

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКБ «Машиностроение»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС  
  
(подпись) Е.М. Димитриади

« 10 » 06 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
  
(подпись) А.В. Космынин

« 10 » 06 2024 г.

Декан

  
(подпись) Н.А. Саблин

« 10 » 06 2024 г.

«Разработка сварной конструкции автоподката»  
Комплект конструкторской / проектной документации

Руководитель СКБ

  
(подпись, дата) 10.10.2023

Н.О. Плетнев

Руководитель проекта

  
(подпись, дата) 10.10.2023

О.Н. Клешина

Комсомольск-на-Амуре 2024

Карточка проекта

Название	Разработка сварной конструкции автоподката
Тип проекта	Тип проекта: техническое творчество (инициативный),
Исполнители	Студент  И.В. Боровской – группа 1МНб-1 Студент  В.С. Киле – группа 9ОСба-1
Дисциплина	Технология производства сварных конструкций
Срок реализации	10.2023- 05.2024

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На выполнение работ в рамках студенческого конкурсного задания «Машиностроение»

№ 00.01.2024.02

Наименование Разработки сварной конструкции аблятоподката	
1 Разработать КД	
1.1 Место назначения, функциональное назначение	Перевоз аблотранспорта методом частичной погрузки (собственное пользование аблотранспорта)
1.2 Эстетические, эргономические и прочие требования	Цвет не регламентируется, покрытие – абтоэмаль
1.3 Условия эксплуатации	<input type="checkbox"/> На улице <input type="checkbox"/> в помещении
1.4 Конструктивные особенности. Специальные требования. Требования по точности	Возможа эксплуатация на воздухе при высокой влажности
1.5 Количество	Конструкция должна иметь прочный сварной каркас, выдерживать общую нагрузку 1 тона
1.6 Срок сдачи проекта КД	1 шт.
1.7 Приложения, информация об аналогах	06.2024
2 Разработать технологию изготовления	
2.1 Изготовить в	Специализированных лабораториях кафедры ТСМП имени В.И. Муравьева
3 Разработать технологию измерения	ВИК, УШС 3, штангенциркуль
4 Рассчитать стоимость изготовления	затраты на материалы
5 Рассчитать экономическую эффективность	Не требуется

Ответственный исполнитель И.В. Баровской  
ФИО

группа 1.М115-1

  
подпись

В.С. Куле  
ФИО

группа 2.М152-1

  
подпись

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ существующих аналогов	10.2023
Трехмерное проектирование	12.2024
Изготовление заготовок и деталей	02.2024
Сборка и сварка, контроль качества	04.2024
Доработка (при необходимости)	05.2024
Написание отчета	06.2024

Комментарии:

---

---

---

---

---

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема;
2. Чертежи изделия (или трехмерные модели изделия);
3. Внешний вид изделия;
4. Управляющие программы обработки;
5. И др.

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

О.Н. Клешнина

## 1 Нормативные ссылки, используемые при разработке ККД

При выполнении ККД должны быть использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 2.001-2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения;

ГОСТ 2.051-2013 Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения;

ГОСТ 2.052-2006 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения;

ГОСТ 2.053-2013 Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения;

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки;

ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.124-85 Единая система конструкторской документации. Порядок применения покупных изделий;

ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации. Изображения - виды, разрезы, сечения;

ГОСТ 2.601-2013 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы;

ГОСТ 2.602-95 Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы;

ГОСТ 2.610-2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов;

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации.

					<b>СКБФМХТ.00.01.2024.02</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		5

Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 15.001-88 Система разработки и постановки продукции на производство.

## 2.1 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

КД – конструкторский документ (документы, документация);

ТЗ – техническое задание;

ТУ – технические условия;

## 3 Виды конструкторских документов

Конструкторские документы подразделяют на виды, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Виды конструкторских документов

Вид документа	Определение
1	2
Электронная модель детали	Документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю. В зависимости от стадии разработки он включает в себя предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и др.
Чертеж детали	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля
Электронная модель сборочной единицы	Документ, содержащий электронную геометрическую модель сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. К электронным моделям сборочных единиц также относят электронные модели для выполнения гидромонтажа и пневмомонтажа
Сборочный чертеж	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж
Чертеж общего вида	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия

					<b>СКБФМХТ.00.01.2024.02</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		6

Продолжение таблицы 1

1	2
Теоретический чертеж	Документ, определяющий геометрическую форму (контур) изделия и координаты расположения составных частей
Габаритный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
Монтажный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия
Схема	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними
Электронная структура изделия	Документ, содержащий структуру изделия (сборочной единицы, комплекса или комплекта) и другие данные в зависимости от его назначения
Спецификация	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта
Пояснительная записка	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений
Технические условия	Документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах
Программа и методика испытаний	Документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля
Расчет	Документ, содержащий расчеты параметров и величин, например расчет размерных цепей, расчет на прочность и др.
Эксплуатационные документы	Документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации
Инструкция	Документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приемке и т.п.).

