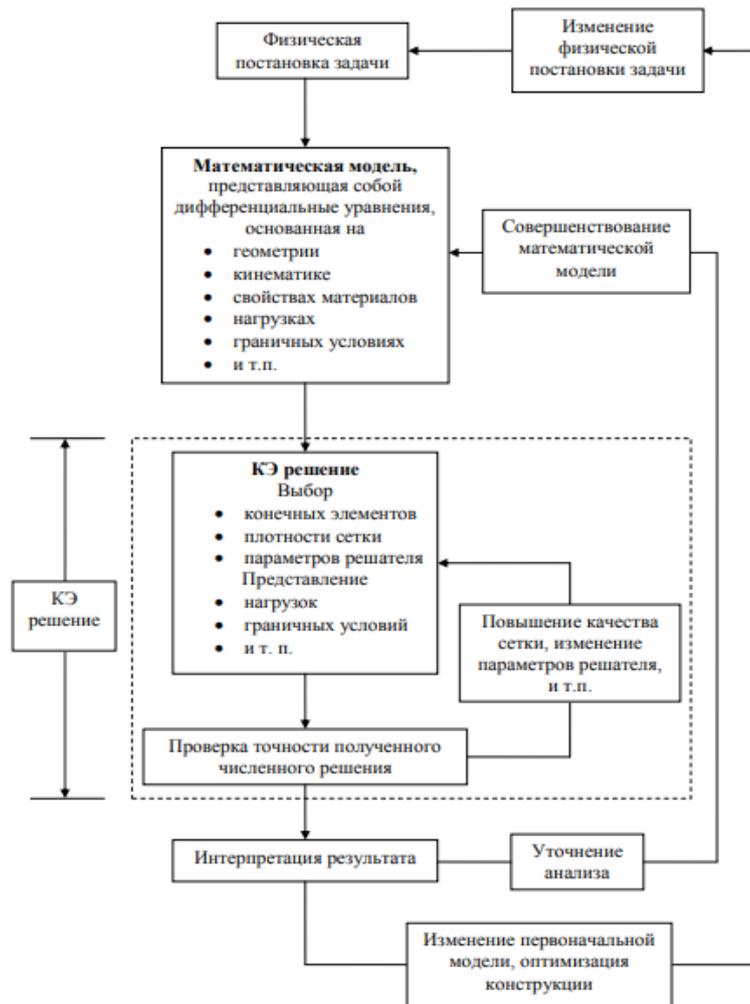


Рисунок 3.1. – Алгоритм расчета методом КЭ

Метод КЭ решает математическую модель. Учитывая, что метод КЭ является численным методом, немаловажным является достижение точности полученного результата. Если заданная точность не достигается, то нужно перерешать задачу с уточненными параметрами (например, более мелкая сетка) пока требуемый результат не будет получен. Очевидно, что КЭ метод решает поставленную математическую задачу, следовательно, все упрощения, сделанные при постановке проблемы, отразятся на решении. Более того, кроме информации, содержащейся в математической постановке, о решении ничего предположить невозможно. Поэтому при выборе математической модели надо не только стремиться к ее максимальной простоте, но и требовать от нее точного описания поставленной физической задачи, полученной из анализа проблемы.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

3.2 Основная концепция МКЭ

Пусть непрерывная функция $T(x)$ определена на отрезке OL вдоль оси Ox . Зафиксируем и пронумеруем пять точек на отрезке OL . Эти точки будем называть узловыми, при этом не обязательно, чтобы они располагались на одинаковых расстояниях друг от друга. Очевидно, что для иллюстрации метода достаточно и пяти точек. Считаем, что значения функции $T(x)$ известны в каждой точке. Изобразим эти значения графически на рисунке 3.2 и обозначим их T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 .

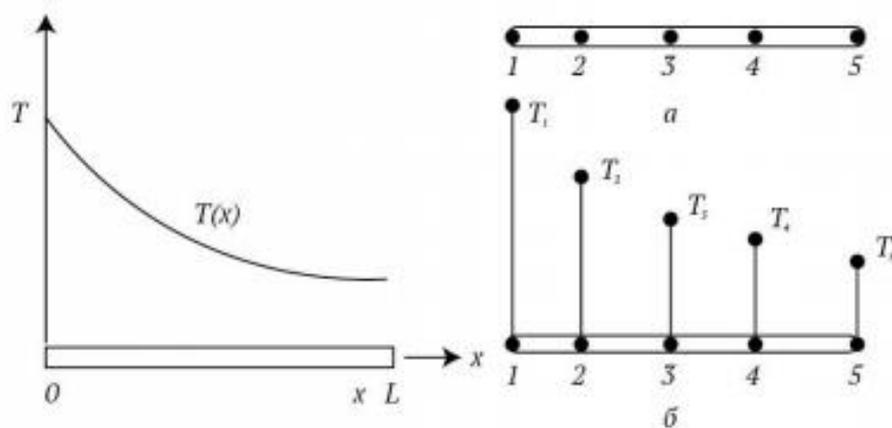


Рисунок 3.2 – Узловые точки.

В данном случае исследуемую область, то есть отрезок OL , можно разбить на элементы несколькими способами. Первый - каждый элемент ограничивается двумя точками, в таком случае получаем 4 элемента, каждый описывается двумя узлами. Второй вариант - разбиение области на два элемента по три узла в каждом. Полином, соответствующий $T(x)$, будет определяться в узлах элемента. Если область разбивается на 4 элемента, то полином будет линейным. На самом деле, две точки однозначно описывают 15 прямую линию, а три – параболу. Окончательно $T(x)$ будет аппроксимироваться четырьмя кусочно-линейными функциями, каждая из них будет определена на своем отдельном элементе. Во втором случае при разбиении области на два элемента по три узла в каждом даст

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
20

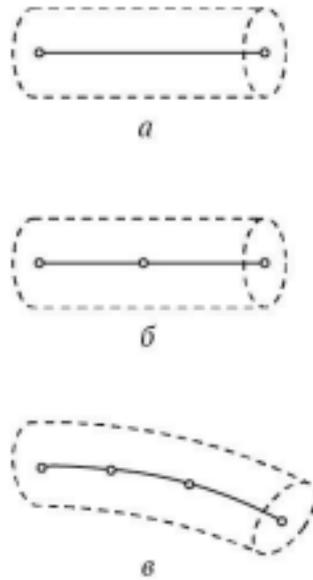
нам квадратичные функции элемента. И окончательно $T(x)$ будет аппроксимироваться совокупностью двух кусочно-непрерывных квадратичных функций. Приближение будет кусочно-непрерывным, так как углы наклона графиков могут различаться в среднем (третьем) узле. Перейдем к рассмотрению общего случая, когда распределение $T(x)$ заранее неизвестно, и требуется найти значения $T(x)$ в некоторых точках отрезка OL . В этом случае определяются узловы точки, а также значения T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , которые являются переменными. Область разбивают на элементы, на каждом элементе определяют соответствующую функцию. Значения $T(x)$ в узлах «регулируются» таким образом, чтобы обеспечить наилучшее приближение к истинному температурному распределению. Эта регулировка осуществляется посредством минимизации функционала, строящегося на основе дифференциальных уравнений, описывающих процесс. Минимизация функционала сводится к решению системы алгебраических уравнений относительно значений $T(x)$ в узлах. Если рассматривать двумерный случай, то элементы описываются функциями, зависящими от x, y . Как правило, область разбивают на треугольники и четырехугольники. Функции элементов теперь являются плоскими или криволинейными поверхностями. Функция элемента будет плоскостью, если элемент имеет минимальное число узлов (три для треугольника и четыре для четырехугольника). Большее число узлов позволяет описывать элементы с криволинейными ребрами.

16 Дискретизация области Дискретизация области представляет собой задание числа, размеров и формы подобластей, которые применяются для создания дискретной модели реального объекта. Простейшим элементом, используемым при дискретизации области, является одномерный элемент. Обычно он изображается отрезком, тем не менее, он может иметь поперечное сечение. Площадь сечения может меняться по длине элемента. Как правило, такой элемент применяется в одномерных задачах стержневых конструкций, распространения тепла и т.п. Самый простой одномерный элемент имеет два узла (рисунок 2.3). Одномерные элементы высоких порядков могут

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

иметь три или четыре узла - они описываются квадратичными и кубическими сплайнами. Также такой элемент может быть и криволинейным.



(а- линейный, б – квадратичный, в – кубический).
Рисунок 3.3 – Одномерные конечные элементы

Двумерные треугольные и четырехугольные элементы чаще других используются в плоских задачах (рисунок 3.4). Стороны элементов могут быть как прямые, так и кривые линии. Криволинейные границы моделируются добавлением в середины сторон по узлу. Среди пространственных элементов чаще всего встречаются тетраэдры и гексаэдры. Они также могут иметь криволинейные грани.

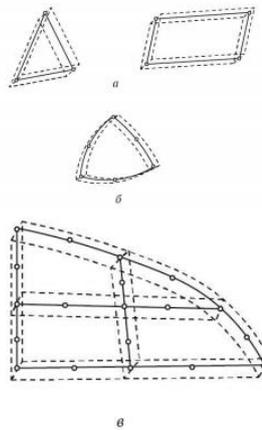


Рисунок 3.4 – Двумерные конечные элементы

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Разбиение области на элементы Процесс дискретизации области обычно разделяют на два этапа - разбиение объема на элементы и нумерация узлов и элементов. В качестве примера рассмотрим процесс дискретизации плоской области на треугольники. Сначала область делится на четырехугольные или треугольные подобласти, которые на следующем этапе разделяются на треугольники. Границы между подобластями стараются проводить там, где меняется геометрия модели, нагрузка или свойства материалов. Наиболее простой способ разбиения плоской треугольной области на треугольники следующий: выбирается определенное число узлов на каждой стороне, соответствующие узлы соединяются прямыми линиями, а точки пересечения этих линий считают узлами. На рисунке 3.5 треугольная область разбита на 9 треугольников.

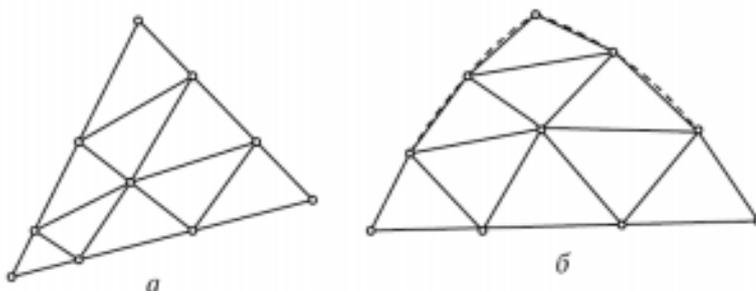


Рисунок 3.5 – Разбиение области.

Если треугольная область является криволинейной, то границы заменяются прямыми отрезками. Четырехугольные области разбивают на элементы при помощи соединения узлов на противоположных сторонах (рисунок 3.6). Пересечения линий определяют внутренние узлы. Внутренние элементы можно разбить на треугольники при помощи проведения коротких диагоналей. При таком разбиении получится меньше вытянутых элементов, которые менее предпочтительны при расчетах.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

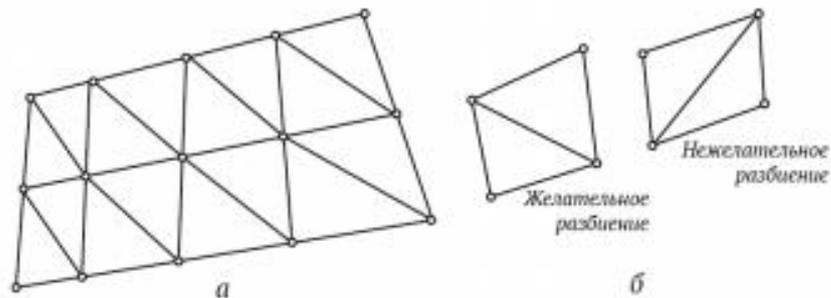


Рисунок 3.6 – Разбиение области на треугольные элементы.

В задачах, когда присутствуют концентрации напряжений, особенности геометрии и т.п. стараются не делать равномерные разбиения. Возможность варьирования размеров элементов является одним из достоинств МКЭ.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

3.3 Сравнительный расчет различных типов сварных соединений методом конечно - элементного моделирования в программном комплексе Ansys

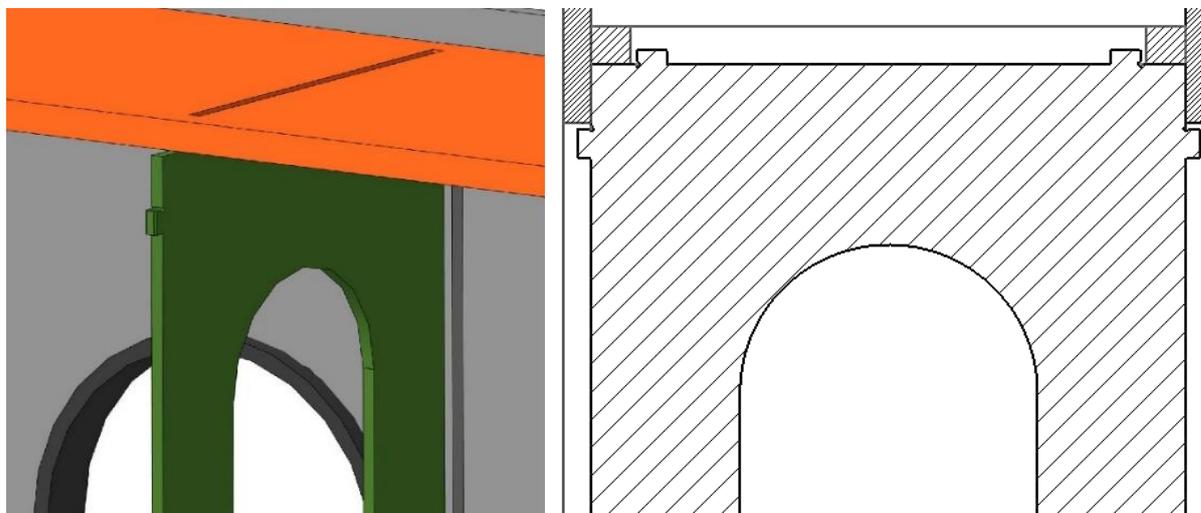


Рисунок 3.7 - Соединение деталей с конструктивно технологическим изменением соединений деталей

Предложено в местах сварки на торцах элемента примыкающего к боковым поверхностям другого элемента выполнить ряд выступов. На второй детали в месте примыкания деталей выполнить прорезь в местах сварки.

Это изменение служит для точной установки соединяемых деталей в определенном друг относительно друга положении, что позволит сократить время на сборку перед сваркой.

Для сравнения предлагаемого типа соединения с используемым на производстве были проведены расчеты конструкции двух вариантов исполнения.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

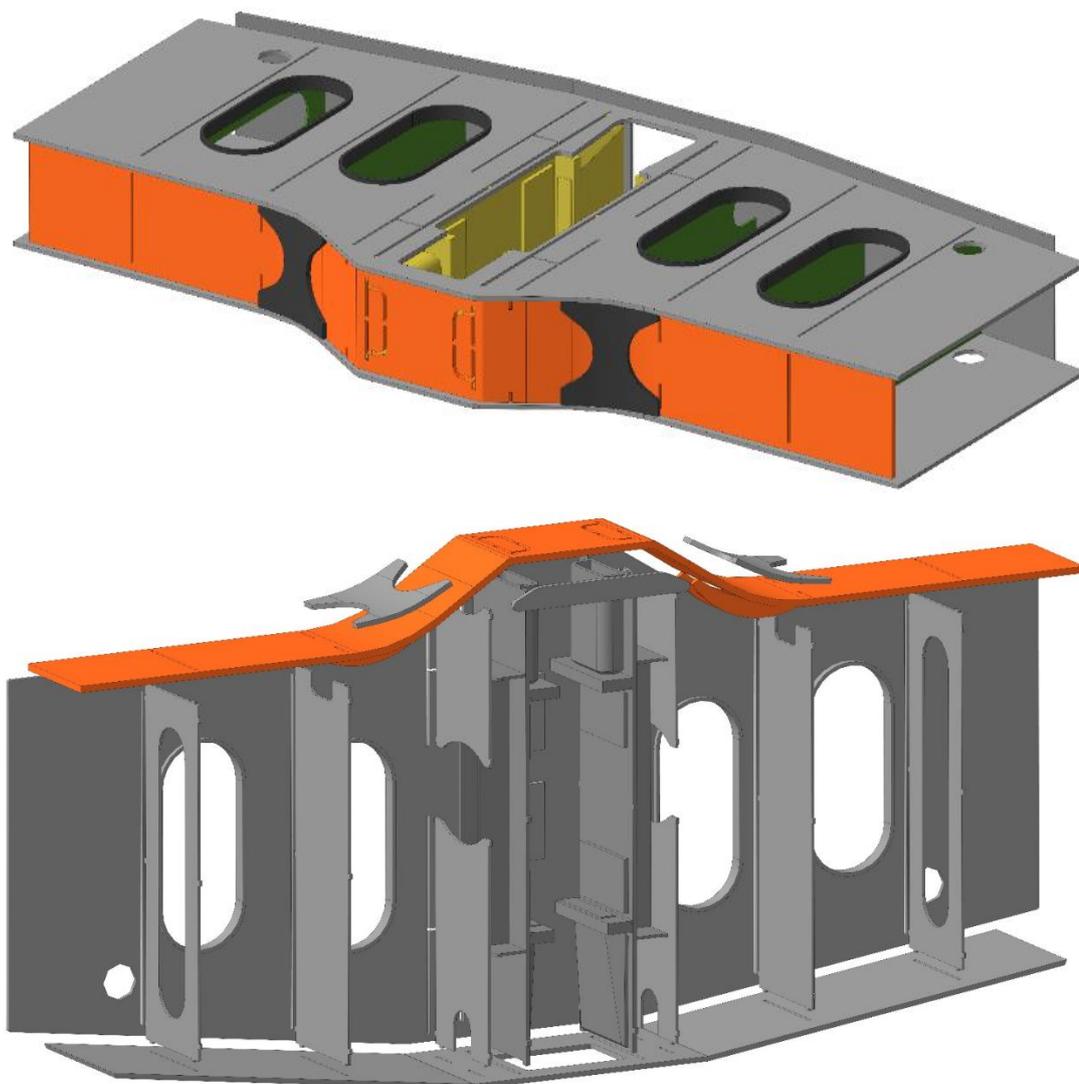


Рисунок 3.8 - Буферный брус в сборе с конструктивно технологическим изменением соединений деталей

Полностью разработанного метода расчета всех видов напряжений в швах, в том числе и с учетом концентрации напряжений связанных с геометрией сварного шва, для предложенного типа соединения не существует.

