

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Южно-Уральский государственный университет»

(Научно-исследовательский университет)

Институт «Политехнический»

Факультет «Автотракторный»

Кафедра «Колесные и гусеничные машины»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., профессор

\_\_\_\_\_В.Н. Бондарь

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

Разработка универсального стенда для испытания мостов военной  
автомобильной техники

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–23.05.02.2018.399.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

По экономической части

старший преподаватель

\_\_\_\_\_С. Ю. Лелекова

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

По БЖД

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_А. В. Кудряшов

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

Руководитель работы:

к.т.н., научный сотрудник

\_\_\_\_\_В.Ю. Костров

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

Автор работы

студент группы П-601

\_\_\_\_\_А.А. Ярчихин

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_В. И. Дуюн

«\_\_»\_\_\_\_\_2018\_г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Ярчихин А.А. Разработка универсального стенда для испытания мостов военной автомобильной техники. – Челябинск: ЮУрГУ, П, АТ, 2018 104 с., 69 ил., 17 табл., библиогр. список – 64 наим., 2 прил., 11,75 листов чертежей формата А1.

В выпускной квалификационной работе проведен анализ существующих конструкций стендов для испытания мостов автомобильной техники, выявлены их основные достоинства и недостатки. Разработан вариант стенда для испытания мостов военной автомобильной техники с приводом от асинхронного двигателя. Произведены расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции. Разработан технологический процесс изготовления детали, входящей в состав опоры для крепления моста.

Определены экономические показатели проекта. В разделе БЖД дано описание разрабатываемого стенда с точки зрения безопасности.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ярчихин А.А.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Костров В.Ю.				3	104
Реценз					<i>ЮУрГУ Кафедра КГМ</i>		
Н. Контр.		Дююн В.И.					
Утверд.		Бондарь В.Н.					

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МОСТАМ АВТОМОБИЛЕЙ.....	8
1.1 Назначение автомобильных мостов .....	8
1.2 Классификация мостов.....	9
1.3 Требования, предъявляемые к мостам автомобилей .....	9
1.4 Конструкции мостов.....	10
2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕНДОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МОСТОВ .....	19
2.1 Испытание ведущего моста тракторов Т-150 и Т-150К .....	19
2.2 Стенд КС-05 для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ, УРАЛ, ЗИЛ, ГАЗ .....	21
2.3 Стенд для обкатки и испытания ведущих мостов легковых автомобилей .....	23
2.4 Стенд для обкатки ведущего моста автомобиля КамАЗ-45143 .....	24
2.5 Стенд для обкатки мостов КИ-12550-01-02-ГОСНИТИ .....	25
2.6 Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств .....	26
2.7 Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств .....	27
2.8 Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств “КиАРЗ-6/2” .....	31
2.9 Стенд для испытания ведущих мостов автомобилей .....	33
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	37
3.1 Особенности испытаний мостов .....	37
3.2 Устройство проектируемого стенда .....	37
3.3 Расчет тележки на прочность .....	46
3.4 Расчет ременной передачи.....	50
3.5 Расчет нагрузок.....	63
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	65

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

4.1	Описание детали и ее назначение .....	66
4.2	Выбор вида заготовки .....	67
4.3	Технологический маршрут изготовления детали «Пластина» .....	68
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	72
5.1	Организационный раздел.....	72
5.2	Экономический раздел.....	74
5.3	Расчёт затрат на изготовление проектируемой детали.....	78
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	87
6.1	Анализ опасных и вредных факторов (ОВФП), возникающих на этапе производства и эксплуатации.....	87
6.2	Нормирование опасных и вредных производственных факторов....	88
6.3	Требования пожарной безопасности .....	94
6.4	Требования безопасности при эксплуатации стенда для испытания мостов военной автомобильной техники .....	96
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	99
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	100
ПРИЛОЖЕНИЯ		
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Графический раздел на        листах ф. А1	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификации на        листах ф. А4	



Поэтому, проектируемый стенд является перспективной разработкой, которая в будущем поможет сократить время и затраты на обслуживание и ремонт техники.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>



Ведущие мосты включают в себя элементы трансмиссии: главную передачу, дифференциал, полуоси и применяются в качестве заднего и промежуточного моста.

## 1.2 Классификация мостов

По расположению на автомобиле (прицепе, полуприцепе) мост может быть:

- 1) Передний.
- 2) Промежуточный (на трехосном автомобиле такой мост называют средним).
- 3) Задний.