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяют на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация) в соответствии с ГОСТ 2.103.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### 1.2 Конструктивные элементы

Конструкция рассматриваемого подката является не сложной. Однако изделие должно соответствовать всем заявленным требованиям: прочность, жесткость, надежность, долговечность, устойчивость, возможность амортизации при движении, простота изготовления, не высокая себестоимость. Конструктивные элементы представлены на рисунках ниже.



Рисунок 1.2 – Рама подката в сборе

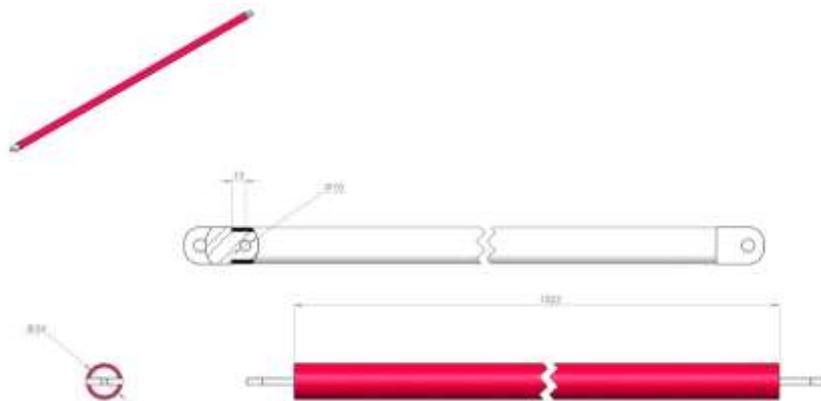


Рисунок 1.3 – Тяга в сборе

Поперечная и продольная балки изготовлены из трубы профильной 50×50 мм. Данная труба имеет квадратное сечение и широко используется при создании несущих конструкций каркасного типа. Для тяг, исходя из расчетов, был выбран материал – труба бесшовная х/д 34×4 мм.