При изучении процесса образования деформаций и напряжений при сварке элементов конструкций принимаются некоторые допущения [8,9]:

- гипотеза плоских сечений элементов.
- гипотеза одноосных собственных напряжений;
- гипотеза линейных источников нагрева и предельного теплового состояния;
- ограничения в отношении свойств металлов;

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
26

- условная зависимость предела текучести от температуры.

Все эти допущения приводят к ряду погрешностей и, как следствие, достаточно приближенной оценке напряжений в зоне сварного шва. От отдельных допущений можно отказаться, если для расчетов использовать метод конечных элементов (КЭ) [10].

Кроме того метод конечных элементов обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами анализа напряженно-деформированного состояния.

- широкий диапазон применимости
- легкость учета граничных условий и условий нагружения
- экономия временных и материальных ресурсов, воспроизводимость эксперимента (по сравнению с экспериментальными методами исследования)

Для расчета напряжений используется программа ANSYS Workbench

ANSYS Workbench – это среда инженерного анализа, которая предоставляет уникальные возможности по интеграции с CAD системами (в том числе двунаправленную ассоциативную связь). Можно сочетать процесс проектирования в CAD пакете с получением достоверных данных расчетов и проведением оптимизации конструкции [11].

Для выполнения анализа, первоначально создается геометрическая модель (или импортируется из CAD). На следующем этапе задается материал изделия (модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел текучести).

Генерируется сетка для модели. Сварные швы (СШ) в соединениях деталей выполнены в виде отдельных деталей. СШ разбивались на КЭ меньшего размера, чем остальная часть конструкции, это позволило более точно и достоверно определить распределение напряжений в соединении. В ANSYS ICEM CFD заложены две возможности по созданию сетки – неструктурированная сетка и структурированная блочная условно гексаэдрическая сетка. В расчете 3D моделей соединений использовалась структурированная сетка. Для получения независимого от сетки решения (расчетные значения не изменяются при дальнейшем измельчении сетки), количество элементов и, следовательно, точек

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
27

интегрирования решаемых уравнений, для структурированной гексаэдрической сетки будет меньше, чем для неструктурированной. То есть на гексаэдрической сетке решение, не зависящее от сетки, будет получено за меньшее время счета CPU. В этом случае, переход от неструктурированной сетки к структурированной гексаэдрической позволит снизить количество элементов сетки, оставив при этом неизменным характерный размер элементов.

При генерации сетки используется инструмент Hex Dominant Meshing, который строит сетку преимущественно с гексаэдрической формой элементов.

Этот генератор разбивает твердотельную геометрическую модель на элементы гексаэдрической формы, а остальной объем — на элементы пирамидальной и клиновидной формы. Процентное соотношение между типами элементов зависит от сложности топологии геометрической твердотельной модели.

Между деталями создаются контактные элементы типа «bonded». Контактные пары между деталями предотвращают проникновение тел друг в друга и служат средством передачи нагрузки между деталями.

Далее необходимо определить все планируемые ограничения. Любое ограничение может состоять из нескольких граней, для таких граней отсутствует перемещение во всех направлениях.

Затем к граням модели необходимо приложить нагрузку (сила либо давление).

Для определения распределения напряжений во всей конструкции был произведен расчет всей конструкции рис 3.9.

С учетом плоскости симметрии в расчете использовалась половина конструкции.

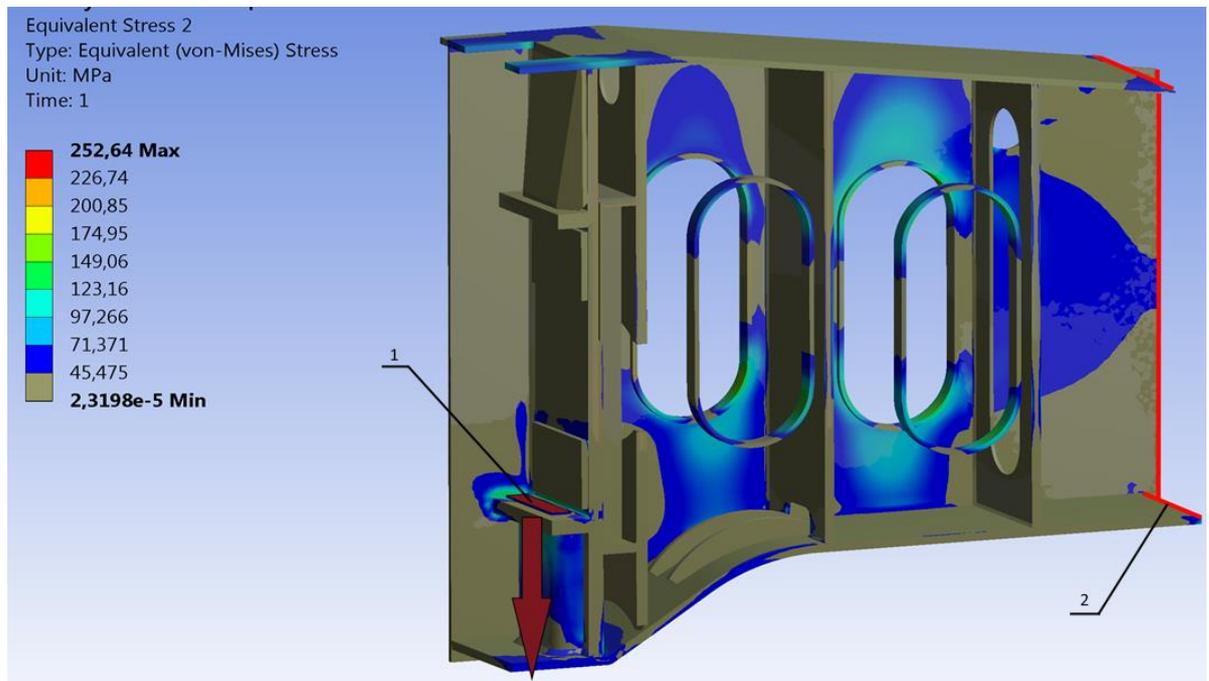


Рисунок 3.9 - Распределение напряжений в буферном брус

Модель подвергалась нагружению сдвига. Для чего в плоскости 1 прикладывалась сила направленная вниз, а плоскостям 2 запрещались перемещения.

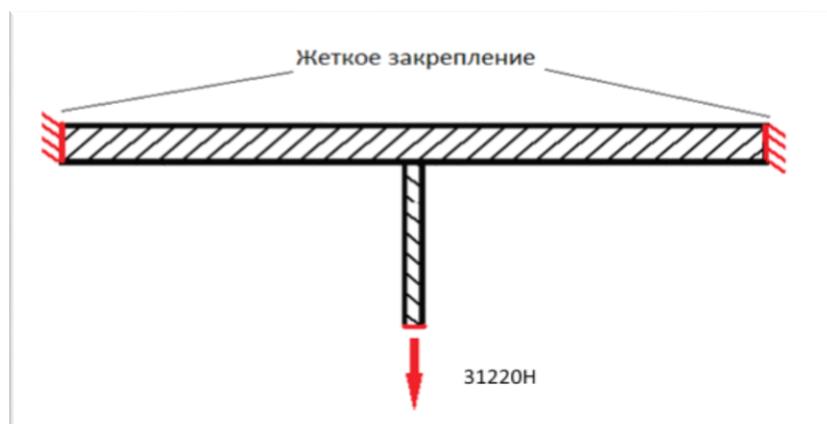


Рисунок 3.10 - Расчетная схема моделей сварных соединений

В ходе анализа конструкции было выявлено 2 преобладающих типа нагружения исследуемых соединений.

Для типа нагружения на рис 3.11 был произведен расчет 2д и 3д модели.

Устойчивость решения доказывалась методом последовательного измельчения КЭ. Точки концентрации напряжений окружают конечные элементы

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

с радиусом 0,1мм. Далее размер произвольный, такое распределение позволило уменьшить общее количество КЭ, с той же точностью и достоверностью.

По результатам расчетов были определены очаги локальной концентрации напряжений в сварных швах показанные на выносных элементах.

Как видно из данных расчетов рис 8-9 уровень максимальных напряжений в сварных швах модели предлагаемой конструкции меньше чем в изначальном конструктивном исполнении.

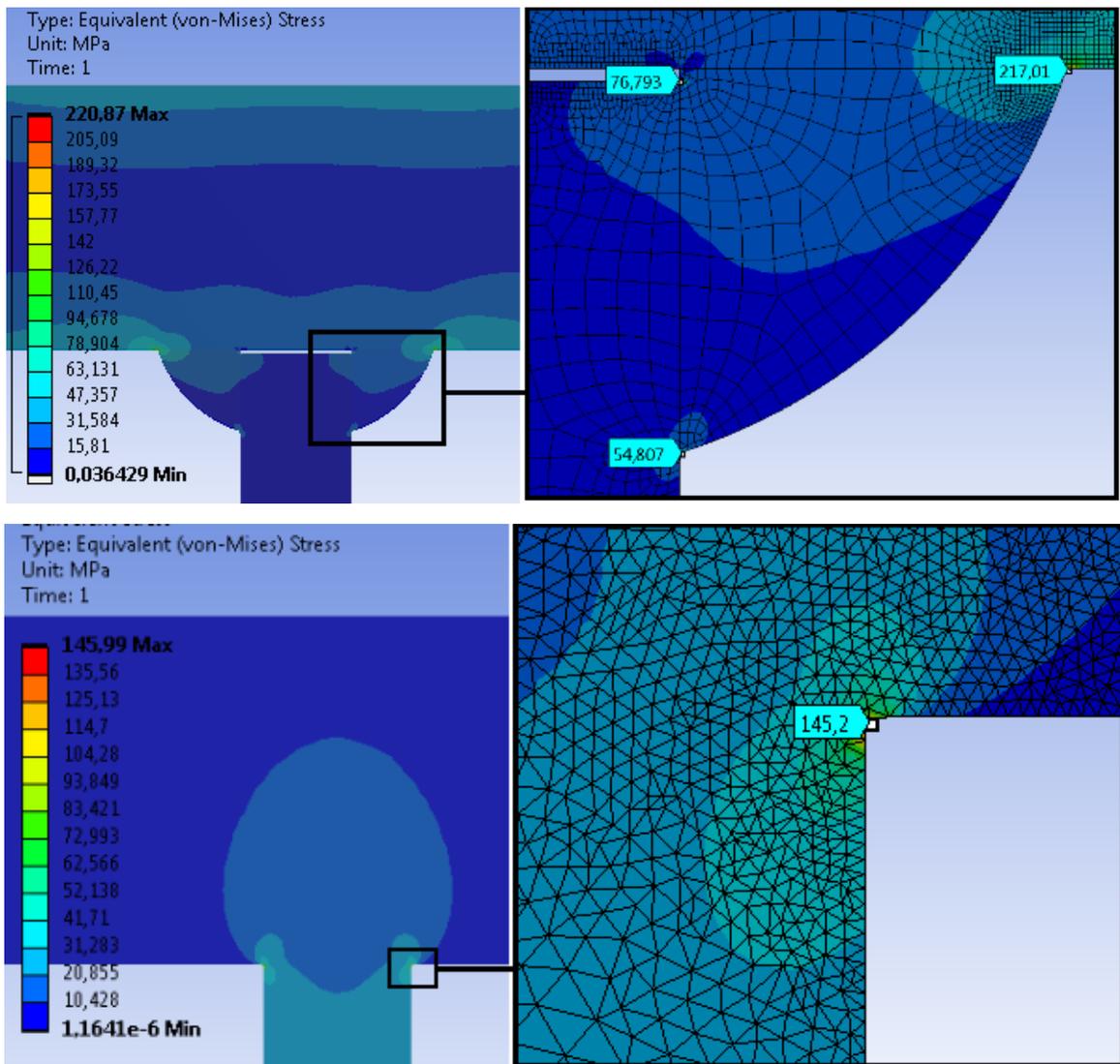


Рисунок 3.11 - Распределение напряжений, таврового соединения и соединения в прорезь 2д расчет, первый тип нагружения

Так же были произведены расчеты 3д моделей с учетом меньшей длины сварного шва.

Модель подвергалась тому же виду нагружения что и в прошлом расчете.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

С учетом 2х плоскостей симметрии использовалась четверть всего соединения

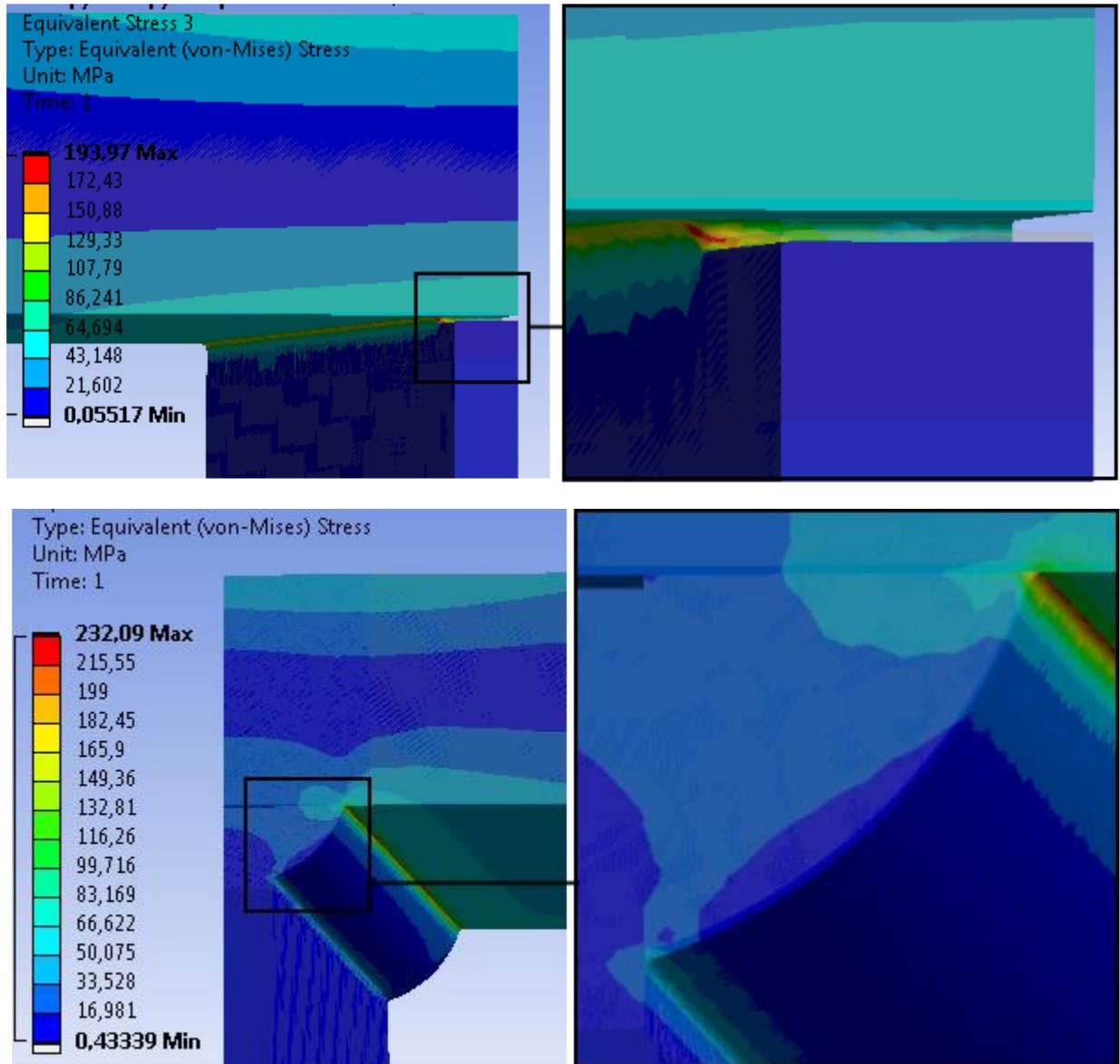


Рисунок 3.12 - Распределение напряжений, таврового соединения и соединения в прорезь 3д расчет, первый тип нагружения

Во втором типе нагружения модель подвергалась нагружению сдвига. Для чего в плоскости 1 рис 3.12 прикладывается сила вдоль оси симметрии соединения, по плоскостям 2 запрещались перемещения. Очаги локальной концентрации напряжений в сварных швах находятся в тех же местах.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

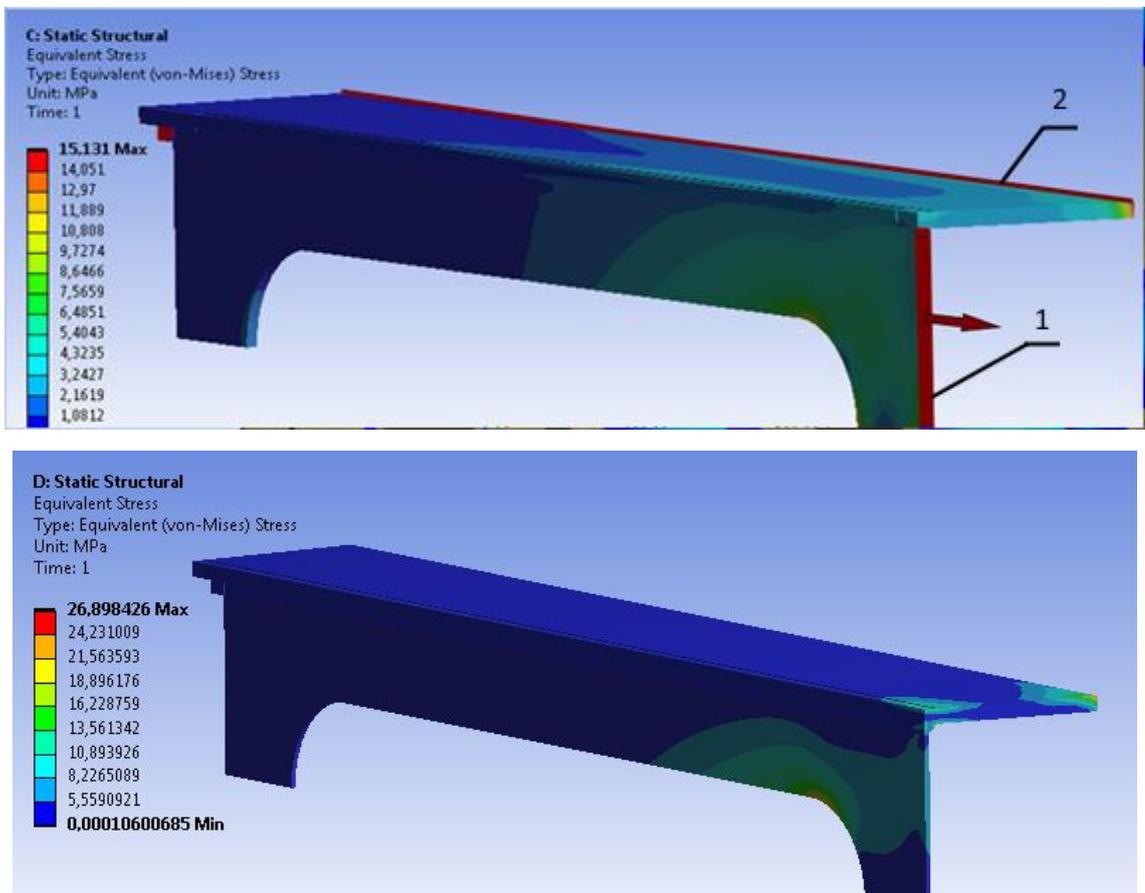


Рисунок 3.13 - Распределение напряжений, таврового соединения и соединения в прорезь 3д расчет, второй тип нагружения

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

3.4 Анализ технологичности изделия

Для правильного изготовления технологической оснастки проведем анализ технологичности.