По конструкции мосты делятся на:

- 1) Управляемые (колеса моста являются управляемыми).
- 2) Ведущие (колеса моста являются ведущими).
- 3) Комбинированные (колеса моста являются ведущими и управляемыми).
- 4) Поддерживающие (колеса моста не являются ни ведущими, ни управляемыми).

Как правило, балка моста является жесткой бесшарнирной конструкцией. Мост с такой балкой называют неразрезным. Если же при наличии независимой подвески правого и левого колес их связь осуществляется посредством моста, то такой мост называют разрезным.

## 1.3 Требования, предъявляемые к мостам автомобилей

Конструкция моста может влиять на ряд эксплуатационных качеств автомобиля, среди которых надежность, безопасность, комфортабельность, управляемость, проходимость.

Основными требованиями, предъявляемыми к мостам, являются:

- 1) Малая масса. Мост полностью или частично (что бывает гораздо реже) относится к недрессоренным частям конструкции, поэтому уменьшение его массы повышает плавность хода.
- 2) Жесткость конструкции. К мосту крепятся колеса, правильность установки которых определяет управляемость автомобиля и износ шин, а также детали других систем автомобиля (например, тормозной), поэтому значительные деформации его балки недопустимы.
- 3) Небольшие размеры в вертикальном направлении. Эти габариты влияют на возможность обеспечения требуемого дорожного просвета и высоты уровня пола.
- 4) Учет компоновочных особенностей транспортного средства. Мост должен иметь конструкцию, не создающую препятствий его вертикальным и

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ					



угловым перемещениям в заданных пределах относительно несущей системы.

- 5) Прочность. Это универсальное требование в данном случае является особенно важным, поскольку оказывает влияние на безопасность автомобиля. [13]

## 1.4 Конструкции мостов

### 1.4.1 Управляемый мост

Типичная конструкция управляемого моста приведена на рисунке 2. Мост состоит из балки 1 и поворотных кулаков 2, шарнирно соединенных посредством шкворней 3, обеспечивающих возможность поворота управляемых колес для изменения направления движения автомобиля (на цапфах 4 поворотных кулаков на подшипниках устанавливаются управляемые колеса).

Балка моста должна быть прочной, жесткой и возможно более легкой. Этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют стальные кованные балки двутаврового сечения. По краям балки двутавровое сечение плавно переходит в прямоугольное с отверстиями для установки шкворней поворотного кулака.

Средняя часть балки выгнута вниз, с тем чтобы дать мосту свободу вертикального перемещения при подпрыгивании колес под воздействием неровностей дорожной поверхности (над балкой управляемого моста обычно располагается двигатель). Для крепления элементов подвески на балке предусмотрено наличие соответствующих опорных площадок 5.

Шкворень поворотного кулака представляет собой стальной цилиндрический палец, неподвижно устанавливаемый в балке. Для его фиксации от поворота и осевого смещения обычно используются клиновые болты 6. Вертикальные нагрузки воспринимаются опорными подшипниками 7. В конструкции, показанной на рисунке 2, применяются подшипники скольжения, но существуют и шкворневые узлы, в которых в качестве опорных используются подшипники качения. Подшипник скольжения обычно состоит из стального опорного кольца и бронзовой шайбы. Для регулировки зазора между верхним торцом бобышки балки и поворотным кулаком устанавливают регулировочные прокладки 8.

В изображенной на рисунке 2 конструкции, поворот кулака относительно шкворня обеспечивается подшипниками скольжения, образованными поверхностью шкворня и запрессованными в отверстия проушин поворотного кулака бронзовыми втулками 9. Такая конструкция требует частого периодического смазывания. Иногда вместо подшипников скольжения используются подшипники качения (из-за ограниченности пространства применяются игольчатые подшипники). Периодичность технического обслуживания узла при этом увеличивается, но такая конструкция требует применения эффективного уплотнения.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ					

Для обеспечения стабилизации управляемых колес оси шкворней наклонены в продольной и поперечной плоскостях.