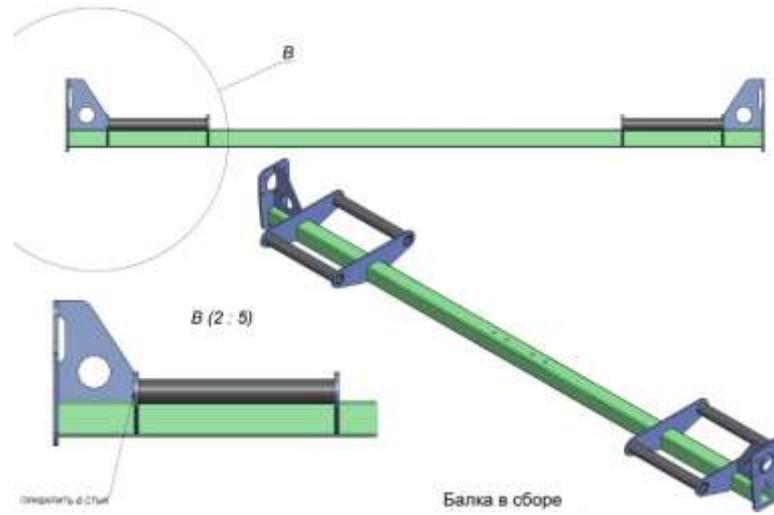


Рисунок 1.4 – Балка в сборе



Рисунок 1.5 – Технологические размеры балки в сборе

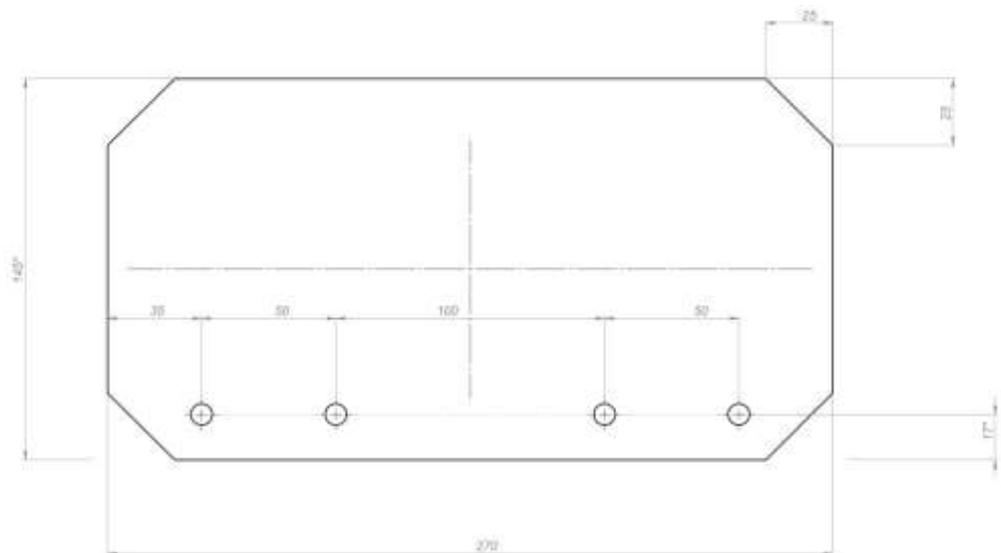


Рисунок 1.6 – Технологические размеры упора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СКБФМХТ.00.01.2024.02

Лист

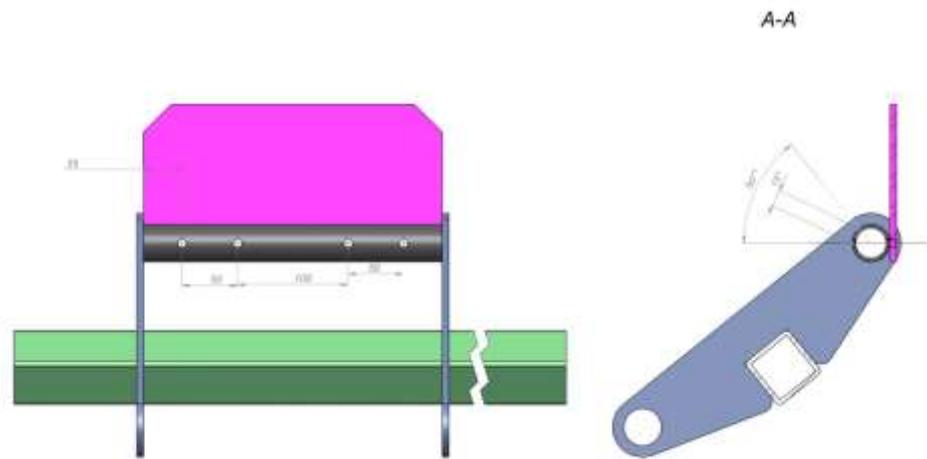


Рисунок 1.7 – Сборка упора



Рисунок 1.8 – Кулак

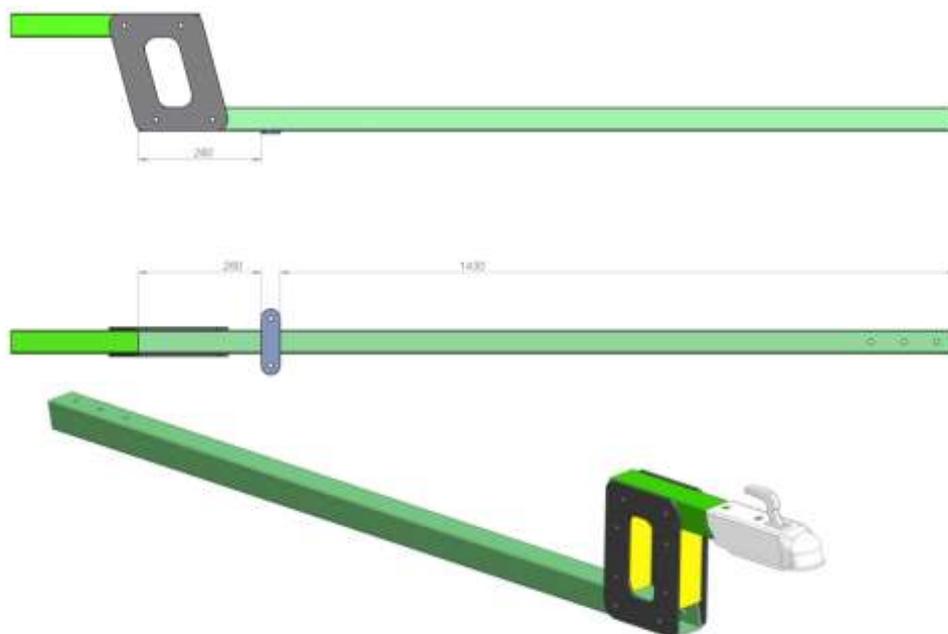


Рисунок 1.9 – Дышло в сборе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СКБФМХТ.00.01.2024.02

Лист

Такие узлы как замок фаркопа и ступицы задние в сборе были приобретены в магазине автомобильных запчастей.