Конструкция не требует специального оборудования для изготовления деталей под сварку.

Для оценки свариваемости материала конструкции произведем расчет содержания углерода $C_{\text{ЭКВ}}$

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{Ni}{10}, \quad (1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Mo, V, Ni – содержание элементов в стали, %.

В углеродистых и низколегированных сталях, при $C_{\text{ЭКВ}}$ не более 0,46% свариваемость оценивается как хорошая.

Определение $C_{\text{ЭКВ}}$ для стали марки 09Г2Д

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,09 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,22}{24} + \frac{0,1}{5} + \frac{0,4}{14} + \frac{0,1}{10} = 0,21 \text{ \%}.$$

Таким образом, все стали, обладают хорошей свариваемостью. Сварка таких сталей может быть выполнена по обычной технологии, без подогрева до сварки и в процессе сварки без последующей термической обработки, с использованием широкой номенклатуры сварочной проволоки и режима сварки.

Конструкция имеет большое количество деталей и сборочных единиц, которые имеют большую массу, и крупные габариты, что затрудняет быстрое перемещение, и снижает скорость работ.

Из-за большого количества сборочных единиц и деталей, необходимо использование нескольких приспособлений, специально разработанных для данной конструкции.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
33

Конструкция изделия позволяет использовать приспособления имеющие возможность быстрой установки комплекта деталей и съем изделия, удобную фиксацию деталей относительно друг друга, обеспечивающие наиболее выгодный порядок сборки и правильного порядка наложения сварных швов.

Доступ к сварным швам не затруднен, они имеют прямолинейную и кольцевую конфигурацию сварных швов, проблем с доступом сварочной головки в место стыка не выявлено.

Конструкция обеспечивает возможность выполнения всех сварных швов в нижнем положении.

Места стыковки свариваемых деталей доступны для наблюдения в следствии чего возникает меньше проблем с обнаружением стыка системами слежения.

Таким образом изделие можно считать технологичным удобным в производстве.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
34

3.5 Выводы по третьему разделу

Рассмотрены теоретические аспекты метода конечных элементов. Было предложено изменение конструкции отдельных элементов буферного бруса и метода их сварки.

Произведен сравнительный расчет с изначальной конструкцией. Из проведенных расчетов следует, что уровень напряжений в сварных швах модели предлагаемой конструкции меньше чем в изначальном конструктивном исполнении.

Данные изменения в конструкции позволит повысить эффективность сварочных операций, облегчить и улучшить условия труда, Сократит время на сборку перед сваркой, исключит наличие сварных швов внутри конструкции.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							35
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

4 Выбор сборочно-сварочного оборудования и другой технологической оснастки

4.1 Технология сварки 2мя проволоками

Для повышения качества сварки плавящимся электродом в защитных газах необходимо обеспечить стабильное горение дуги и направленный перенос металла в сварочную ванну за счёт управления горением сварочной дуги [19]. Такие инверторные источники питания формируют импульсы тока и пауз в зависимости от скорости подачи электродной проволоки, которые строго соответствуют скорости плавления электрода [38], что позволяет получить мелкокапельный перенос электродного металла и уменьшить разбрызгивание.

В настоящее время широкое применение получило импульсное управление сварочной дугой (импульсно-дуговая сварка), которая используется в комбинированных, двухдуговых, гибридных процессах.

Фирмой Fronius предложен [23] гибридный двухдуговой процесс «СМТ Twin», соединяющий преимущества импульсной дуги и переноса короткими замыканиями

СМТ Twin значительно повышает скорость сварки и количество наплавленного металла при сварке плавящимся электродом в защитном газе. Товарный вид сварных соединений очень высокий, благодаря хорошей воспроизводимости процесса, низкой разбрызгиваемости металла, гладкой поверхности шва в верхней и корневой его части с плавным переходом к основному металлу⁴

Хороший провар, незначительные деформации, стабильное горение дуги, высокая скорость сварки, использование стандартных газов обеспечивают получение экономической выгоды и высокого качества.

При этом обеспечивается сварка продольных швов в нижнем положении в лодочку, горизонтальных угловых швов в нижнем положении и швов внахлестку при V и X-разделке, а также наплавка (Рисунок 4.1, 4.2).

Скорость сварки продольных швов на стали составляет до 250 см/мин
Производительность наплавки – до 16 кг/ч

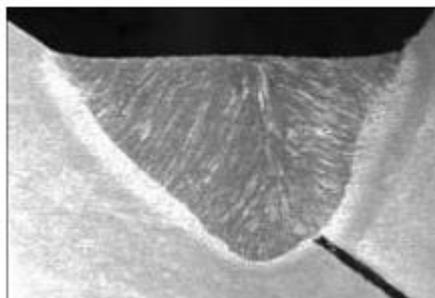


Рисунок 4.1 – Шлиф углового шва на продольной опоре двигателя, выполненного способом Time Twin

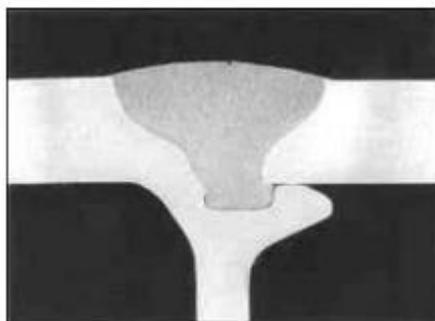


Рисунок 4.2 – Макрошлиф V-шва толщиной 8 мм, сваренного способом Time Twin за один проход

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ



Рисунок 4.3 - Система тандемной сварки СМТ Twin производства компании Fronius с двумя независимыми микропроцессорными источниками электропитания.

Данная сварочная система укомплектована двумя микропроцессорными источниками электропитания, работающими независимо друг от друга. Благодаря этому возможна индивидуальная настройка параметров сварочных процессов в соответствии со специфическими условиями производства. Кроме того, для работы может быть выбрано любое устройство подачи проволоки (с учетом очевидных ограничений физического характера). В результате допускается задание скорости подачи проволоки в очень широком диапазоне. Возможным оказывается даже применение совершенно разных технологий сварки. Рассматриваемое новое технологическое решение для сварки двумя проволоками обеспечивает пользователям возможность применения двух процессов холодного переноса металла (СМТ) или комбинации процесса импульсно-дуговой сварки GMA (на ведущем электроде) с процессом СМТ (на ведомом электроде) в рамках одной системы (рисунок 4.4).

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

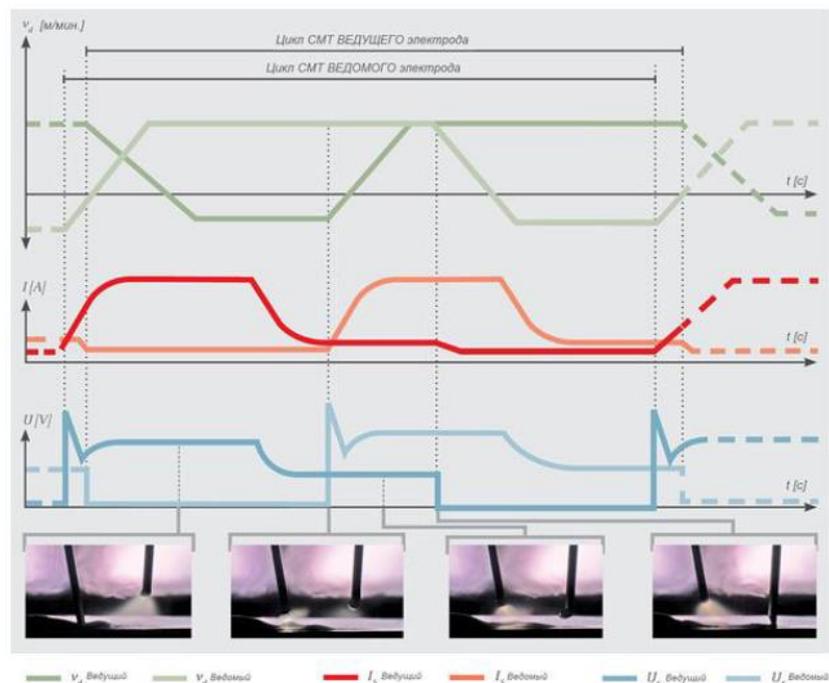


Рисунок 4.4 - Последовательность циклов СМТ Twin при использовании комбинации импульснодуговой и СМТ сварки

Отличительной чертой технологии СМТ является быстрое контролируемое возвратнопоступательное перемещение электрода в процессе выполнения сварки. Обратное движение электрода начинается при коротком замыкании (в момент касания электродом сварочной ванны). По истечении определенного периода горения дуги направление перемещения проволоки изменяется, и проволока снова перемещается по направлению к заготовке. В данном случае, в отличие от технологий импульсной сварки или сварки со струйным переносом, отделение капли осуществляется в процессе короткого замыкания при сохранении контроля над процессом.

Более того, технология СМТ обеспечивает малую длину и высокую стабильность электрической дуги, поскольку проволока отводится назад на определенное расстояние независимо от скорости подачи. Тепловложение значительно ниже, чем при традиционной сварке короткозамкнутой дугой, поскольку короткое замыкание прерывается не при высоком токе (что наблюдается при традиционной сварке короткозамкнутой дугой), а при низком, в момент отвода проволоки. Управляемый перенос капли в сварочную ванну позволяет добиться малого брызгообразования или его отсутствие, что

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

дополнительно повышает стабильность процесса по сравнению с традиционными технологиями импульсной сварки.

Благодаря технологии СМТ Twin эти положительные качества могут быть скомбинированы с преимуществами импульсно-дуговой сварки GMA: например, первый (ведущий) проволочный электрод может осуществить проплавление на большую глубину импульсной дугой и/или благодаря высокому сварочному току, а следующий за ним (ведомый) электрод, работающий в режиме СМТ, нужным образом осуществит заполнение шва с уменьшенной скоростью подачи проволоки и тепловложением. Поскольку давление дуги на сварочную ванну при использовании технологии СМТ меньше, то стабильность сварочной ванны выше, а импульсно-дуговой процесс оказывает меньшее влияние на ведомый электрод. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность использования более коротких импульсов повышенной мощности для выполнения глубокого проплавления.

С учетом вышесказанного допускаются высокие скорости сварки. За счет низкого тепловложения в отношении способности по перекрытию зазора технология СМТ Twin также имеет преимущества по сравнению с традиционными технологиями тандемной сварки.



Рисунок 4.5 - Технология СМТ Twin позволяет сварщикам добиваться показательных результатов даже при сварке тавровых швов в положении РВ.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
40

По сравнению с традиционными технологиями тандемной сварки указанная комбинация импульсно-дуговой и СМТ сварки при сохранении всех остальных параметров без изменений уменьшает тепловложение на величину от 10 % до 20 %. Тепловложение для комбинации СМТСМТ ещё ниже, благодаря чему для применения технологии тандемной сварки теперь открываются совершенно новые перспективы. Например, технология СМТ Twin позволяет осуществлять в неудобном положении проварку корня шва (рисунок 4.6), которая при использовании иных технологий была бы невозможной или экономически невыгодной.

Сварка стыковых швов также может осуществляться более эффективно, поскольку сварочная ванна более стабильна, а большая глубина проплавления ведущим электродом уменьшает риск дефектов плавления; таким образом, может быть выбран меньший угол разделки кромок.



Рисунок 4.6 - Технология СМТ Twin открывает новые области применения тандемной сварки

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
41

На рисунке 4.6 показан шов на трубопроводе: стальная пластина толщиной 19 мм приварена в положении РВ за три прохода: заварка корня шва сваркой СМТ + тандемная сварка СМТ.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							42
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

4.2 Выбор сварочного оборудования и его технические характеристики

Для сварки буферного бруса используется следующее сварочное оборудование используется

Сварочный аппарат Fronius TransPuls Synergic 5000 CMT MV

Он идеально подогнан для работы с помощью микропроцессорного и цифрового управления. Данный прибор дает возможность осуществлять высококачественную сварку при различных типах сварочных токов – от сварки короткими замыканиями до токов струйной дуги.

Таблица 4.1 – Характеристики сварочного оборудования

Вес	35,6kg
Габаритные размеры/высота	475mm
Габаритные размеры/ширина	290mm
Габаритные размеры/длина	625mm
Напряжение холостого хода	70V
Макс. сварочный ток	500A
Мин. сварочный ток	3A
Диапазон рабочего напряжения	14,2-39V
Класс защиты	IP23
Сетевой предохранитель	35A
Частота сети	50-60Hz
Сетевое напряжение	3x400V

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
43

Сварочная горелка Robacta Twin Compact Pro. (рисунок 4.7)



Рисунок 4.7 - Сварочная горелка Robacta Twin Compact Pro

Таблица 4.2 – Характеристики сварочной горелки Robacta Twin Compact Pro

Вес	2kg
Диаметр проволоки	0,8-1,6
Сварочный ток длительной нагрузки	[ArCO ₂] 900A
Сварочный ток / продолжительность включения	[ArCO ₂] 900A / 100%

Стандартное оснащение Встроенный шланг для продувки сжатым воздухом
 Изолированные друг от друга проволочные электроды Принудительный контакт
 сварочной проволоки Точность TCP ± 0,5мм

В качестве системы охлаждения используется система FK 4000-R (рис. 2.5.2), блок охлаждения разработан с учетом конструкции всей системы сварки.



Рисунок 4.8 – Блок охлаждения FK 4000-R

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

4.3 Расчёт расхода электроэнергии, газа, и свариваемой проволоки

4.4 Выбор сварочных материалов

Для сварки деталей используем смесь газов 82%Ar+18%CO₂. Это наиболее универсальная газовая смесь для полуавтоматической сварки углеродисто-конструкционных сталей, подходит практически для всех типов материалов и видов швов. Она позволяет обеспечить достаточно хорошую защиту дуги и сварочной ванны. Получается ровный гладкий шов, увеличивается плотность шва.

Для сварки деталей используем сварочную проволоку марки Св08Г2С-О состав которой указан в таблице 4.3

Таблица 4.3 – состав проволоки Св08Г2С-О

С %	Mn %	Si %	S %	P %	Cu %
0,05 - 011	1,8 - 2,1	0,7 + 0,95	< 0,025	< 0,03	0,3

Основные преимущества проволоки:

- гарантия плотного контакта между проволокой и токопроводящим наконечником;
позволяет экономно расходовать медные наконечники и производить повторное разжигание дуги
- минимальное разбрызгивание металла при сварке;
- обеспечивает устойчивость сварочной дуги и исключает возможность «залипания» электрода;
- используется для сварки во всех положениях;
- отсутствие паров меди в процессе сварки.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
45

4.5 Определение норм расхода сварочных материалов

Нормы расхода сварочных материалов определяются в килограммах на изделие.

Норма расхода сварочных материалов, H , кг, на изделие для всех видов сварки устанавливается как произведение нормативов расхода материала на протяжённость швов, по формуле (1)

$$H = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_i l_i, \quad (1)$$

где $H_1, H_2 \dots H_i$ - нормативы расхода сварочных материалов на 1 м шва, кг/мм;
 $l_1, l_2 \dots l_i$ - протяжённость сварных швов, м.

Площадь сечения шва для расчёта веса наплавленного металла определяется по таблице 19. Масса наплавленного на 1 м шва зависит от конструктивных элементов кромок деталей, марки применяемых электродов и определяется по формуле (2).

$$Q_n = \frac{F_n \cdot \gamma}{1000}, \quad (2)$$

где F_n - площадь наплавки, мм²;

γ - плотность металла, принятая в расчетах равной 7,85 г/см³ - для углеродистых и низколегированных сталей.

Для сварного шва номер 1

$$Q_n = \frac{224 \cdot 7,85}{1000} = 1,75 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 2

$$Q_n = \frac{112 \cdot 7,85}{1000} = 0,87 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 3

$$Q_n = \frac{96 \cdot 7,85}{1000} = 0,75 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 4

$$Q_n = \frac{144 \cdot 7,85}{1000} = 1,13 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 5

$$Q_n = \frac{168 \cdot 7,85}{1000} = 1,31 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 6

$$Q_n = \frac{69 \cdot 7,85}{1000} = 0,54 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 7

$$Q_n = \frac{95 \cdot 7,85}{1000} = 0,74 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 8

$$Q_n = \frac{152 \cdot 7,85}{1000} = 1,19 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 9

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
47

$$Q_n = \frac{228 \cdot 7,85}{1000} = 1,78 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 10

$$Q_n = \frac{168 \cdot 7,85}{1000} = 1,31 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 11

$$Q_n = \frac{112 \cdot 7,85}{1000} = 0,87 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 12

$$Q_n = \frac{125 \cdot 7,85}{1000} = 0,98 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 13

$$Q_n = \frac{96 \cdot 7,85}{1000} = 0,75 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 14

$$Q_n = \frac{64 \cdot 7,85}{1000} = 0,50 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 15

$$Q_n = \frac{16 \cdot 7,85}{1000} = 0,12 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 16

$$Q_n = \frac{440 \cdot 7,85}{1000} = 3,45 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 17

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
48

$$Q_n = \frac{100 \cdot 7,85}{1000} = 0,78 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 18

$$Q_n = \frac{64 \cdot 7,85}{1000} = 0,5 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 19

$$Q_n = \frac{60 \cdot 7,85}{1000} = 0,47 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 20

$$Q_n = \frac{522 \cdot 7,85}{1000} = 4,09 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 21

$$Q_n = \frac{61 \cdot 7,85}{1000} = 0,47 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 22

$$Q_n = \frac{23 \cdot 7,85}{1000} = 0,18 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 23

$$Q_n = \frac{125 \cdot 7,85}{1000} = 0,98 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 24

$$Q_n = \frac{96 \cdot 7,85}{1000} = 0,75 \text{ кг.}$$

Для сварного шва номер 25

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

$$Q_n = \frac{41 \cdot 7,85}{1000} = 0,32 \text{ кг.}$$

Сварка выполняется в среде инертных газов плавящимся электродом. Норматив расхода проволоки H_n , определяется по номинальным конструктивным размерам шва, весу наплавленного металла с учетом технологических потерь и расходов, и рассчитывается по формуле (18)

$$H_n = Q_n \cdot K_n, \quad (3)$$

где K_n - коэффициент перехода от массы наплавленного металла к расходу сварочной проволоки, учитывающий технологические потери и отходы при сварке определяется из таблицы 41, из источника [4].