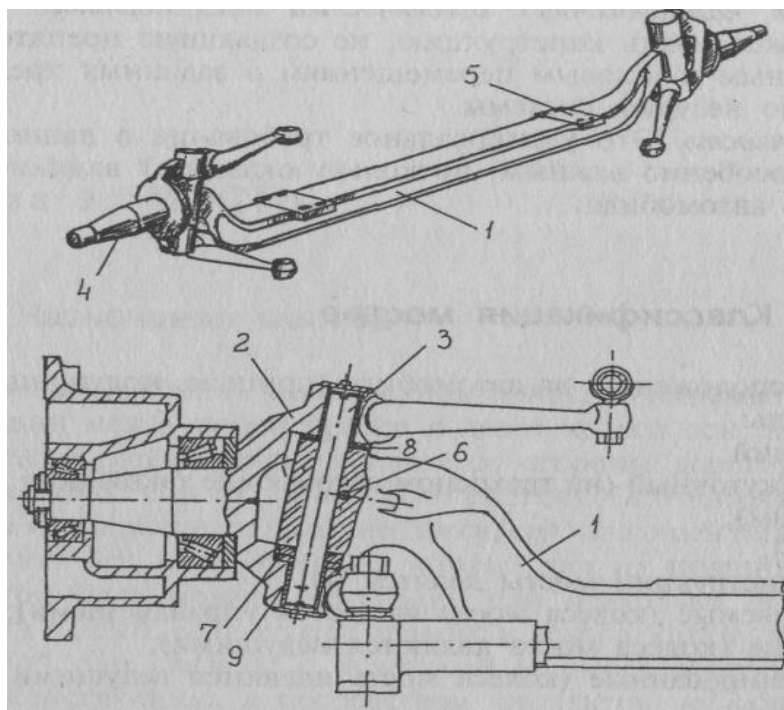


Рисунок 2 – Управляемый мост

#### 1.4.2 Ведущий мост

Поскольку к колесам ведущего моста должен подводиться крутящий момент, функции балки, как силового элемента конструкции, могут быть расширены. Так, наиболее распространенной является конструкция ведущего моста, в которой балка выполняет одновременно функции картера (внутри балки располагаются главная передача, дифференциал и привод ведущих колес). Схемы неразрезных ведущих мостов показаны на рисунке 3. Состоящая из ведущей 1 и ведомой 2 шестерен главная передача располагается в средней части балки 3. Крутящий момент от нее через межколесный дифференциал 4 передается на валы привода ведущих колес 5. Эти валы обычно называют неправильным с точки зрения механики, но давно употребляемым термином «полуоси», а шестерни дифференциала, с которыми они соединяются посредством шлицев – полуосевыми.

Полуоси являются весьма ответственными деталями моста, надежность которых, кроме всего прочего, влияет на безопасность движения. В случае поломки полуоси возникают большие затруднения с ее извлечением из моста. Как показано на рисунке 3, внутренней своей частью полуось связана с межколесным дифференциалом. Способ установки полуосей в балке влияет на их нагруженность.

Полуоси, называемые полуразгруженными, применены в схеме, показанной на рисунке 3, а). Внешней своей частью такая полуось опирается на подшипник,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

11

установленный в балке моста. Полуось не только передает крутящий момент, но и воспринимает все силы, возникающие в контакте колес с дорогой, и изгибающие моменты, создаваемые этими силами. Термин «полуразгруженная» определяется тем, что через подшипник силы, действующие на полуось, передаются на балку моста, то есть сама полуось в определенной степени разгружается. При большой массе автомобиля нагрузки, действующие на полуразгруженную полуось, могут быть весьма большими, поэтому такие полуоси применяются, как правило, только в легковых автомобилях.