Рисунок 1.10 – Замок фаркопа 50×50

### 1.3 Описание основных узлов и требований к изготовлению

Алгоритм сборки и сварки подката представляет собой поэтапное изготовление основных узлов с соблюдением правил, обеспечивающих требования, предъявляемые к готовому изделию.

1. Основа всей конструкции – рама. Она должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать нагрузку от передней части транспортируемого автомобиля. Изготавливается из труб методом сварки. Главное – тщательно проверить сварные швы, они не должны содержать дефектов;

2. Прямоугольная рама, из каких бы труб не была изготовлена, не обладает достаточной жёсткостью, чтобы противостоять боковым нагрузкам. Поэтому она укрепляется рёбрами из швеллеров, которые привариваются поперек рамы. Самая надёжная схема – треугольная, то есть два швеллера привариваются к одной из поперечных труб вместе, а другие концы – с противоположной стороны по углам, то есть получается треугольник. По краям необходимо смонтировать кронштейны, назначение которых – фиксация амортизаторов;

3. Сцепной механизм лучше приобрести магазинный, и не столько ради ускорения рабочего процесса, сколько для упрощения регистрации прицепного устройства;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СКБФМХТ.00.01.2024.02

Лист

4. Ось подкатного прицепа располагают не посередине, а со смещением к задней его части;

5. Следующий шаг – оборудование устройства тормозной системой пассивного типа. Она окажется незаменимой, когда прицеп будет стоять на неровной поверхности с приличным градиентом;

6. Монтаж дна и установка бортов. Там, где используются болтовой крепёж (например, для соединения листов между собой), болты должны быть надёжными. Боковые и передний борта привариваются жёстко с использованием уголков, а задний должен быть откидным, так что его устанавливают с использованием подвижной конструкции. Кроме того, его необходимо оснастить катафотами, фонарями и рамкой для установки номерного знака. Оранжевые катафоты потребуются на боковых бортах, белые и оранжевые – спереди;

7. Последний этап – установить колёса, а также предусмотреть механизм фиксации колёс транспортируемого авто.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

СКБФМХТ.00.01.2024.02

## 2.1 Характеристика основного материала

### *Свойства материала балки подката*

Учитывая во внимание тот факт, что подкат находится зачастую в уличных условиях, было принято решение использовать толстостенную сталь 4 мм.

Изделие имеет ряд преимуществ:

- труба профильная может выступать в роли отличного аналога разным видам арматуры;
- доступная цена;
- лёгкость монтажа при любом виде конструкций;
- небольшой вес;
- устойчивость к воздействию коррозии (готовое изделие с внешней стороны покрывается антикоррозийным составом);
- термостойкость (изделие может выдерживать температуры до 175 °С).

Трубы профильные квадратные изготавливаются из стали с низким содержанием углерода и легированных сплавов. За основу берётся три метода изготовления: холодная прокатка; тёплая (горячая) прокатка; электросварка.

Нужно понимать, что способ изготовления напрямую влияет на физико–механические свойства изделия. В случае с первыми 2 методами получается бесшовная продукция, которую чаще всего используют в различных строительных сферах.

Сталь трубы изготовлена из стали марки СтЗсп согласно ГОСТ 380-2005. Данная сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества. Применяется в сварных, клепаных и болтовых конструкциях повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для малонагруженных деталей типа валов, осей, втулок и др.

Химический состав стали СтЗсп представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Массовая доля элементов стали СтЗсп по ГОСТ 380-2005

В процентах

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	As	Fe
0,18 – 0,27	0,05 – 0,15	0,4 – 0,7	<0,05	<0,0 5	<0,30	<0,3 0	< 0,08	осталь ное

При мартеновской и конвертерной выплавке  $N < 0,01\%$ . Допускается  $N < 0,013\%$  при условии снижения массовой доли P не менее, чем на  $0,005\%$  при каждом повышении массовой доли азота на  $0,001\%$ . ГОСТ 16523–97: при раскислении потребителя  $P < 0,035$ ,  $S < 0,04$  Si допускается  $Si < 0,05$  при  $Al < 0,07$ .

Механические свойства стали СтЗсп, показатели температуры критических точек и технологические свойства представлены ниже в таблицах 2.2, 2.3 и 2.4 соответственно.