Для сварного шва номер 1

$$H_n = 3,115 \cdot 1,09 = 3,39 .$$

Для сварного шва номер 2

$$H_n = 6,4 \cdot 1,09 = 6,97 .$$

Для сварного шва номер 3

$$H_n = 6,4 \cdot 1,09 = 6,97 .$$

Для сварного шва номер 4

$$H_n = 2,454 \cdot 1,09 = 2,67 .$$

Для сварного шва номер 5

$$H_n = 2,454 \cdot 1,09 = 2,67 .$$

Для сварного шва номер 6

$$H_n = 2,871 \cdot 1,09 = 3,12 .$$

Для сварного шва номер 7

$$H_n = 0,8 \cdot 1,09 = 0,872 .$$

Для сварного шва номер 8

$$H_n = 0,5 \cdot 1,09 = 0,54 .$$

Для сварного шва номер 9

$$H_n = 0,6 \cdot 1,09 = 0,65 .$$

Для сварного шва номер 10

$$H_n = 0,32 \cdot 1,09 = 0,34 .$$

Для сварного шва номер 11

$$H_n = 1 \cdot 1,09 = 1,09 .$$

Для сварного шва номер 12

$$H_n = 1,8 \cdot 1,09 = 1,96 .$$

Для сварного шва номер 13

$$H_n = 1,6 \cdot 1,09 = 1,74 .$$

Для сварного шва номер 14

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

$$H_n = 1,1 \cdot 1,09 = 1,19 .$$

Для сварного шва номер 15

$$H_n = 0,002 \cdot 1,09 = 0,0022 .$$

Для сварного шва номер 16

$$H_n = 0,002 \cdot 1,09 = 0,0022 .$$

Для сварного шва номер 17

$$H_n = 0,6 \cdot 1,09 = 0,65 .$$

Для сварного шва номер 18

$$H_n = 1,7 \cdot 1,09 = 1,85 .$$

Для сварного шва номер 19

$$H_n = 0,6 \cdot 1,09 = 0,65 .$$

Для сварного шва номер 20

$$H_n = 0,3 \cdot 1,09 = 0,33 .$$

Для сварного шва номер 21

$$H_n = 0,1 \cdot 1,09 = 0,109 .$$

Для сварного шва номер 22

$$H_n = 2,4 \cdot 1,09 = 2,61 .$$

Для сварного шва номер 23

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

$$H_n = 0,6 \cdot 1,09 = 0,65 .$$

Для сварного шва номер 24

$$H_n = 0,3 \cdot 1,09 = 0,33 .$$

Для сварного шва номер 25

$$H_n = 6,5 \cdot 1,09 = 7,08 .$$

$$H = 1,75 \cdot 3,39 + 0,87 \cdot 6,97 + 0,75 \cdot 0,97 + 1,13 \cdot 2,67 + 1,31 \cdot 2,67 + 0,54 \cdot 3,12 + 0,74 \cdot 0,872 + 1,19 \cdot 0,54 + 1,78 \cdot 0,65 + 1,31 \cdot 0,34 + 0,87 \cdot 1,09 + 0,98 \cdot 1,96 + 0,75 \cdot 1,74 + 0,5 \cdot 1,19 + 0,12 \cdot 0,0022 + 3,45 \cdot 0,0022 + 0,78 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 1,85 + 0,47 \cdot 0,65 + 4,09 \cdot 0,33 + 0,47 \cdot 1,109 + 0,18 \cdot 2,61 + 0,98 \cdot 0,65 + 0,75 \cdot 0,33 + 0,32 \cdot 7,08 = 35,81 \text{ кг.}$$

Таблица 4.4 - Коэффициент перехода K_n

Сварочный материал	Значение K_n		
	Вид сварки		
	Автоматическая	Механизированная	Ручная
Сталь	1,09	1,10	1,15
Алюминий и его сплавы	1,23	1,25	1,30
Медь и ее сплавы	-	-	1,15

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
53

5 Компьютерное моделирование оснастки для сварки боковины с математическим обоснованием её технических характеристик.

5.1 Принципы организационно-технологического проектирования

При проектировании сборочной и сборочно-сварочной оснастки для роботизированного комплекса сварки буферного бруса рамы кузова электровоза необходимо придерживаться следующих принципов:

Основные принципы организационно-технологического проектирования

1. Рациональное расчленение конструкции на технологические сборочные единицы, обеспечивающие:

1.1 - доступность и досягаемость горелкой сварных швов;

1.2 - возможность поэтапной сборки изделия методом последовательного наращивания;

1.3 - требуемое качество сварных соединений и конструкции в целом;

1.4 - рациональную последовательность выполнения сварных швов;

1.5 - возможность беспрепятственно сокращаться металлу сварных соединений, не вызывая в целом искажения формы конструкции;

1.6 – возможность сварки без кантовки в удобном для сварки положении;

1.7 – возможность сварки в напряжённом состоянии, при которой уменьшаются остаточные сварочные деформации.

2. Назначение системы базирования собираемых элементов, обеспечивающей максимальную точность расположения свариваемых кромок, а именно:

2.1- введение дополнительных баз при сборке длинномерных нежестких деталей или деталей с большим разбросом размеров и формы;

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
54

2.2- оптимальное расположение баз и возможность их регулирования в направлении, компенсирующем будущие сварочные деформации;

2.3 - уменьшение при базировании количества деталей, определяющих размеры и форму изделия;

2.4 - назначение базовых поверхностей оснастки, совпадающих с базовыми поверхностями деталей;

2.5 - придание нежёстким элементам конструкции требуемой формы в сборочно-сварочной оснастке путем их закрепления в жёстком приспособлении;

2.6 – использование приёма установки деталей «по ножам», которые обеспечивают точное расположение стыка в пространстве и величину зазора в стыке, равную толщине ножа;

2.7 - использование приёма смены баз, который устраняет влияние временных и остаточных деформаций на качество сварных соединений;

2.8 - использование соединений и установочных элементов типа пазов, отверстий и выступов, обеспечивающих самоустановку собираемых деталей, их надёжную и стабильную фиксацию друг относительно друга.

3. Использование приемов конструирования сварных соединений, позволяющих минимизировать и рационально распределять объем наплавленного металла с целью уменьшения величины сварочных деформаций, а именно:

3.1- учёт фактической глубины проплавления, равной катету шва при расчете прочности тавровых и нахлесточных соединений, выполняемых тонкими проволоками (\varnothing 1,0 или 1,2 мм) на повышенных плотностях тока;

3.2 - выполнение сварных угловых швов расчетных размеров с минусовыми допусками;

3.3 - назначение переменных минимально необходимых объёмов наплавленного металла по длине швов с учётом характера распределения напряжений в соединениях;

3.4 - назначение типов сварных соединений, обеспечивающих максимальную технологичность их выполнения при роботизированной сварке;

3.5 - замена в тавровых соединениях двусторонних угловых швов на односторонние при условии полного проплавления стенки, что уменьшает объём наплавленного металла, трудоемкость изготовления и существенно упрощает конструкцию сборочно-сварочной оснастки; 50 Вестник ДГТУ, 2007. Т.7. №1(32)

3.6 - замена нахлесточных и тавровых соединений, выполняемых двусторонними угловыми швами на прорезные или проплавные с целью уменьшения угловых деформаций и трудоёмкости изготовления;

3.7 - замена нахлесточных соединений с двумя лобовыми швами на соединения с одним прорезным и одним лобовым швами с их выполнением в последовательности, обеспечивающей сварку с одной стороны, повышение прочности и уменьшение деформаций;

3.8 - использование при сварке стыковых швов поперечных колебаний электрода с целью снижения требований к точности его позиционирования;

3.9 - проектирование конструкций с уравниванием сил и моментов, создаваемых усадкой швов;

3.10 - назначение размеров заготовок с учётом последующей сварочной усадки;

3.11 - проектирование с возможностью правки конструкции после сварки.

4. Использование технологических приемов, уменьшающих сварочные деформации, а именно:

4.1 - назначение режимов сварки с минимальной погонной энергией;

4.2 - использование жёсткой сборочной оснастки;

4.3- смещение швов на толстостенные, жёсткие элементы в соединениях деталей разной толщины;

4.4 - предварительное пластическое деформирование деталей, создающее перемещения, противоположные ожидаемым при сварке;

4.5 - искусственное охлаждение сварных соединений, уменьшающее зону пластических деформаций;

4.6 - сборка с учётом будущих сварочных деформаций;

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

4.7- создание в зоне сварки напряжений, обратных сварочным по величине и знаку;

4.8 - приложение к изделию активных сил, вызывающих в элементах конструкции деформации, обратные сварочным;

4.9 - сварка тавровых соединений «на спуск» или в симметричную лодочку, позволяющая получать нормальные или вогнутые швы;

4.10 - сварка в несимметричную лодочку, позволяющая регулировать соотношение катетов, получать наибольшую глубину проплавления, совпадающую с расчётным сечением шва.

Организационно-технологическое проектирование предполагает одновременное рассмотрение различных аспектов создания РТК и выполнение следующих работ:

- адаптация конструкции изделия под роботизированную сварку;
- разработка нескольких альтернативных вариантов технологического процесса сборки и сварки изделия;
- выбор и обоснование схем базирования сборочных единиц;
- выбор компоновки РТК; - оценка возможности качественной сборки и получения сварных соединений, отвечающих требованиям технической документации;
- выбор приёмов, уменьшающих сварочные деформации до уровня, обеспечивающего получение качественных соединений и требуемой точности изделия;
- оценка производительности РТК и себестоимости изделия;
- обоснование системы технического обслуживания РТК;
- выбор наилучшего из рассмотренных вариантов.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

5.2 Основные принципы построения технологии в автоматизированных производственных системах

Раскрыть потенциальные возможности АПС и обеспечить их максимальную эффективность можно только тогда, когда проектированию АПС предшествуют глубокие технологические разработки, соблюдение основных принципов технологии. Рассмотрим некоторые из них.

1. Принцип завершенности заключается в том, что следует стремиться к выполнению всех операций в пределах одной АПС без промежуточной передачи полуфабрикатов в другие подразделения или вспомогательные отделения. Для реализации принципа необходимы: обеспечение требований по технологичности изделий; разработка новых унифицированных методов обработки и контроля; расширение и обоснование типажа оборудования АПС с повышенными технологическими возможностями.

2. Принцип малооперационной технологии заключается в формировании ТП с максимально возможным укрупнением операций, с минимальным числом операций и установок в операциях. Для реализации принципа необходимы те же мероприятия, что и для принципа 1, а также оптимизация маршрутов и операционной технологии, применение методов автоматизированного проектирования ТП.

3. Принцип «малолюдной» технологии заключается в обеспечении автоматической работы АПС в пределах всего производственного цикла. Для реализации принципа необходимы: стабилизация отклонений входных технологических параметров АПС (заготовок, инструментов, станков, оснастки); расширение и повышение надежности методов операционного информационного обеспечения; переход к гибким адаптивным системам управления СУ ТП со статистической коррекцией УП.

4. Принцип «безотладочной» технологии заключается в разработке ТП, не требующих отладки на рабочих позициях. Принцип особенно актуален для

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
58

широкономенклатурных АПС, он близок к принципу 3. Для его реализации необходимы те же мероприятия, что и для принципа 3.

5. Принцип активно-управляемой технологии заключается в организации управления ТП и коррекции проектных решений на основе рабочей информации о ходе ТП. Корректировать можно как технологические параметры, формируемые на этапе управления, так и исходные параметры технологической подготовки производства (ТПП). Для реализации принципа необходимы: разработка методов и алгоритмов 16 адаптивного управления ТП; разработка методов статистической коррекции базы данных (БД) для создания самообучающихся АПС.

6. Принцип оптимальности заключается в принятии решения на каждом этапе ТПП и управлении ТП на основе единого критерия оптимальности. Для реализации принципа необходимы: разработка теоретических основ оптимизации ТП; разработка алгоритмов оптимизации для условий работы АПС; разработка специальных технических, аппаратных, программных средств реализации указанных алгоритмов. Принцип оптимальности создает единую методическую основу решения технологических задач на всех уровнях и этапах, позволяет выработать наиболее эффективное, однозначное и взаимоувязанное решение указанных задач. Помимо рассмотренных для технологии АПС характерны и другие принципы: компьютерной технологии, информационной обеспеченности, интеграции, безбумажной документации, групповой технологии. Все они объединены в единую систему ТПП и управления, что позволяет говорить о создании принципиально новой технологии АПС, реализующей наиболее эффективные технические решения и максимально раскрывающей потенциальные технические и технологические возможности АПС. Последний принцип групповой технологии является фундаментальным для всех АПС, так как именно он обеспечивает «гибкость» производства.

Вопрос о необходимости и целесообразности совмещения сборки и сварки

Необходимость и целесообразность совмещения сборки и сварки в одном приспособлении или выполнении сборки и сварки отдельно определяется на

основании ряда технологических, конструктивных и эксплуатационных соображений с учетом формы, "размеров изделия и конкретных условий данного цеха:

1) возможность наложения всех требуемых швов на изделие в сборочном приспособлении;

2) уверенность, что при снятии собранного и прихваченного узла со сборочного приспособления для дальнейшей его сварки вне этого приспособления не нарушится правильное взаимное положение отдельных деталей;

3) возможность усложнения конструкции приспособления, когда для сварки изделия необходимо делать его поворотным в то время, как для сборки оно могло бы быть неповоротным;

4) возможность усложнения конструкции приспособления для придания ему повышенной жесткости и прочности, чтобы избежать значительных деформаций при сварке в нем изделия, причем для сборки и прихватки собираемого изделия ужесточение приспособления не требуется;

б) правильная организация внутрицеховой транспортировки изделия; длительность или сложность транспортировки тяжелых или крупногабаритных собранных и прихваченных изделий

Сварочная оснастка может быть использована как силовая (сборочные звенья для поджима или подгибки деталей, стягивания и т. д.), так и фиксирующая, не воспринимающая значительных усилий.

Из простейших элементов приспособления некоторые (упоры, фиксаторы) могут воспринимать значительные усилия лишь в отдельных случаях, например, при повороте изделия и передаче веса или части веса собираемого узла на упор или фиксатор, при появлении распорного усилия от деформации свариваемого узла и т. д.

Другие же (прижимы, домкраты, стяжки, распорки) всегда являются силовыми звеньями и поэтому должны обладать достаточной прочностью и жесткостью.

5.3 Требуемые усилия для закрепления изделия

Основное назначение зажимных устройств приспособлений обеспечение надежного контакта заготовки с установочными элементами, предупреждение ее смещения и вибраций в процессе обработки. Введением дополнительных зажимных устройств увеличивают жесткость технологической системы, что повышает точность и производительность обработки. Зажимные устройства используют также для обеспечения правильной установки и центрирования заготовки, выполняя функцию установочно-зажимных устройств. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и другие устройства,

Поэтому при разработке схемы приспособления необходимо тщательно определять действительные усилия в силовых звеньях, прибегая в нужных случаях к экспериментальному их определению.

В отдельных звеньях сборочных приспособлений усилия могут возникать от зажимных устройств и в некоторых случаях от веса собираемых деталей. В сварочных приспособлениях к выше перечисленным усилиям добавляются усилия от усадки швов в соединениях.

Зная длину швов на изделии и их расположение, число требуемых поворотов изделия в процессе сборки или сварки, а также выбрав метод сварки, можно установить основные конструктивные параметры приспособления: вид приспособления - поворотное или неповоротное; тип привода - ручной или моторный; тип установки для автоматической сварки - универсального или специализированного назначения.

Для обеспечения неподвижности детали в приспособлении, постоянства ее места положения при повороте, плотного прилегания базовых поверхностей к опорам приспособления, удержания деталей от деформации при температурном воздействии сварочного цикла или создания обратной деформации необходимо обеспечить силовое замыкание детали. Одновременное силовое замыкание детали и ее базирование называется установкой

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Определять требуемые усилия зажима необходимо с учетом коэффициента запаса, который предусматривает непостоянство установки, отклонения формы и размеров заготовок, износ опорных и зажимных элементов приспособления. Для ручных зажимов следует использовать коэффициент запаса, равный 2, для механизированных - 1,5. Для обеспечения неподвижности детали в приспособлении и постоянства ее места положения при повороте можно пользоваться формулой, связывающей массу изделия и коэффициент трения между опорными элементами приспособления и поверхностью детали:

$$P = \frac{k \cdot G \cdot \mu}{n}, \quad (4)$$

где k - коэффициент запаса;

G - масса изделия, кг; μ - коэффициент трения стали по стали, принимаемый 0,2 для необработанных поверхностей и 0,16 для чистых обработанных поверхностей;

n - количество прижимов

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
62

5.4 Методика разработки схем базирования

Базирование - придание заготовке или всему изделию требуемое положение относительно выбранной системы координат.

База - поверхность или выполняющая ту же функцию сочетание поверхностей, оси, точки, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования.

Для правильного базирования деталей необходимо осуществление правила шести точек. Смысл этого правила состоит в следующем. Для фиксации заготовки в приспособлении необходимо и достаточно создать в нем шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовки. Эти шесть точек должны быть расположены в трех координатных плоскостях. Увеличение числа опорных точек сверх шести может ухудшить условия базирования, так как заготовка не будет опираться на все опоры, вследствие чего возможно ее деформирование под действием сил зажимов.

Для уменьшения риска неудач на всех стадиях создания РТК для дуговой сварки приходится параллельно решать целый комплекс взаимосвязанных проблем. Хорошим решением является следование принципам организационно-технологического проектирования и алгоритму процесса проектирования роботизированных сварочных комплексов [3, 4, 5].

Для точной сборки и фиксации деталей изделия необходимо обеспечить постоянство контакта баз с опорными точками и полную неподвижность деталей относительно сварочного робота. Эта задача решается при создании теоретической схемы базирования изделия определяющим необходимым для решения данной технологической задачи число и расположение идеальных связей и опорных точек, а также устанавливающим соответствующие базовые поверхности заготовки [6, 7].