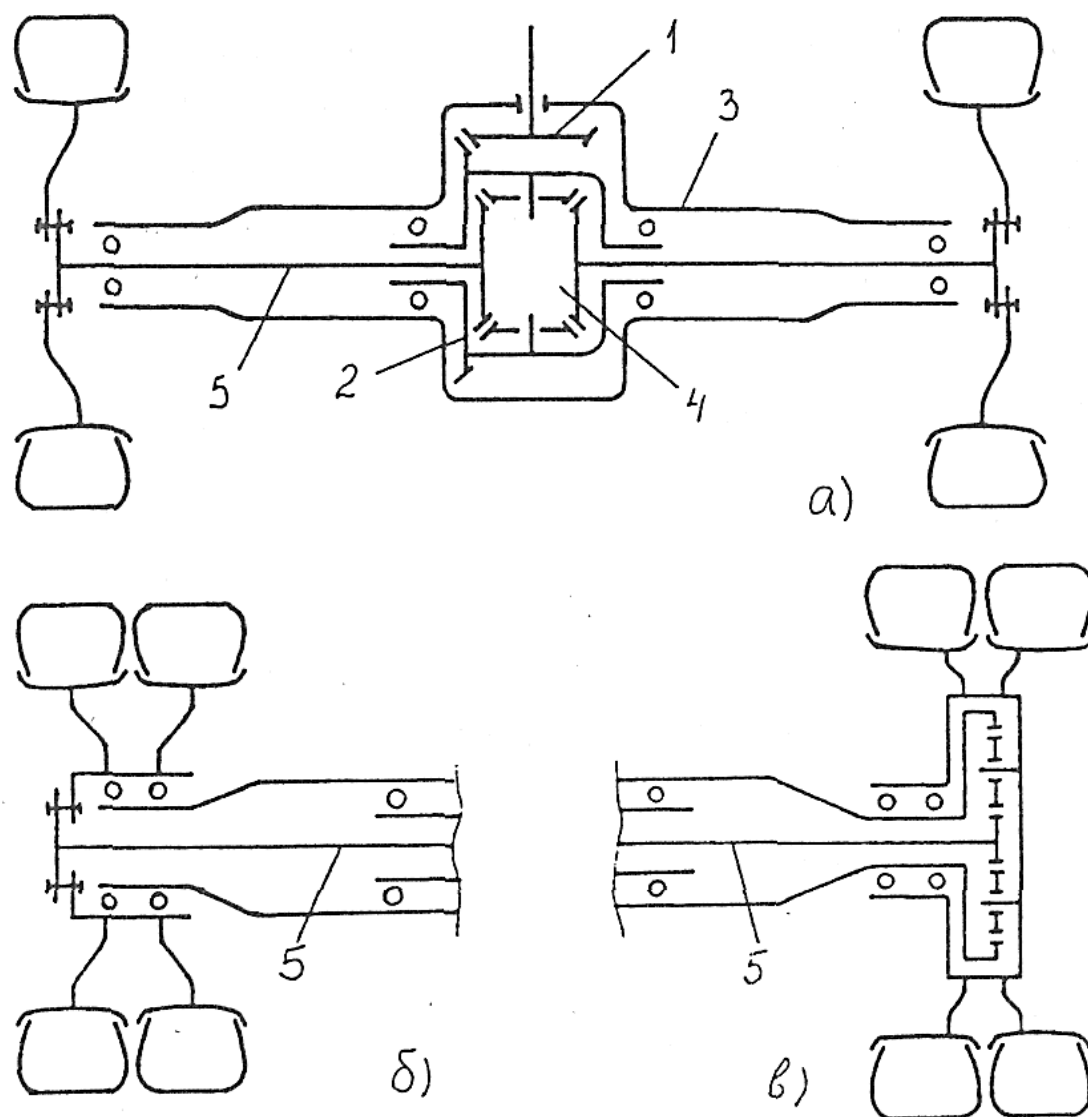


Рисунок 3 – Конструктивные схемы ведущих мостов

На грузовых автомобилях используют разгруженные полуоси (см. рисунок 3, б)). Теоретически такая полуось передает только крутящий момент, тогда как прочие силовые факторы, действующие на колеса, передаются на балку моста широко разнесенными радиально-упорными подшипниками ступицы колеса. Практически, однако, разгруженная полуось все же испытывает некоторые

напряжения изгиба, что объясняется погрешностями изготовления и упругими деформациями балки моста.

При наличии в составе моста разнесенной главной передачи полуось связывает межколесный дифференциал с колесным редуктором (см. рисунок 3, в)). Поскольку непосредственной связи с колесами такие полуоси не имеют, они всегда являются разгруженными.

Мосты с разгруженными полуосями более сложны, материалоемки, требуют регулировки подшипников колес, однако требуемая надежность конструкции автомобиля достаточно большой массы может быть обеспечена только при условии применения таких полуосей, кроме того, в случае их поломки автомобиль можно буксировать.

Балки мостов, показанных на схемах рисунка 4, бывают трех конструктивных разновидностей:

- разъемная балка;
- цельная балка;
- балка типа «банджо» (название порождено некоторым внешним сходством ее средней части с известным музыкальным инструментом).

На рисунке 4, а) показана разъемная балка. Она состоит из двух половин, соединяемых болтами. Кожухи приводных валов, называемые полуосевыми чулками, запрессованы в литые средние части балки и дополнительно соединены с ними обычно посредством заклепок или электрозаклепок. Средняя часть балки образует картер главной передачи с соответствующими гнездами под подшипники.