Таблица 2.2 – Механические свойства по стандарту ГОСТ 380-2005

Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ , МПа	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве, $\delta_5$ , %
< 265	410 – 530	< 24

Таблица 2.3 – Температура критических точек, °С

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
735	840	680	825

Таблица 2.4 – Технологические свойства

Параметр	Значение
Ковка	Температура ковки, °С: начала 1280, конца 800.
Свариваемость	Сваривается ограниченно.
Обрабатываемость резанием	В горячекатаном состоянии при НВ 152: $K_v$ твердый сплав = 1,7 $K_v$ быстрорежущая сталь = 1,7
Флокеночувствительность Склонность к отпускной хрупкости	Не чувствительна Не склонна

Лист

СКБФМХТ.00.01.2024.02

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Скорости подачи  $V_{пр}$  проволоки составляет 35 м/час.

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираются в зависимости от силы сварочного тока по таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Зависимость напряжения и расхода углекислого газа от силы сварочного тока

Параметр	Значение				
	50–60	90–100	220–240	280–300	360–380
Сила сварочного тока, А	50–60	90–100	220–240	280–300	360–380
Напряжение дуги, В	17–28	19–20	21–22	25–27	28–30
Расход $CO_2$ , л/мин	8–10	8–10	9–10	15–16	18–20

Таким образом:

– напряжение сварочной дуги  $U_d = 29$  В;

– расход  $CO_2 = 19$  л/мин

Так же из рекомендованных параметров выбираем соответствующую скорость сварки  $V_{св}$  и величину вылета электрода:

– скорость сварки  $V_{св} = 35$  м/час;

– величина вылета электрода 25 мм.

## 2.4 Выбор сварочного оборудования

В качестве сварочного оборудования был выбран сварочный полуавтомат инверторного типа MIG 3500 (J93).



Рисунок 2.4 – Сварочный инвертор MIG 3500 (J93)

						Лист
					СКБФМХТ.00.01.2024.02	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.5 Выбор сварочных материалов

В качестве сварочного материала выбираем проволоку в соответствии с маркой свариваемого металла. Сварочный материал должен быть по своему составу максимально приближен к составу основного металла для обеспечения максимальной однородности шва. Согласно выбору основного металла и технических условий ГОСТ 2246–70 выбираем проволоку марки Св–08Г2С, предназначенную для сварки низкоуглеродистых сталей. Основой данной марки проволоки служит сталь Ст3сп. Таким образом, выполняется условие обеспечения однородности сварного шва.

В качестве защитных газов при сварке применяют инертные и активные газы. Наиболее распространенным из активных газов является углекислый газ. Для сварочных целей обычно применяется углекислота. Выбираем углекислоту, соответствующую требованиям ГОСТ 8050-85. Газообразная двуокись углерода – газ без цвета и запаха при температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), плотность – 1,839 кг/м<sup>3</sup>. Жидкая двуокись углерода – бесцветная жидкость без запаха.

Двуокись углерода нетоксична и невзрывоопасна. При концентрациях более 5% (92 г/м<sup>3</sup>) двуокись углерода оказывает вредное влияние на здоровье человека, так как она тяжелее воздуха и может накапливаться в слабо проветриваемых помещениях у пола. При этом снижается объемная доля кислорода в воздухе, что может вызвать явление кислородной недостаточности и удушья. Для данного технологического процесса применяем углекислоту высший сорт (ГОСТ 8050-85). Объемное содержание CO<sub>2</sub> не менее 99,8%.

Выбранные сварочные материалы позволяют обеспечить получение качественных швов, соответствующих требованиям равнопрочности и качества.

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.6 Выбор приспособлений

Сборка под сварку включает в себя технологические операции, обеспечивающие с соблюдением установленных требований подлежащим сварке деталям необходимое взаиморасположение, заданное чертежом, с закреплением их специальными приспособлениями или прихватками. В зависимости от вида производства, особенностей конструкции и технических условий сборку можно выполнять различными способами: по разметке, по шаблонам или первому изделию, по сборочным отверстиям и в приспособлениях. Решения вопросов механизации и автоматизации сборочных работ можно достигнуть путем применения специальных сборочных приспособлений. Такие приспособления создаются комбинацией по заданной схеме отдельных элементов (базирующих, прижимов, распорных устройств и др.) с их приводами и элементами управления на общем основании, работающих в соответствии со схемой собираемости изделий. В зависимости от конфигурации собираемых изделий и назначения сборочные приспособления можно разделить на группы.

*Сборочные стелды* – приспособления с одной, чаще горизонтальной, базовой поверхностью, предназначенные для сборки крупногабаритных изделий. Они имеют неподвижное основание с размещенными на нем установочными и прижимными элементами. Для обслуживания приспособления могут оборудоваться специальными передвижными или переносными устройствами – порталами, катучими балками, перемещающимися площадками и т.п.