Базирование заготовки в приспособлении производится, как правило, двумя или тремя базами, причем оно сводится, по существу, к базированию отдельных ее баз. Значимость каждой из баз для конкретной операции неодинакова. Среди

них выделяется главная база. Заготовка, установленная этой базой в приспособление, получает наибольшую ориентировку, лишаясь трех (установочная база) или четырех (двойная направляющая база) степеней свободы. Для лишения заготовки остальных степеней свободы используются дополнительные базы. За главную базу предпочтительно брать поверхность, которая обеспечивает заготовке устойчивое положение в приспособлении даже при базировании только одной этой базой. Наиболее полно такому требованию отвечает плоская поверхность заготовки, располагающаяся снизу и обладающая достаточной протяженностью. Если у заготовки такой поверхности нет, выбирают другую достаточной протяженности – боковую поверхность, цилиндрическое отверстие либо цилиндрическую наружную поверхность. На выбор главной базы влияет также точность исходных размеров и допускаемых отклонений расположения обрабатываемой поверхности. За главную базу следует принимать базу, от которой заданы наиболее точные исходные размеры (или наименьшие отклонения расположения).

Полностью ориентированная в пространстве заготовка лишается шести степеней свободы (3 линейных и 3 угловых). Технологические базы по лишаемым степеням свободы подразделяются:

а) на установочную (У) – лишает заготовку 3-х степеней свободы, одну линейную и две угловые;

б) направляющую (Н) – лишает заготовку 2-х степеней свободы, одну линейную и одну угловую;

в) опорную (О) – лишает заготовку 1-й степени свободы, линейной либо угловой; г) двойную опорную (ДО) – лишает заготовку 2-х линейных степеней свободы;

д) двойную направляющую (ДН) – лишает заготовку 4-х степеней свободы, две линейных и две угловых. 21 Так как в качестве главной базы следует принимать установочную или двойную направляющую, то при обеспечении полного базирования возможны следующие сочетания технологических баз (комплекты баз): У+Н(ДО)+О; ДН+О+О; ДН+О. Схема ДН+Н является частным

случае второй схемы. Следовательно, возможны две основные теоретические схемы базирования. Когда нет необходимости лишать заготовку при базировании всех шести степеней свободы (неполное базирование), возможны реализации следующих теоретических схем: У+Н(ДО), ДН+О – заготовка лишена пяти степеней свободы; У+О, ДН – заготовка лишена четырех степеней свободы.

Возможные сочетания форм базовых поверхностей В качестве базовых поверхностей заготовок, с помощью которых реализуются теоретические схемы базирования, используются поверхности, имеющие в основном форму плоскости (П), наружную цилиндрическую (Н), внутреннюю цилиндрическую (В), конусную (центровые гнезда) (К). Шлицевые поверхности представляют собой сочетание цилиндрической и плоской поверхностей. Возможно базирование и по зубчатым поверхностям, но в этом случае погрешность базирования равна нулю, так как обеспечивается самоцентрирование оси заготовок. Установочная база может быть реализована только плоской поверхностью, двойная направляющая – цилиндрической (наружной и внутренней) и конической.

Анализ всех возможных сочетаний позволил выявить 22 схемы, реально встречающиеся на практике. На Рисунок 2.1 они обозначены буквами, которые определяют форму базовой поверхности. Последовательность обозначения букв соответствует обозначению комплекта баз. Так, для схемы У+Н+О возможное сочетание П+Н+П означает, что для базы У используется плоская поверхность (П), для базы Н – наружная цилиндрическая (Н), для базы О – плоская (П).

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Разработка системы базирования построена в основном на логических рассуждениях. Поэтому особое внимание приобретает методика, определяющая наиболее целесообразные порядок и содержание действий технолога. На основе изучения технической литературы предлагается методика решения поставленных задач.

При разработке схемы базирования надо учитывать условия, позволяющие наиболее правильно произвести выбор технологических баз.

Условие 1. Отбор поверхностей, плоскостей, проходящих через оси (чаще оси симметрии заготовки), их сочетаний в качестве технологических баз производить с учётом их геометрических размеров.

Условие 2. Совмещение технологических баз с измерительными (конструкторскими) базами для исключения погрешности несовмещения баз.

Условие 3. Расположение опорных точек на самом удалённом расстоянии друг от друга для повышения точности ориентации.

1) В соответствии с условием **1**, отбирают плоскости с наибольшими габаритными размерами, которые могут быть использованы в качестве технологических установочных баз (**ТУБ**). Такие плоскости у заготовки (Рисунок отмечены знаком **У** (установочные поверхности)).

2) В соответствии с условием **2** отмеченные плоскости (знак **У**) совмещают с измерительными базами (с базами, от которых надо выдерживать размеры, заданные на чертеже). Такие плоскости у заготовки (Рисунок 6.1) могут быть как отмеченная знаком **ТУБ**, так и противоположная ей верхняя поверхность. В любом случае они обеспечивают положение заготовки относительно инструмента и перпендикулярность обрабатываемых поверхностей относительно технологических установочных баз.

3) На выбранной технологической установочной базе располагают три опорные точки таким образом, чтобы обеспечивалась наибольшая точность и устойчивость (требования, вытекающие из условий **3** и **4**).

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

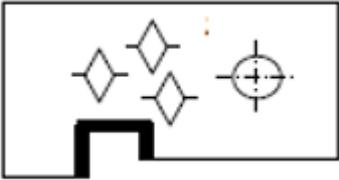
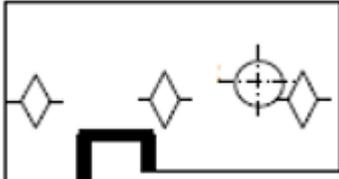
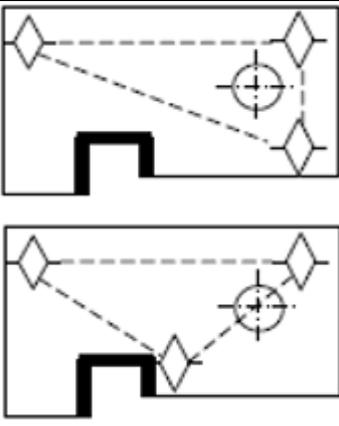
15.04.01.660000.000 ПЗ

Примеры и рекомендации расположения опорных точек приведены в таблице 7.1, где даны оценка и пояснения, показывающие распространённые неточности и ошибки при разработке схем базирования.

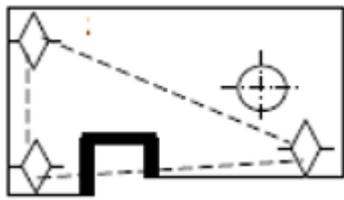
4) В соответствии с условием **1** выбирают плоскости наибольшей протяжённости, которые могут быть использованы в качестве технологических направляющих баз (**ТНБ**). Такие плоскости у заготовки (Рисунок 6.1), отмеченные знаком **H** (направляющие), могут быть выбраны в качестве направляющих баз: боковая поверхность или сочетание боковых поверхностей.

5) В соответствии с условием **2** плоскости, отмеченные знаком **H**, совмещают с измерительными базами. Такие плоскости у заготовки (Рисунок 5.1) отмечены знаком **ТНБ**.

Таблица 5.1 - расположение опорных точек для установочной базы

Эскиз заготовки и расположение опорных точек	Оценка	Положение
	Неправильно	Возникает большая погрешность из-за близко расположенных опорных точек
	Неправильно	Лишаются только две степени свободы, так как опорные точки расположились в линию
	Не рекомендуется	Снижена устойчивость, так как поверхности обработки находятся вне зоны расположения опорных точек (зона обозначена штриховыми линиями)

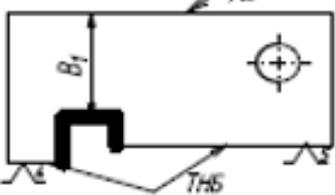
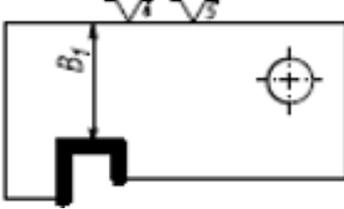
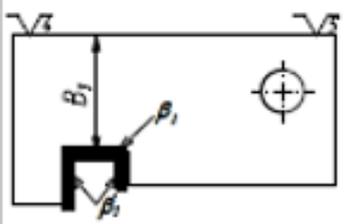
Продолжение таблицы 5.1

	Правильно	Обеспечивается наибольшая точность (перпендикулярность поверхностей паза относительно нижней установочной поверхности) и устойчивость
---	-----------	---

б) На выбранной технологической направляющей базе располагают опорные точки в соответствии с условием 3.

Примеры и рекомендация расположения опорных точек для направляющей базы приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 - Расположение опорной точки для опорной базы

Эскиз заготовки и расположения опорных точек	Оценка	Пояснение
	Неправильно	При получении размера В: возникает погрешность несовмещения баз, так как измерительная база не совпадает с технологической направляющей базой, представленной точками 4 и 5
	Неправильно	Увеличивается погрешность установки, так как опорные точки 4 и 5 расположены очень близко друг к другу
	Неправильно	Обеспечивается размер В., а также параллельность поверхность паза β : (перпендикулярность β) относительно технологической направляющей базы

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

	<p>Неправильно</p>	<p>При выдерживании размера С: возникает погрешность несовмещения баз, так как измерительная база не совпадает технологической опорной представленной опорной точкой б</p>
		<p>Обеспечивается размер С: так как технологическая база (опорная точка б) совмещена с измерительной базой.</p>

7) В соответствии с *условием 1* выбирают плоскости, наименьшие по размерам, которые используют в качестве технологических опорных баз (**ТОБ**). Такие элементы у заготовок (см. рис 5.1) отмечены знаком **О** (опорные поверхности).

8) В соответствии с *условием 2* плоскости, выбранные в качестве опорных (отмеченные знаком **О**) совмещают с измерительными базами. Такие элементы отмечены знаком **ТОБ** (Рисунок 5.1).

9) На выбранной технологической опорной базе располагают одну опорную точку. Примеры и рекомендации расположения опорной точки приведены в таблице 3.

При проектировании приспособлений для сборки и сварки конструкций, состоящих из нескольких деталей, необходимо учитывать, что поверхности одной детали могут быть опорными для сопрягаемых с ней базами других деталей.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

5.5 Базирование боковины

С учетом автоматизированной сварки и использования механизированных прижимов в приспособлении была разработана схема базирования боковины

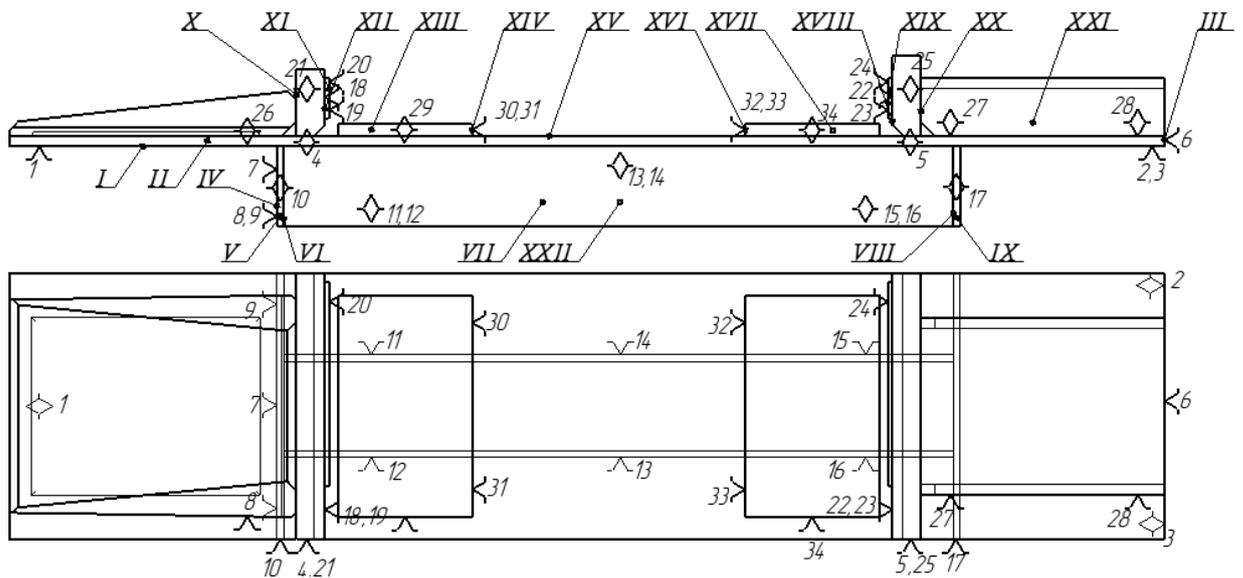


Рисунок 5.2 - Схема базирования боковины

На рисунке 6.2 в первую очередь базируется лист поз.14, здесь используются базы; установочная (У), направляющая (Н), опорная(О) по поверхностям I, II, III.

Полоса поз.7 базируется на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 2х степеней свободы. Такая база принимается как направляющая база. Для определения местоположения полосы поз.7 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 3х степеней свободы, ее необходимо опереть на 3 точки 7,8,9 на плоскости IV. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 10 на плоскости V.

Две полосы поз.8 базируются на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 2х степеней свободы. Такая база принимается как направляющая. Для определения местоположения полос поз.8 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 3х степеней свободы, их необходимо опереть на 3 точки 11,13,15 на плоскости IV и для второй полосы 12,14,16 на плоскости I. Перемещения вдоль листа поз.14

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
71

детали лишаются при использовании поверхности полосы поз.7. Такая база принимается как упорная.

Полоса поз.7 базируется на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 2х степеней свободы. Такая база принимается как направляющая база. Для определения местоположения полосы поз.7 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 3х степеней свободы, ее необходимо опереть на две полосы поз.8. Такая база принимается как установочная. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 17 на плоскости IX.

Полоса поз.9 и полоса поз.10 базируются на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 2х степеней свободы. Такая база принимается как направляющая. Для определения местоположения полос на поверхности листа поз.14 и лишить еще 3х степеней свободы, их необходимо опереть на 3 точки 18,19,20 и для другой полосы 22,23,24 на плоскостях XI, XII, XVIII, XIX. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 21 и для второй полосы 25.

Клин поз.3 базируется на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Для определения местоположения клина поз.3 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 2х степеней свободы, ее необходимо опереть полосу поз.10. Такая база принимается как направляющая. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 27.

Желоб поз.2 базируется на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Для определения местоположения желоба поз.2 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 2х степеней свободы, ее необходимо опереть полосу поз.9. Такая база принимается как направляющая. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 26.

Две планки поз.5 базируются на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Для определения местоположения полос поз.8 на поверхности листа поз.14 и лишить

						15.04.01.660000.000 ПЗ	Лист
							72
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

еще 3х степеней свободы, их необходимо опереть на 3 точки 11,13,15 на плоскости IV и для второй полосы 12,14,16 на плоскости I. Перемещения вдоль листа поз.14 детали лишаются при использовании поверхности полосы поз.7. Такая база принимается как упорная.

5.6 Работа приспособления для сборки и сварки боковины

Для сборки и сварки боковины (рисунок 2.2) на основании схемы базирования (рисунок 5.3) была спроектирована оснастка (рисунок 6.3)

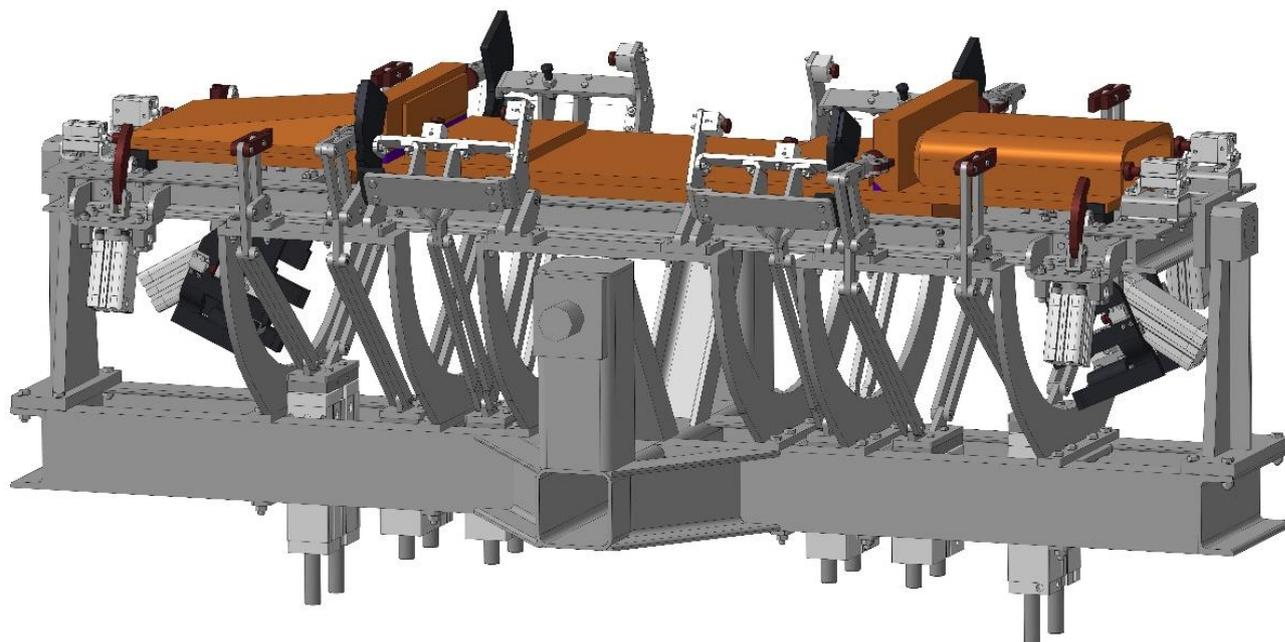


Рисунок 5.3 – Оснастка для сборки и сварки боковин

Тип и размеры установочных и зажимных элементов, их количество и взаимное расположение определяется исходя из выбранной схемы базирования. При сборке под сварку необходимо последовательно ориентировать собираемые в изделие детали, учитывать их совмещение в соответствии с размерами сборочного чертежа и временные закрепления деталей перед сваркой с помощью зажимных устройств.

Сборка и сварка изделия в данном приспособлении выполняется в следующей последовательности:

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
73

Полосы поз.7 и поз.8 устанавливается в приспособлении, в соответствии с рисунком 5.4.