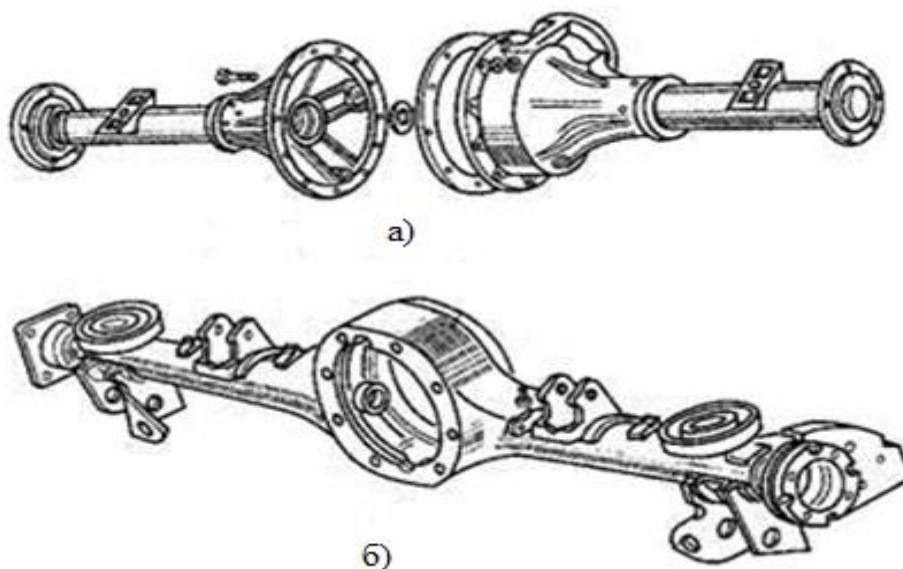


Рисунок 4 – Разновидности балок ведущих мостов:  
а – разъемная; б – цельная

Обычно эта часть конструкции изготавливается из чугуна или стали, иногда для уменьшения массы ее делают из легких сплавов, например, алюминиевых. В этом

случае в места опор подшипников в процессе изготовления отливки устанавливаются стальные кольца.

Конструкцию разъемной балки следует считать устаревшей. Из-за наличия поперечного стыка она имеет не очень высокую жесткость, кроме того, велика вероятность появления течи масла через стык, нагруженный изгибающими моментами. При такой конструкции балки весьма трудоемкими являются операции регулировки зацепления шестерен и предварительного натяга подшипников главной передачи. При необходимости ремонта главной передачи ее разборка возможна только после демонтажа моста с автомобиля.

В отличие от разъемной, средняя часть цельной балки выполнена в виде одной детали (см. рисунок 4, б)). Полуосевые чулки, так же как в предыдущей конструкции, представляют собой стальные трубы, которые запрессовываются в среднюю литую часть балки. Детали размещенной внутри балки главной передачи при сборке устанавливаются через съемную заднюю крышку. При снятии этой крышки даже без демонтажа моста с автомобиля возможен доступ, например, с целью осмотра, к деталям главной передачи, однако, поскольку монтажно-демонтажные и регулировочные работы требуют применения специального инструмента, проводить их без снятия моста с автомобиля весьма затруднительно.

При использовании балки типа «банджо» главная передача монтируется в картере, связанном с балкой через фланцевое соединение, и в сборе, без нарушения каких-либо регулировок, устанавливается в балку и демонтируется из нее, причем балка при этом может остаться на автомобиле. Плоскость разъема балки и картера главной передачи может быть вертикальной или горизонтальной.

Балка типа «банджо» может быть штампованной из стали сварной или литой чугунной конструкцией. Типичная конструкция штампованной балки ведущего моста грузового автомобиля показана на рисунке 5. Центральная ее часть состоит из двух штампованных половин, между которыми ввариваются вкладки. Приваренное спереди усилительное кольцо имеет ряд выштамповок для обеспечения монтажных зазоров при сборке моста и десять сквозных резьбовых отверстий для болтов крепления картера главной передачи. К верхней части балки привариваются стальные подушки, через которые балка будет контактировать с рессорами. К средней части балки с двух сторон встык привариваются цапфы с напрессованными на них стальными фланцами, к которым будут крепиться опорные шиты тормозных механизмов. Ближе к наружным частям балки на цапфы напрессовываются кольца. Они имеют чисто обработанную наружную поверхность, по которой будет работать уплотнительный сальник ступицы колеса, и большую фаску на внутреннем диаметре, что позволяет за счет увеличения переходного радиуса галтели уменьшить концентрацию напряжений в материале балки на участке, расположенном под кольцом. На шлифованные шейки ус-

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ					

танавливаются подшипники ступиц колес. Кронштейны предназначены для крепления деталей тормозной системы автомобиля, а отверстие – для установки сапуна, поддерживающего связь внутренней полости балки с атмосферой. Заливное отверстие в задней крышке и сливное отверстие в самой нижней части балки закрываются пробками с конической резьбой.