*Сборочные стапели* применяются в тех случаях, когда крупногабаритные изделия имеют сложную объемную конструкцию с расположением деталей в различных пространственных положениях. Базирующие и прижимные элементы крепятся в различных плоскостях, а основания имеют сложную конфигурацию, по форме и размерам соответствующую изделию.

*Сборочные кондукторы* – приспособления типа стелды или стапеля, состоящие из жесткого основания плоской или пространственной формы с размещенными на нем установочными и прижимными устройствами, обеспечи-

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вающими заданное расположение деталей изделия. При использовании таких приспособлений точность сборочных размеров в изделии обеспечивается за счет точности самого приспособления. Поэтому они отличаются повышенной точностью и жесткостью и чаще всего используются для некрупных изделий.

*Переносные универсальные сборочные приспособления* – стяжки, струбцины, распорные устройства и др., применяемые для сборки разнообразных по форме изделий. В основном их используют в единичном, мелкосерийном производстве, на монтаже и в строительстве.

Для механизации приспособлений их элементы (прижимы, распоры и т.п.) оснащают специальными быстродействующими приводами (гидравлическими, пневматическими, электрическими), приведение в действие которых осуществляется по командам человека или автоматическими устройствами.

Оборудование для механизации сварочных работ можно разделить на две группы: оборудование для закрепления и перемещения свариваемых изделий, а также оборудование для установки и перемещения сварочных аппаратов относительно изделия и передвижения сварщиков.

В нашей работе ввиду индивидуализации проекта остановимся на выборе ручной сборки и сварки изделия с установкой и перемещением материалов и инструментов в процессе технологической сборки подката.

## **2.7 Выбор вспомогательного оборудования**

В ходе изготовления автомобильного подката помимо сварочного оборудования необходимо использование вспомогательного оборудования для резки металла, подготовки кромок и сверления посадочных отверстий под тягу и упор конструкции. Было принято решение использовать сверлильный станок СВС–500/50 предназначенный для создания необходимых отверстий. Станок показан на рисунке.

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2.5 – Сверлильный станок СВС–500/50

Для нарезки металлопрофиля было принято решение использовать угловую шлифовальную машинку ЗУБР 125 мм, 1200 Вт УШМ–125–1205 Э.



Рисунок 2.6 – УШМ–125–1205 Э

Так же немаловажно учесть, что стол должен не создавать дискомфорт сварщику во время работ над сборкой конструкции. Стол, на котором будут происходить все необходимые операции, показан на рисунке.



Рисунок 2.7 – Сварочный стол

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СКБФМХТ.00.01.2024.02

Лист

Соединительные элементы подката, такие как упоры и кулаки были изготовлены на современном плазменном станке МТР-СГ.



Рисунок 2.8 – Станок плазменной резки МТР-СГ

Найдя все необходимое оборудование, как основное, так и вспомогательное, важную роль в получении качественной сварной конструкции служит правильно подобранный тип соединения и параметры для сварки. Разнообразие всевозможных типов соединений дает большую возможность подобрать именно то, что необходимо конструкции.

Обозначив все части подката автомобильного, где будут проходить сварочные работы, необходимо определить какой тип соединения будет самым рациональным. Тавровое соединение, как ни как подходит для создания конструкции данного типа. Количество проходов зависит от толщины свариваемого материала. Для сварки трубы подходит тавровое соединение из ГОСТ 5264-80.

Для того, чтобы подкат получился легким, было принято решение строить его на одной толстостенной трубе. Путем расчета методом конечных элементов под нагрузку в 2g была подобрана толстостенная труба квадратного сечения 50x50 толщиной 4 мм. Эта труба подходит для унификации подрамника и дышло, на котором крепится фаркоп. Так же были рассчитаны на прочность цапфа подката, упор и кулаки. Изготовлены с помощью раскроя на лазере из металла толщиной 6 мм. Масса подката без колес 50 кг. Разбирается на 3

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

СКБФМХТ.00.01.2024.02

части: подрамник, дышло и колеса. Подкат позволяет загружать автомобили с уменьшенным клиренсом, его дорожный просвет составляет 150 мм.

- Дополнительные технические особенности подката:
- Колеса: R13, PCD 4x98.
- Давление в шинах: 1,9.
- Ступицы с подшипниками от легкого автомобиля.
- Сцепное устройство: автоматическое, беззазорное, стыкового типа.
- Угол заезда: 18.
- Масса перевозимого груза: 2000 кг.
- Масса снаряженного прицепа: 64,58 кг.

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### Определение технологических норм времени на сварку.