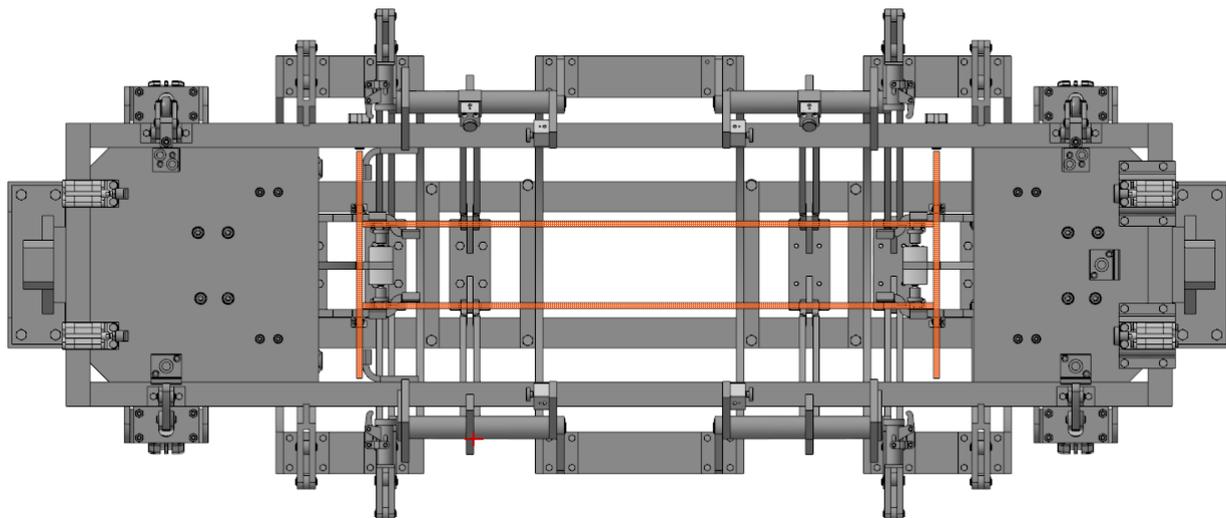


Рисунок 5.4 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Полоса поз.14 устанавливается по упорам и фиксируется с помощью пневматических прижимов, в соответствии с рисунком 5.5.

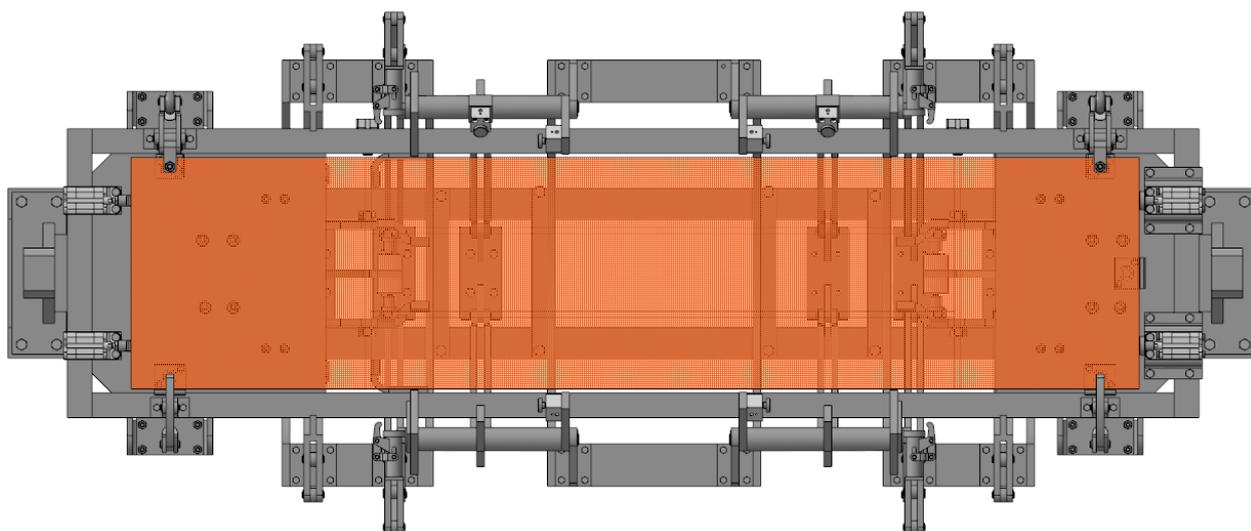


Рисунок 5.5 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Детали кантуются на 180 и фиксируются пневматическими прижимами. Производится операция прихватки деталей между собой, в соответствии с рисунком 5.6.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
74

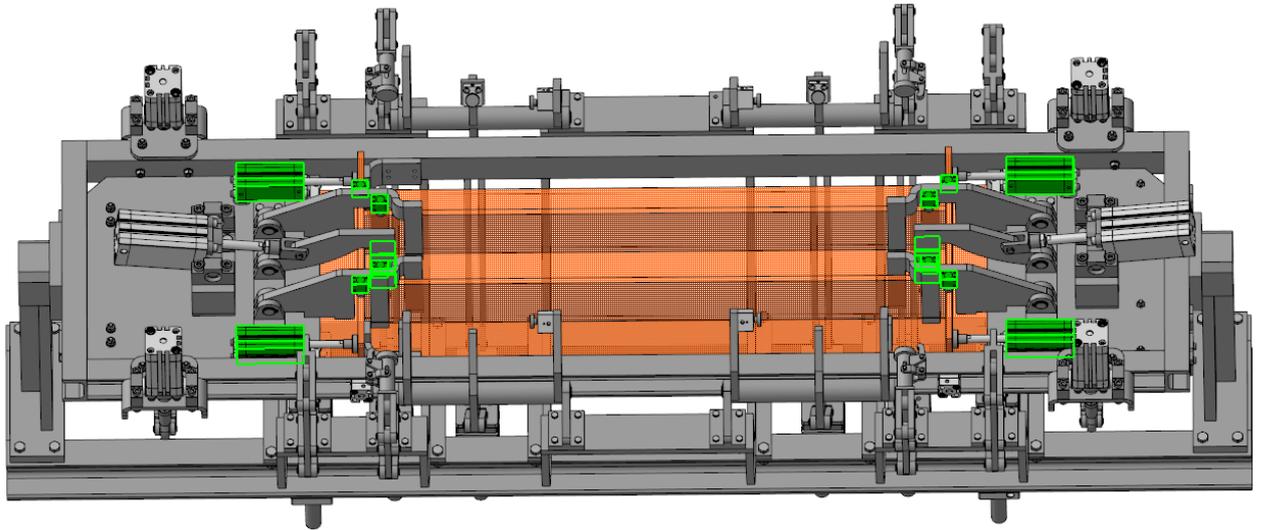


Рисунок 5.6 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Приспособления откидываются и производится операция сварки, в соответствии с рисунком 5.7.

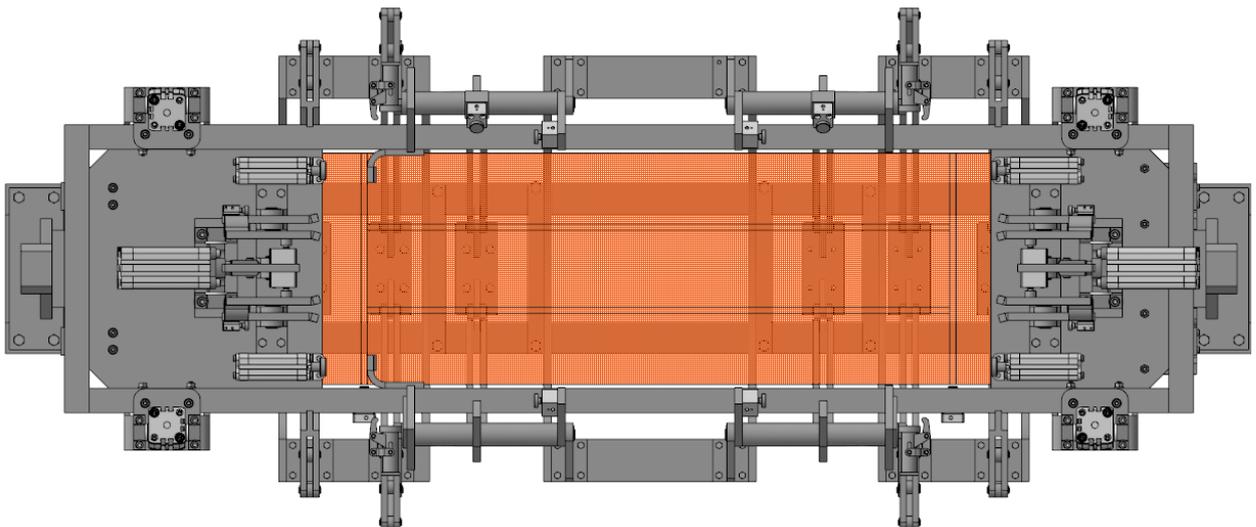


Рисунок 5.7 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Изделие кантуется на 180. Сборочные единицы и планки поз5 устанавливаются на лист14 и фиксируются прижимами и прихватываются. Прижимы откидываются и детали свариваются , в соответствии с рисунком 5.8.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

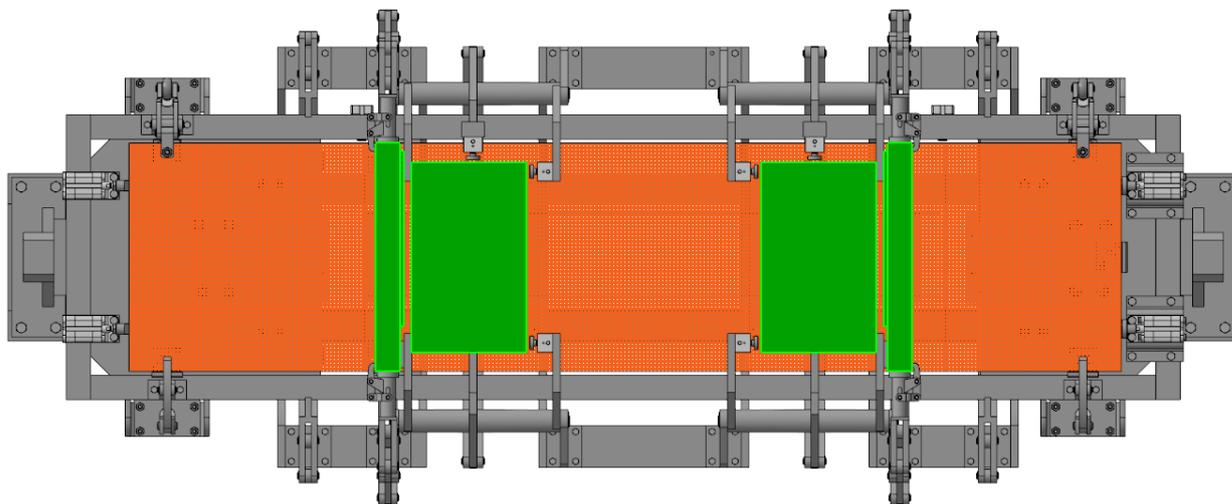


Рисунок 5.8 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Желоб устанавливаются на лист 14 и фиксируются прижимами и прихватываются. Прижимы откидываются и детали свариваются, в соответствии с рисунком 5.9.

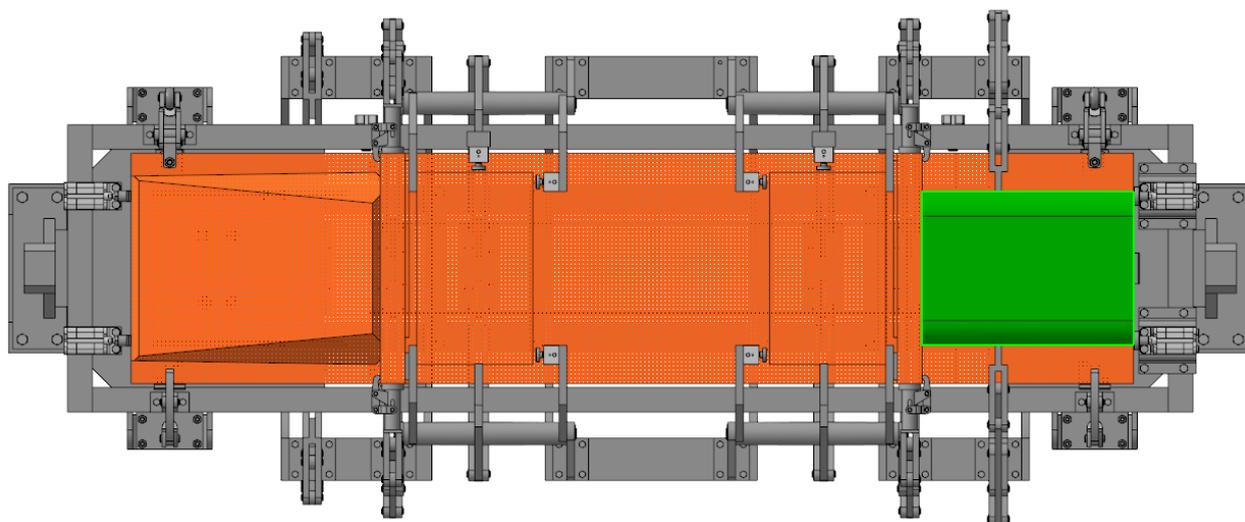


Рисунок 5.9 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Клин устанавливаются на лист 14 и фиксируются прижимами и прихватываются. Прижимы откидываются и детали свариваются, в соответствии с рисунком 5.10.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

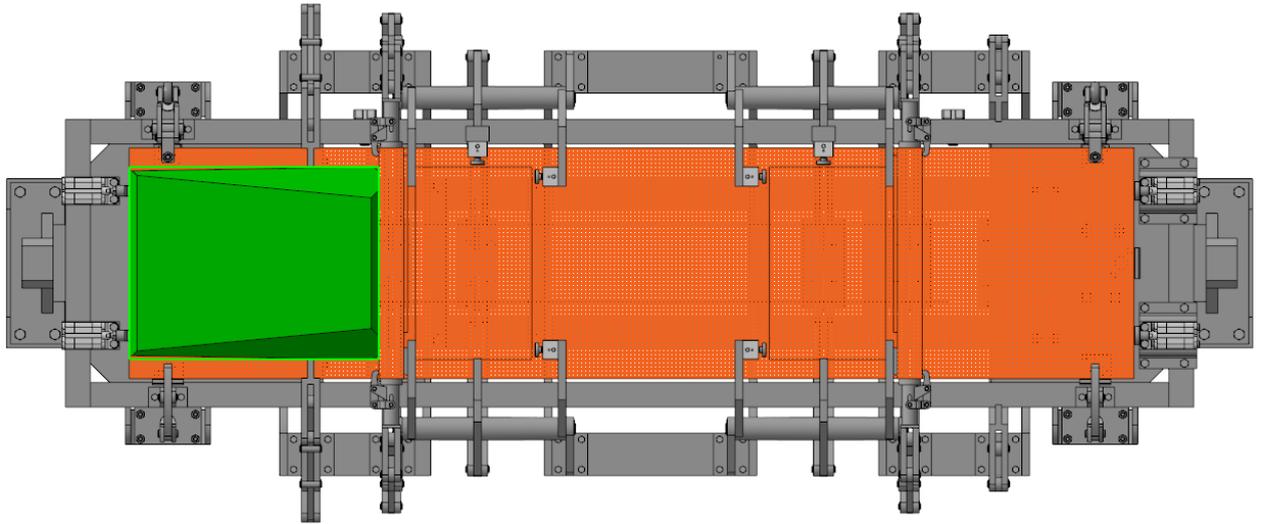


Рисунок 5.10 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки боковины

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

5.7 Базирование буферного бруса

С учетом автоматизированной сварки и использования механизированных прижимов в приспособлении была разработана схема базирования буферного бруса (рисунок 5.11).

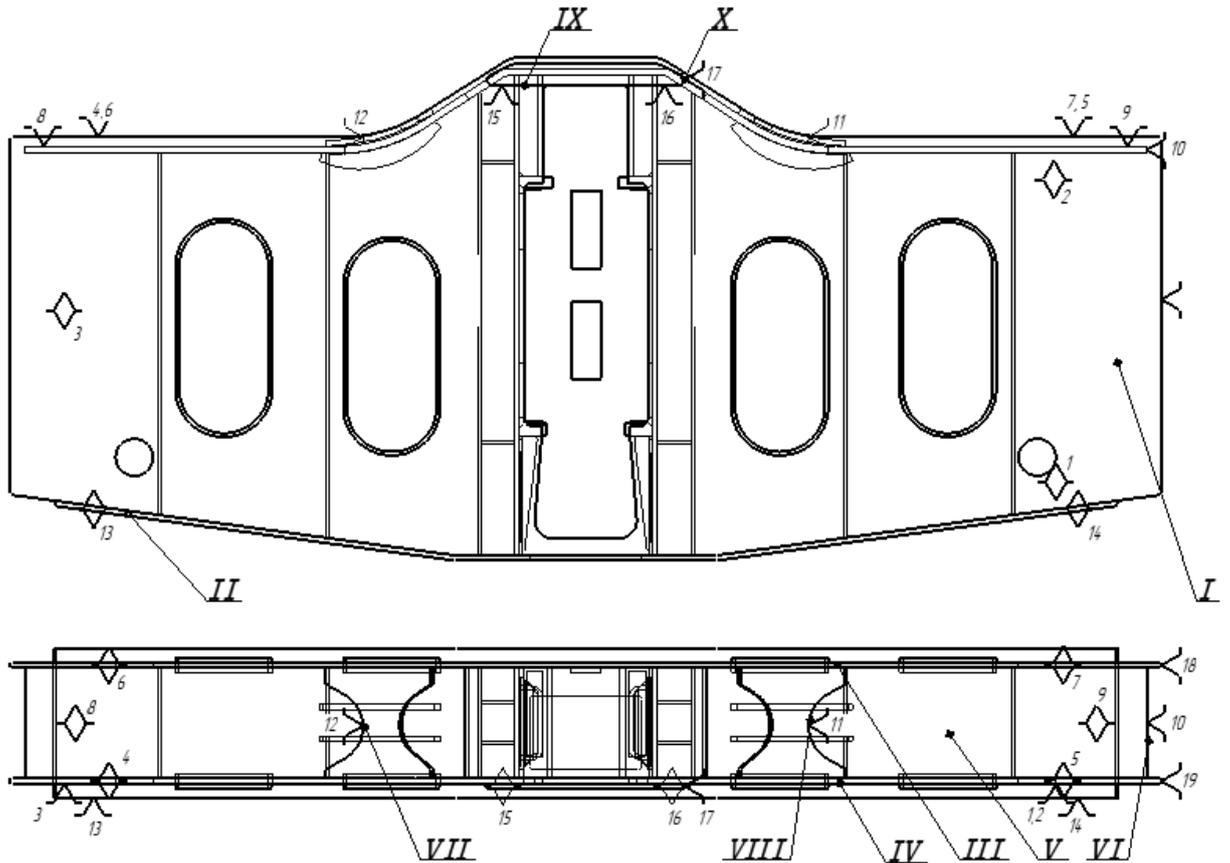


Рисунок 5.11 -Схема базирования боковины

На рисунке 4 в первую очередь базируется лист поз.13, здесь используются базы; установочная (У), направляющая (Н), опорная(О) по поверхностям I, II, III.

Полоса поз.3 базируется на поверхности листа поз.13 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Для определения местоположения полосы поз.3 на поверхности листа поз.13 и лишить еще 2х степеней свободы, ее необходимо опереть на 2 точки 8,9 на плоскости V. Перемещения вдоль листа поз.13 деталь лишается при использовании упора 10 на плоскости VI.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
78

Полосы поз.7, поз.6, поз.12, поз.11, базируются в прорезях листа поз.14 за счет чего лишается 4х степеней свободы. Для лишения полос еще 2х степеней свободы их необходимо вставить в прорези на полосе поз.3.

Лист поз. 14 базируется по выступам на полосах поз.7, поз.6, поз.12, поз.11 и лишается 5ти степеней свободы. Перемещения поперек конструкции деталь лишается при использовании упора 9 на плоскости III.

Полосы поз.4 базируются на поверхности полосы поз.3 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Вращение и перемещение поперек полосы поз.3 запрещается листами поз.13 и поз.14. Перемещения вдоль листа поз.3 деталь лишается при использовании упора 11 и для второй полосы 12.

Планка поз.9 базируется на поверхности листа поз.14 за счет чего лишается 3х степеней свободы. Такая база принимается как установочная. Для определения местоположения планки поз.9 на поверхности листа поз.14 и лишить еще 2х степеней свободы, ее необходимо опереть на две точки 15 и 16. Такая база принимается как направляющая. Перемещения вдоль листа поз.14 деталь лишается при использовании упора 17.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							79
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

5.8 Работа приспособления для сборки и сварки буферного бруса

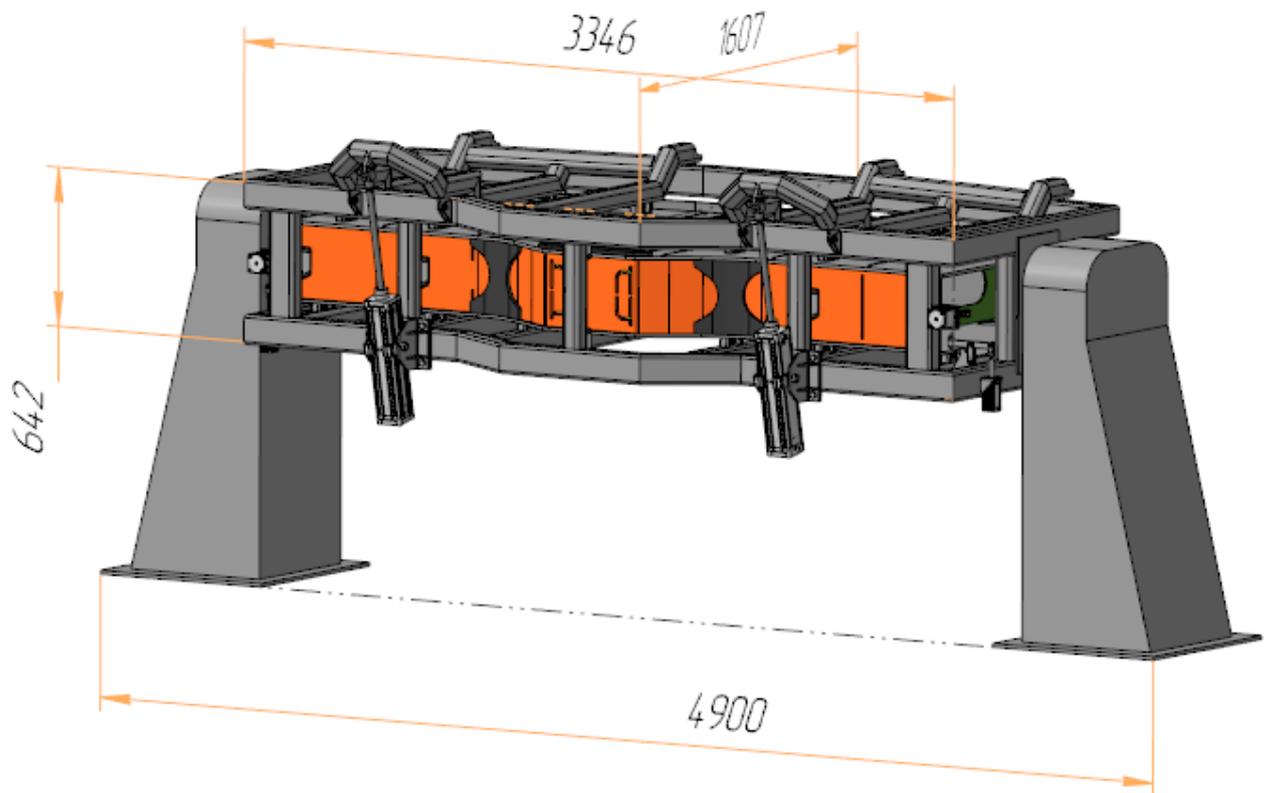


Рисунок 5.11 – Оснастка для сборки и сварки буферного бруса

Тип и размеры установочных и зажимных элементов, их количество и взаимное расположение определяется исходя из выбранной схемы базирования. Сборка и сварка изделия в данном приспособлении выполняется в следующей последовательности:

Лист поз.13 устанавливается по упорам и фиксируется с помощью пневматических прижимов, в соответствии с рисунком 5.12

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
80

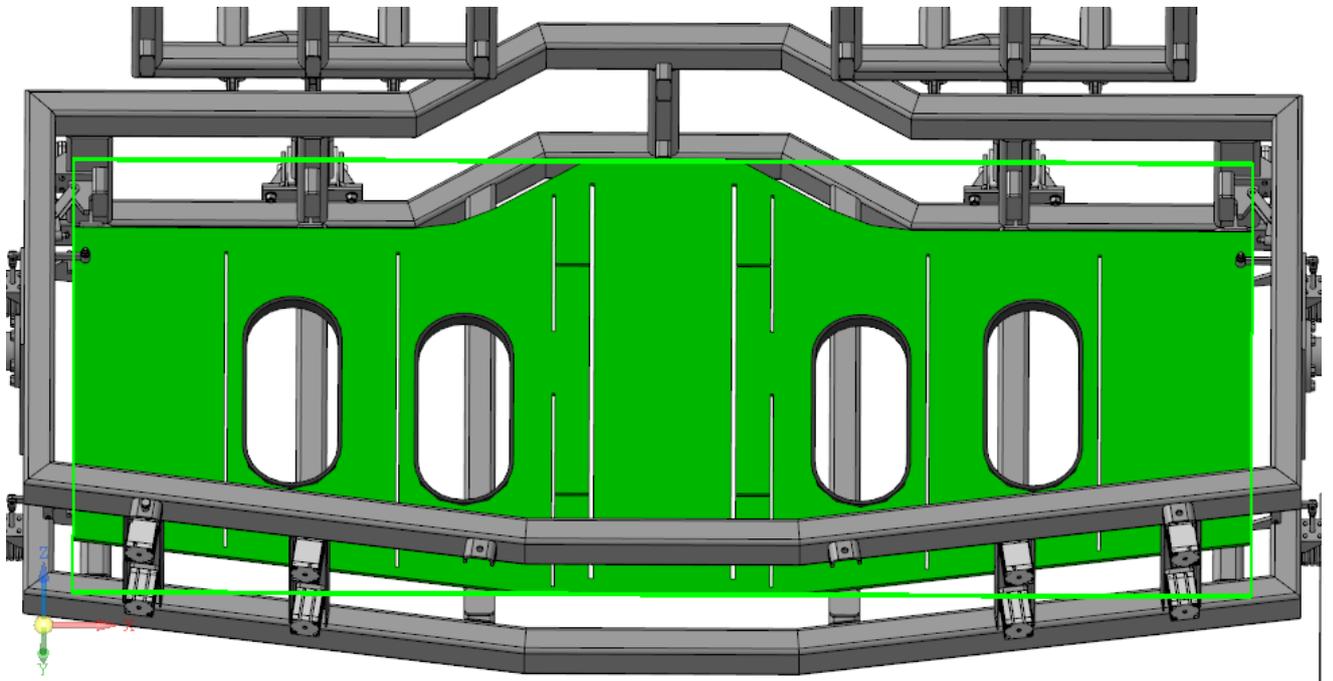


Рисунок 5.12 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки
буферного бруса

Полоса поз.3 устанавливается по упорам и фиксируется с помощью
пневматических прижимов, в соответствии с рисунком. 5.13

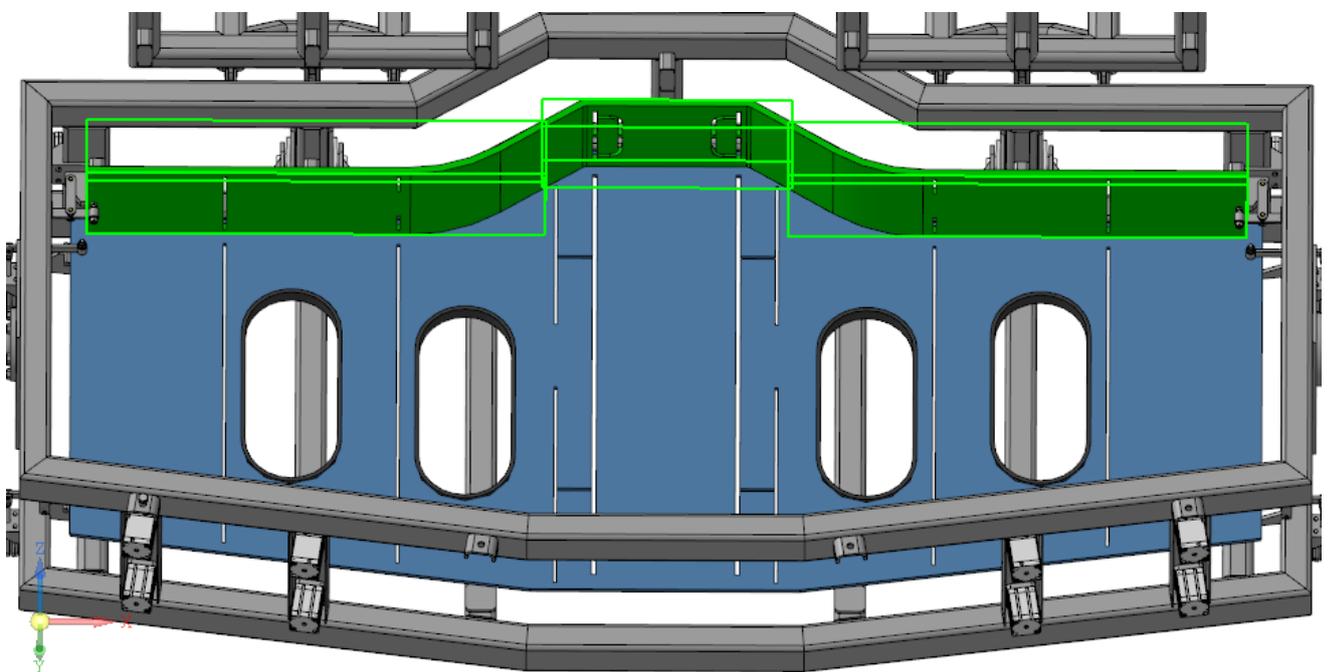


Рисунок 5.13 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки буферного
бруса

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Детали поз 1, 2, 6, 7, 11, 12 вставляются в ряд выступов на деталях поз. 3 и поз.13 соответствии с рисунком 5.14

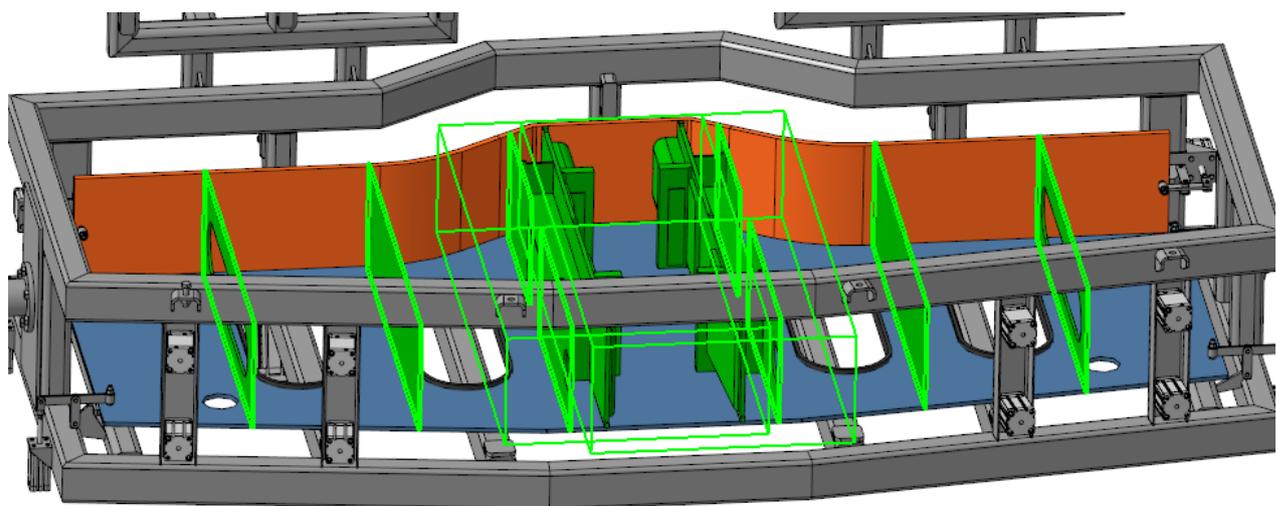


Рисунок 5.14 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки буферного бруса

Лист поз. 14 устанавливается по выступам на полосах поз.7, поз.6, поз.12, поз.11, полоса поз.5 устанавливается внутрь конструкции. Конструкция фиксируется крышкой за счет болтового соединения соответствии с рисунком 5.15

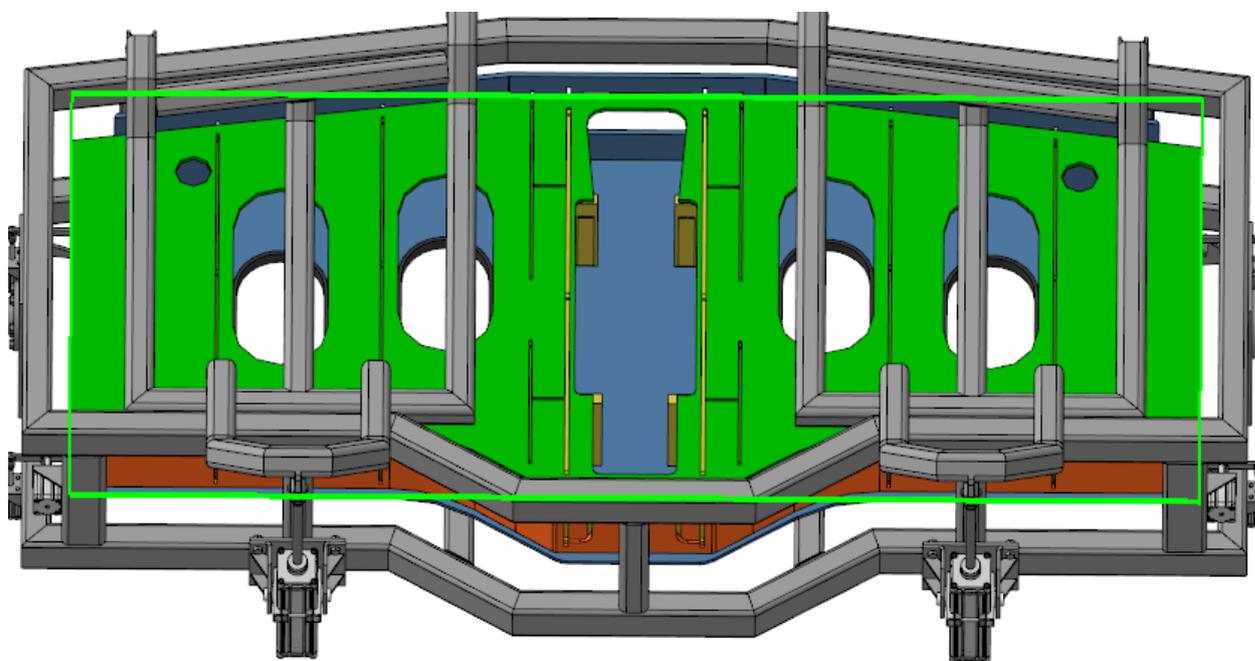


Рисунок 5.15 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки буферного бруса

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
82

Лист поз. 5 устанавливается по выступам на полосах поз.7, поз.6, поз.12, поз.11. И прижимается пневмоприжимами соответствии с рисунком 5.16

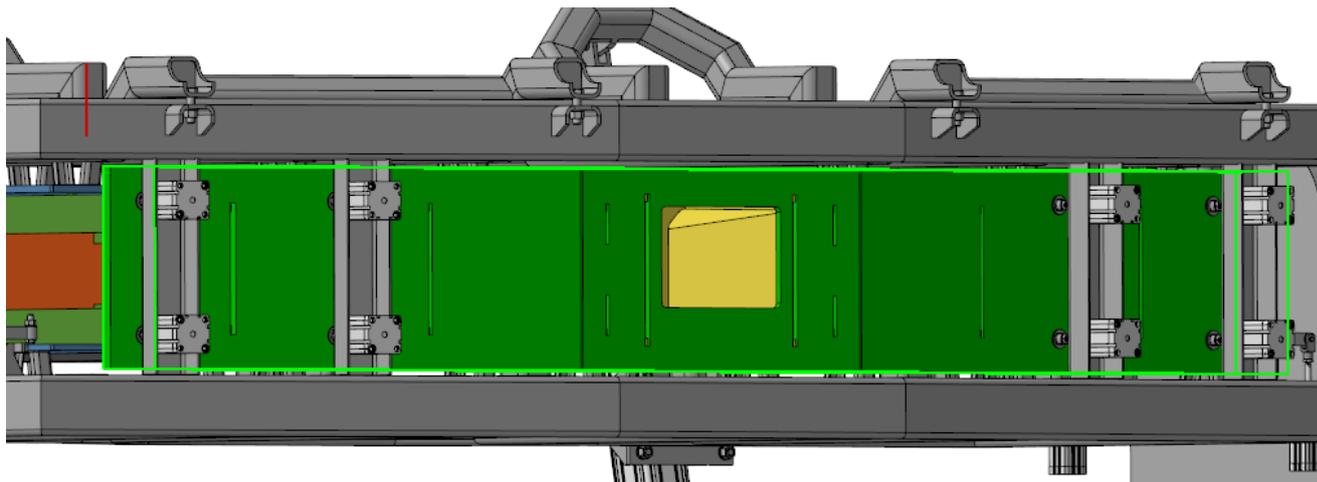


Рисунок 5.16 - Принцип работы приспособления для сборки и сварки буферного бруса

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

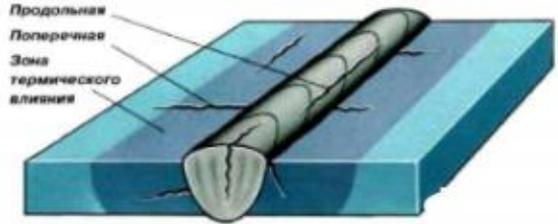
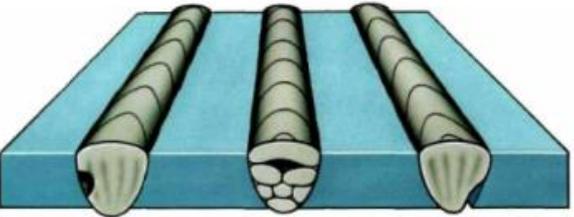
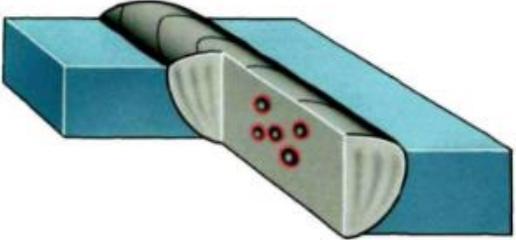
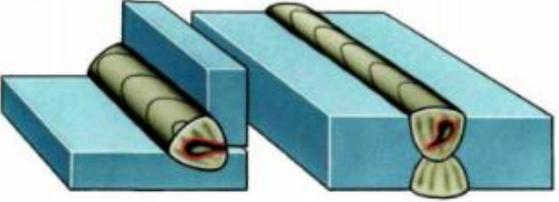
15.04.01.660000.000 ПЗ