Определим, что общее время на выполнение сварочной операции  $T_{шт-к}$ , час, состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{пз} + t_{в} + t_{обс} + t_{п},$$

где  $T_{шт-к}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$  – основное время, ч.;

$t_{пз}$  – подготовительно–заключительное время, ч.;

$t_{в}$  – вспомогательное время, ч.;

$t_{обс}$  – время на обслуживание рабочего места, ч.;

$t_{п}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ( $t_{осн}$ , ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{осн} = L_{шв} / V_{св}$$

где  $L_{шв}$  – сумма длин всех швов, м  $\Sigma L_{шв} = 2,4$  м;

$V_{св}$  – скорость сварки, м/ч,  $V_{св} = 15$  м/ч;

Определяем основное время по формуле:

$$t_{осн} = 1,8.$$

Подготовительно–заключительное время ( $t_{пз}$ ) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. и составляет 10% от  $t_{осн}$ .  $t_{пз} = 0,18$  ч.

Вспомогательное время ( $t_{в}$ ) включает в себя время на замену электрода  $t_{э}$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{уст}$ :

$$t_{в} = t_{э} + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст}$$

Среднее  $t_{э}$  можно принять равным в 6 сек. = 0,002 ч.

Время зачистки кромок или шва  $t_{кр}$  вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 * (n_C - 1))$$

где  $n_C$  – количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{шв}$  – длина швов, м,  $L_{шв} = 2,4$  м

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле:

$$t_{кр} = 2,4 * 0,6 = 1,$$

$t_{кр}$  составляет 0,024 ч.

Сварка производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$  рассчитываем по формуле:

$$t_{об} = 2,4 * 0,6 = 1,44 \text{ мин.} = 0,024 \text{ ч.}$$

$t_{об}$  составляет 0,024 ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{уст}$ ) зависит от его массы, данные указаны в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	До 40	До 50	До 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,3	3,0	4,3	6,0	5,2	6,3	8,4

$$t_{уст} = 6 \text{ мин.} = 0,1$$

$t_{уст}$  составляет 0,1 ч.

Таким образом рассчитываем значение  $t_b$  по формуле:

$$t_b = 0,002 + 0,024 + 0,024 + 0,1 = 0,15$$

$t_b$  составляет 0,1 ч.

Время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{\text{обс}} = (0,06 \dots 0,08) * t_{\text{осн}}$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ( $t_{\text{обс}}$ )

$$t_{\text{обс}} = 0,07 * 1,8 = 0,126$$

$t_{\text{обс}}$  составляет 0,126 ч.

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении по формуле:

$$t_{\text{п}} = 0,07 * t_{\text{осн}} = 0,126$$

$t_{\text{п}}$  составляет 0,126 ч.

Таким образом, расчет общего времени  $T_{\text{шт-к}}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле

$$T_{\text{шт-к}} = 1,8 + 0,18 + 0,15 + 0,126 + 0,126 = 2,38$$

$T_{\text{шт-к}}$  составляет 2,38 ч.

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы  $T_{\text{произв. пр.}}$  сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле:

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт-к}} \cdot N$$

где  $N$  – годовая программа, шт., в нашем случае  $N = 100$  шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 2,38 * 100 = 238.$$

$T_{\text{произв. пр.}}$  составляет 238 ч.

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования и количество необходимых сварщиков для годовой производственной программы сварки подкатов.

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Количество единиц оборудования по операциям техпроцесса,  $C_p$  приведены в формуле:

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_d * K_H}$$

где,  $\Phi_d$  – общий действительный фонд времени работы оборудования, час.  $\Phi_d = 2172$  час.;  $K_H$  – коэффициент выполнения норм ( $K_H = 1,1 \dots 1,2$ )

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса  $C_p$ , по формуле:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

СКБФМХТ.00.01.2024.02

$$C_p = \frac{238}{2172 * 1,1} = 0,1$$

примем  $C_{\Pi} = 1$  шт.

Принятое количество оборудования  $C_{\Pi}$  определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать пяти процентов. Таким образом, по технологии используются одна установка для сварки.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  производим по формуле:

$$K_3 = C_p / C_{\Pi} = 0,1 / 1 = 0,1$$

Таким образом, коэффициент загрузки оборудования равен 1. Исходя из этого, следует, что для выполнения сварочных работ подката из расчета в 200 штук в год требуется один сварщик.

В таблице представим стоимость материалов для нашего спроектированного автомобильного подката.