5.10 Контроль качества изделия

5.10.1. Возможные дефекты сварки и нормы допустимости

Возможные дефекты сварки представ в таблице 5.1 нормы допустимости дефектов определяются в соответствии с треб к конструкции 2 класс по ОСТ 23.2.429-80

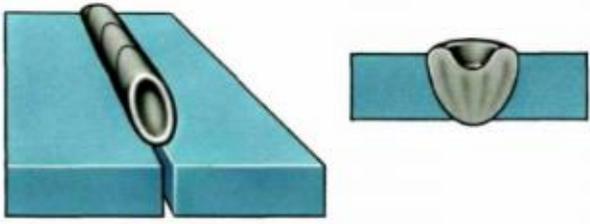
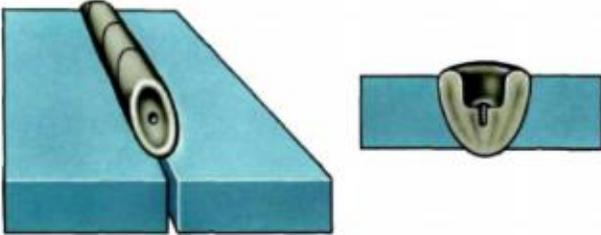
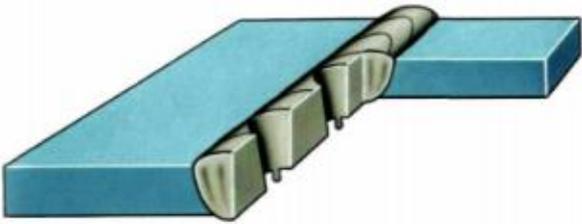
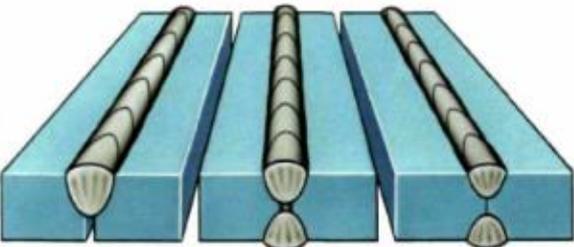
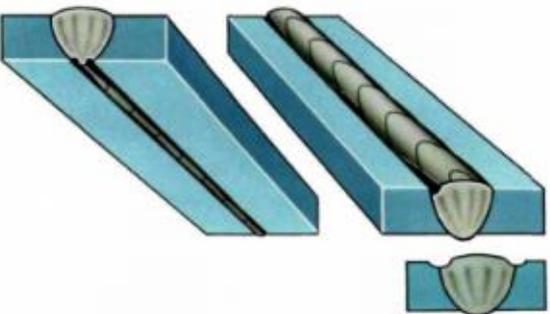
Таблица 5.1 - Дефекты сварных соединений и их допустимость без исправления

Наименование дефекта сварного шва	Допустимость дефектов без исправления в сварных конструкциях
<p style="text-align: center;">Трещина</p> 	Не допускается
<p style="text-align: center;">Несплавление</p> 	Не допускается
<p style="text-align: center;">Скопление пор</p> 	Не допускается
<p style="text-align: center;">Свищ</p> 	Не допускается

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

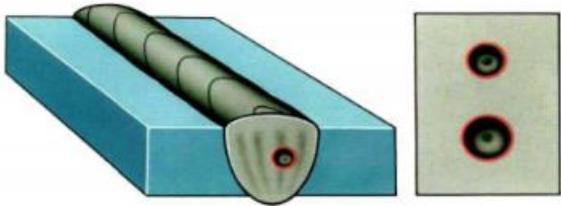
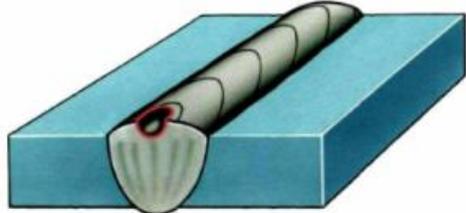
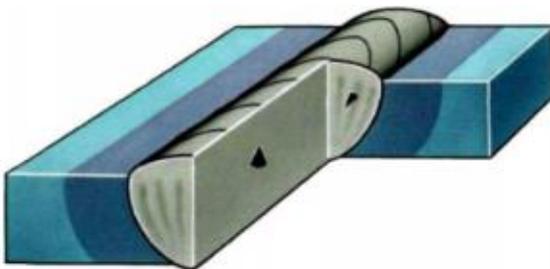
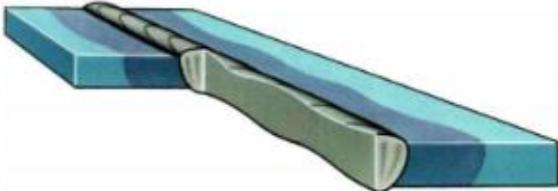
Продолжение таблицы 5.1

<p>Усадочная раковина</p> 	<p>Не допускается</p>
<p>Кратер</p> 	<p>Не допускается</p>
<p>Прожог</p> 	<p>Не допускается</p>
<p>Непровар</p> 	<p>Если дефект не превышает 10% толщины более тонкой детали и в угловых швах, если дефект не превышает 20% толщины шва при толщине свариваемых деталей равной или большей 10мм и не более 2 мм при тощине более 10 мм.</p>
<p>Подрез непрерывный</p> 	<p>Если глубина подреза не превышает 10% толщины более тонкой детали, но не более 1,0 мм.</p>

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Окончание таблицы 5.1

<p style="text-align: center;">Газовая пора</p> 	<p>Допускаются единичные поры (до четырёх пор на 100 мм шва при расстоянии между порами не менее 10 мм).</p>
<p style="text-align: center;">Поверхностная пора</p> 	<p>Допускаются единичные поры (до четырёх пор на 100мм шва при расстоянии между порами не менее 10 мм).</p>
<p style="text-align: center;">Твердое включение</p> 	<p>Допускаются единичные не остроугольные включения, но не более трёх на 100 мм шва при толщине свариваемых деталей 3мм и меньше и максимальным размером до 2 мм при толщине больше 3 мм). Допускаются единичные не остроугольные включения (до четырёх на 100 мм шва при расстоянии между ними не менее 10 мм)</p>
<p style="text-align: center;">Наплыв</p> 	<p>Не допускается высота наплыва более 50% высоты шва. Общая протяженность наплыва не должна превышать 20% длины шва</p>
<p style="text-align: center;">Нарушение формы</p> 	<p>Допускается, если отклонения не превышают указанные в кд и настоящем стандарте</p>

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Исправление дефектов сварных швов, а также заварка дефектов основного металла конструкций должны производиться электросварщиками, имеющими квалификацию не ниже той, которая установлена для сварки этих конструкций. Рекомендуемы способы исправления дефектов представ в таблице 5.2

Таблица 5.2 - Рекомендуемые способы устранения дефектов в сварных соединениях

Наименование дефекта	Способ устранения
Трещины в сварном шве или в зоне термического влияния	Удалить участок с трещинами, отступая от начала и окончания трещины не менее че на 5 мм, образовавшиеся полости заварить
Несплаваление	Удалить дефектный участок и заварить вновь
Непровар	Удалить дефектный участок и заварить вновь
Подрез	Подварить тонким швом. При необходимости должна быть обеспечена последующая зачистка шва для создания плавного перехода к основному металлу.
Газовая пора, скопление пор	Наружнюю пору заварить, внутреннюю пору или участок скопления пор удалить и заварить вновь. При исправлении участков шва с единичными порами допускается удаление пор засверловкой с последующей заваркой отверстия
Свищ	Удалить дефектный участок и заварить вновь
Усадочная раковина	Заварить
Кратер	Заварить

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Твердое включение	Дефектный участок удалить и заварить вновь. При исправлении участков шва с единичными включениями допускается их удаление засверловкой с последующей заваркой отверстия
Прожог	Зачистить дефектное место и подварить
Наплыв	Удалить
Нарушение формы	Подварить дефектный участок при уменьшенном размере сечения сварного шва, зачистить при увеличенном размере сечения шлифовальным инструментом

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

5.10.2. Методы контроля

Для сборочной единицы балка в соответствии с техническими условиями наиболее рационально использовать визуально измерительный контроль

Методы визуально оптического контроля, внешний осмотр швов, осмотр оборудования и вспомогательных материалов – это наиболее простые, дешевые и доступные методы по сравнению с любыми другими.

Однако для проведения эффективного визуально оптического контроля требуется контроллеры высокой квалификации. Во время внешнего осмотра швов они должны уметь выявить такие опасные дефекты, как подрезы, прожоги, кратеры, натеки, нарушения формы размеров валика, непровары. Очень важно также поддерживать в заданных допусках форму и размеры швов. Для их контроля служат специальные, смотрите рисунок 5.17, и универсальные шаблоны, смотрите рисунок 5.18.

Внешний вид поверхности также характерен для каждого способа сварки. Неравномерная чешуйчатость, колебания ширины или высоты шва указывают на неустойчивость дуги или нарушения режима. Например, сварка на повышенных токах (с целью роста производительности) может приводить к большому числу подрезов.

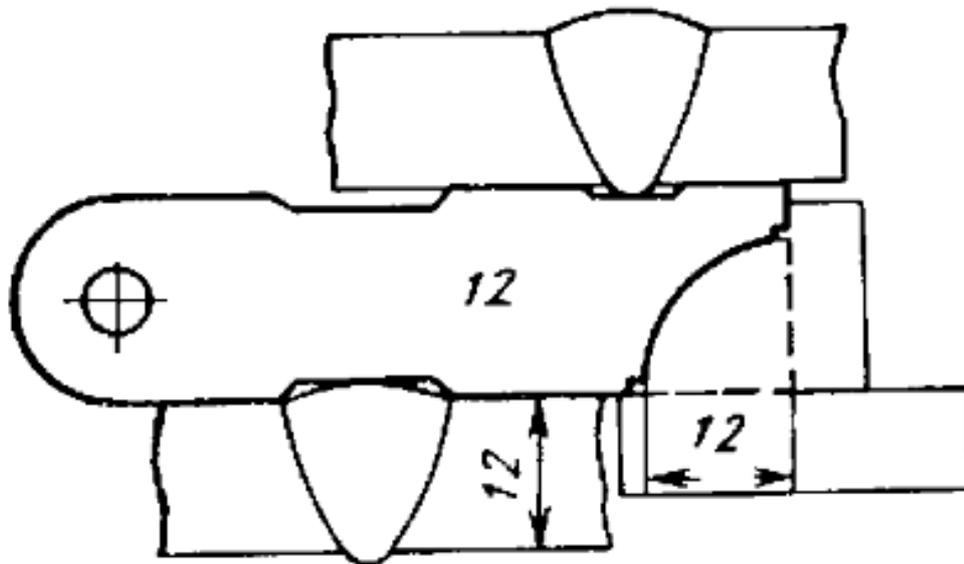


Рисунок 5.17 - Специальный шаблон и его использование

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
90

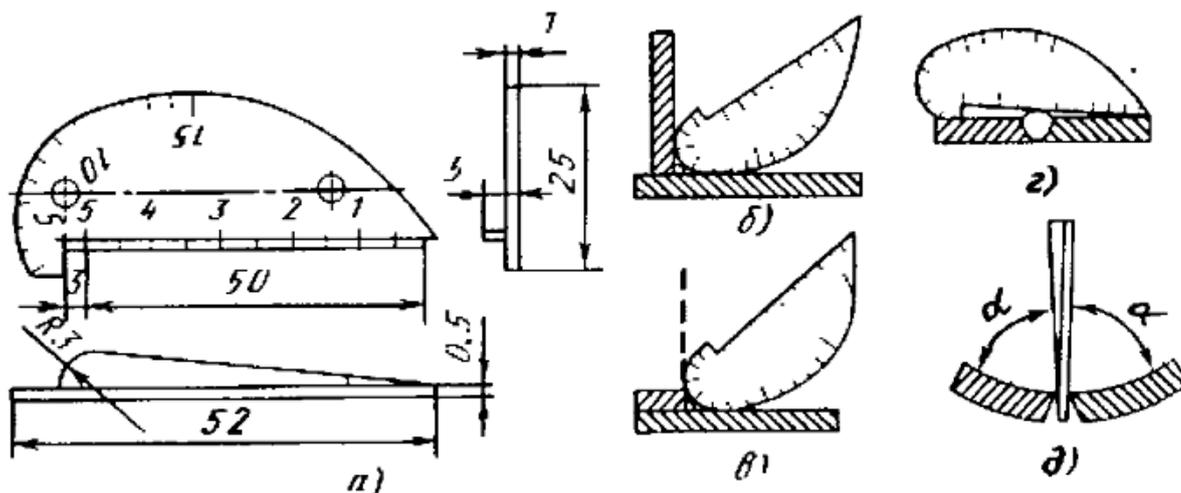


Рисунок 5.18 - Универсальный шаблон А.И.Красовского:
 а и спользование его для контроля таврового б, нахлесточного в, стыкового г
 соединений и измерения зазора д

При внешнем осмотре применяют обзорные лупы и биноклярные налобные лупы с увеличением до 2х. Для поиска и оценки дефектов используют складные карманные лупы с увеличением 2.5-7х и 7-20х, а также телескопические лупы.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

5.11 Выводы по пятому разделу

Рассмотрены принципы построения технологии в автоматизированных производственных системах, проанализирована методика разработки схем базирования, нормы допустимости дефектов в сварных соединениях и методы их контроля.

Разработана схема базирования для сборки и сварки боковины на основании схемы базирования была спроектирована оснастка. Использование сварочной оснастки позволит повысить эффективность сварочных операций, существенно сократить трудоемкость выполняемых работ, обеспечить стабильное качество продукции, облегчить и улучшить условия труда, способствовать повышению комплексной механизации и автоматизации сварочного производства.

						<i>15.04.01.660000.000 ПЗ</i>	Лист
							92
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Заключение

При выполнении магистерской диссертации

Было предложено изменение конструкции отдельных элементов буферного бруса и метода их сварки, что позволило устранить труднодоступные сварные швы.

Произведен сравнительный расчет с изначальной конструкцией. Из проведенных расчетов следует, что уровень напряжений в сварных швах модели предлагаемой конструкции меньше чем в изначальном конструктивном исполнении.

Данные изменения в конструкции позволит повысить эффективность сварочных операций, облегчить и улучшить условия труда, Сократит время на сборку перед сваркой, исключит наличие сварных швов внутри конструкции.

С учетом минимальных затрат рабочей силы, времени и вспомогательных материалов определена рациональная степень разбиения конструкции на сборочные единицы. Составлена структура сборки изделия.

Разработана схема базирования для сборки и сварки боковины на основании схемы базирования была спроектирована оснастка. Использование сварочной оснастки позволит повысить эффективность сварочных операций, существенно сократить трудоемкость выполняемых работ, обеспечить стабильное качество продукции, облегчить и улучшить условия труда, способствовать повышению комплексной механизации и автоматизации сварочного производства.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
93

Перечень использованных информационных ресурсов

1. Сарбанов С.Т Роль технологической оснастки в обеспечении точности и производительности групповой сборки // Известия КГТУ – 2019 - № 50 – с. 81-87.
2. Базров Б. М. Альбом по проектированию приспособлений : учеб, пособие / Б. М. Базров. - М. : Машиностроение, 1991. - 121 с.
3. Людмирский Ю.Г., Солтовец М.В., Грицына А.Н. принципы организационно-технологического проектирования роботизированных сварочных комплексов // Вестник ДГТУ – 2007 - № 7 – с. 47-53.
4. Сарбанов С.Т. Основные принципы построения ротизированной групповой сборки / Инновации в науке и практике. Сборник статей по материалам X-ой международной научно-практической конференции. Ч. 1(4). Барнаул / - Уфа: Изд. НИЦ «Вестник науки», 2018. – С.
5. Ю.И. Мясников метод системного проектирования технологической оснастки на примерах станочных и контрольных приспособлений // НАУКА ЮУрГУ - 2014 – № 66 - с. 446-454.
6. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 132 с.
7. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения
8. Николаев Г.А. Расчет соединений и прочность сварных конструкций. М.: Высш. шк., 1965. 451 с.
9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ—ВНИИЖТ, 1996. 317 с. 4. Вагоны: учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.А. Шадур [и др.]; под ред. Л.А. Шадура. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1980. 439 с.
10. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов. – Москва: Компьютер пресс, 2002.-224с.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ

Лист
94

11. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебнометодический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006. 115
12. Бенерджи П.В. Методы граничных элементов прикладных науках / П.В. Бенерджи Р. И. Баттерфилд. – Москва Мир. 1984. – 520с.
13. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения / В.А. Винокуров. – Москва : Машиностроение. 1968. – 236с.
14. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения
15. ГОСТ 3.1107-81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
16. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для вузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Высш. шк., 2004.—415 с: ил
17. Проектирование и расчет сборочно-сварочной оснастки и конструкций: учеб.-метод. пособие / В. И. Кузьмин, А. П. Пеев, Е. В. Кузьмин; ВолГТУ. – Волгоград, 2016. – 80 с.
18. Технологическая оснастка : учебное пособие для среднего профессионального образования / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 265 с.
19. Горохов В. А. Проектирование и расчёт приспособлений : [учеб, для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол : ТНТ , 2009. - 301 с.
20. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования / Севбо П.И. – Киев, Наук. 1978.- 400с

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата

15.04.01.660000.000 ПЗ