Таблица 4.2 – Себестоимость материалов, применяемых для изготовления автомобильного подката

Наименование материала	Количество	Цена за ед. товара, р.	Общая стоимость, р.
Профильная труба 50x50x4 мм ГОСТ	4 м.п.	430	1720
Труба бесшовная х/д 34x4 мм	4 м.п.	516	2064
Замок фаркопа 50x50 мм	1 шт.	1200	1200
Лист горячекатаный 6×1500×2000 мм	1 шт.	9000	9000
Болты, гайки М10	20 шт.	500	500
Ступица задняя в сборе	2 шт.	1681	3362
Колесо R13	2 шт.	6300	12600
Итого			30446,00

На сегодняшний день заработная плата восьми часовой рабочей смены сварщика пятого разряда ( $ЗП_{см}$ ), с учетом уплаты страховых взносов и налоговых отчислений в бюджет РФ, оценивается в 3112,53 рублей. За неделю (5 рабочих дней) заработная плата ( $ЗП_{н}$ ) сварщика составит:

$$ЗП_{н} = ЗП_{см} \cdot 5$$

$$ЗП_{н} = 3112,53 \cdot 5 = 15562,65$$

$ЗП_{н}$  составляет 15562,65 рублей

За одну неделю работник собирает и сваривает два полноценных подката. Общая стоимость материалов  $C_{м.об.}$  составит:

$$C_{м.об.} = C_{м} \cdot N,$$

где  $N$  – количество изделий

$$C_{м.об.} = 30446,00 \cdot 2 = 60892$$

$C_{м.об.}$  составляет 60892 рублей

В стоимость готовых изделий так же входят затраты на амортизацию оборудования и инструментов.

Общие затраты на амортизацию инструментов и оборудования (лазерный станок, УШМ, ТДМ, сверлильный станок, ручной инструмент и пр.), электроэнергию помещения, расходные материалы (электроды, отрезные диски, краска по металлу, СИЗ и т.д.), при наличии собственного помещения производства работ ( $A$ ), оценим в 15500 рублей в неделю.

Таким образом, себестоимость одного готового изделия, изготовленного за одну неделю  $C_{пол.н.}$  составляет:

$$C_{1\text{ пол.н.}} = C_{пол.н.} + A$$

$$C_{пол.н.} = (30446,00 + 15500) \cdot 2 = 45946$$

$C_{пол.н.}$  составляет 45946 рублей.

Соответственно себестоимость двух подкатов, изготовленных за неделю, составит:

$$C_{2\text{ пол.н.}} = C_{1\text{ пол.н.}} \cdot 2$$

$$C_{пол.н.} = 45946 \cdot 2 = 91892$$

$C_{пол.н.}$  составляет 91892 рублей.

						Лист
					СКБФМХТ.00.01.2024.02	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

После теоретических исследований сборки и сварки автомобильного подката мною был изготовлен опытный образец согласно разработанному технологическому процессу.

Производство заготовок (раскрой) производился на плазменном станке.



Рисунок 6.1 – Раскрой заготовок на плазменном станке

Заготовки из профильной трубы, подготовка кромок и зачистка сварных швов производилась при помощи углошлифовальной машины.



Рисунок 6.2 – Используемая углошлифовальная машина

В процессе изготовления конструкции использовались детали, обработка которых требовала механической обработки на сверлильном станке. В частности сверлились посадочные отверстия.



Рисунок 6.3 – Вертикально–сверлильный станок



Рисунок 6.4 – Детали, обрабатываемые на сверлильном станке

Сборочно – сварочные операции осуществлялись на столе с креплением деталей струбцинами. Сборка производилась на прихватках тем же способом, что и сварка (полуавтоматической сваркой в среде  $CO_2$ ). После установки прихваток поверхность и околошовная зона зачищаются механическим путем.



Рисунок 6.5 – Собранный узел на прихватках с установкой на сварочном столе.



Рисунок 6.6 – Детали собранные на прихватках с механической зачисткой поверхности

Сборка поузловая. Каждый узел собирался отдельно. Сборка узлов подетальная (путем наращивания деталей).

После сборки узлов проводился контроль качества сборки перед сваркой. Далее осуществлялся процесс сварки. Способ сварки – полуавтоматическая в среде  $\text{CO}_2$ .



Рисунок 6.7 – Сварные швы

Помимо сварных соединений в ходе изготовления подката применялись болтовые соединения деталей.



Рисунок 6.8 – Болтовые соединения деталей

Конструкция была собрана путем наращивания отдельных узлов, соединяемых между собой деталями.



Рисунок 6.9 – Сборка изделия

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перед установкой шасси конструкция подвергалась контролю качества.



Рисунок 6.10 – Контроль качества перед установкой шасси

Готовый подкат подвергается обработке металлических поверхностей антикоррозионным материалом. В частности все металлические поверхности были загрунтованы и окрашены.



Рисунок 6.11 – Покраска подката

					СКБФМХТ.00.01.2024.02	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		