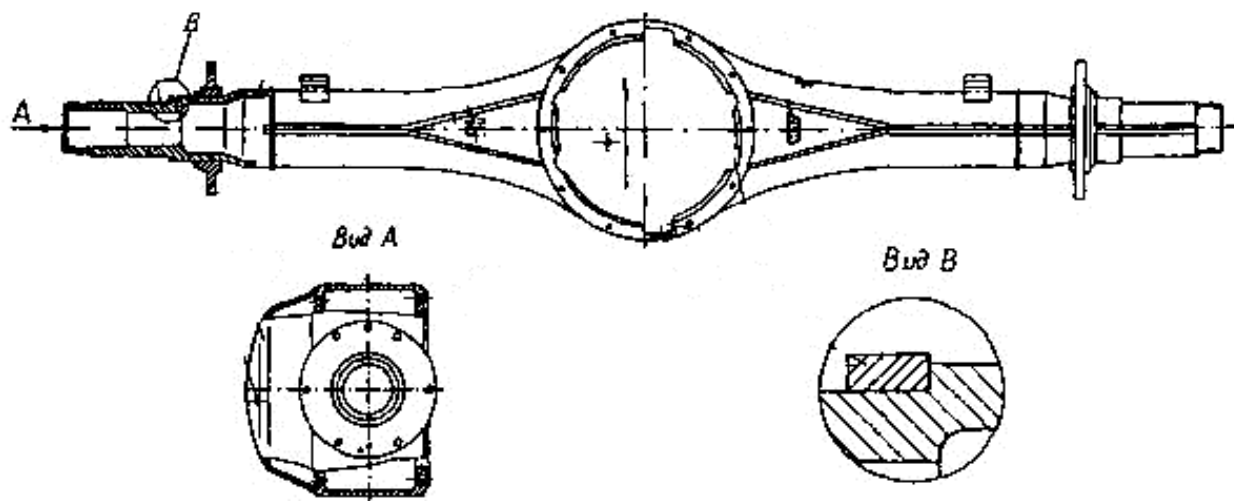


Рисунок 5 – Конструкция штампованно-сварной балки типа «банджо»

Штампованные балки отличаются от литых меньшей массой и лучшей технологичностью. Однако для очень тяжелых автомобилей изготовить штампованную балку моста затруднительно (слишком большая толщина листа порождает технологические сложности), кроме того, изгибная жесткость ее может быть недостаточной, поэтому балки изготавливают литьем, а для повышения жесткости внутри балки делают ребра, которые используются в качестве опор для усиливающих труб.

Конструкция балок ведущих мостов напрямую связана с особенностями трансмиссии автомобиля. Эти особенности определяются конструкцией главных передач (центральная или разнесенная) и схемой привода ведущих мостов. Если схемой трансмиссии предусмотрена последовательная передача крутящего момента к заднему ведущему мосту через средний, то последний делается проходным, при этом бездифференциальная связь среднего и заднего мостов допустима только для автомобилей повышенной проходимости, основное время эксплуатирующихся на грунтовых дорогах.

Среди требований, предъявляемых к мостам, упоминались их минимальные вертикальные габариты. Особую проблему в этом смысле порождает необходимость снижения уровня пола на автобусах. Наряду с особенностями размещения двигателя конструкция ведущего моста оказывает непосредственное влияние на высоту уровня пола в салоне. Стремление уменьшить массу неподрессоренных частей конструкции привело к появлению разрезных мостов.

На рисунке 6 изображен разрезной мост грузового автомобиля и его конструктивная схема. В такой шарнирной конструкции балка образована

картером главной передачи и кожухами приводных валов, которые могут качаться относительно него в вертикальной плоскости. Средняя часть балки 1, являющаяся картером главной передачи, закреплена на несущей системе автомобиля и соответственно относится к подрессоренным частям конструкции.

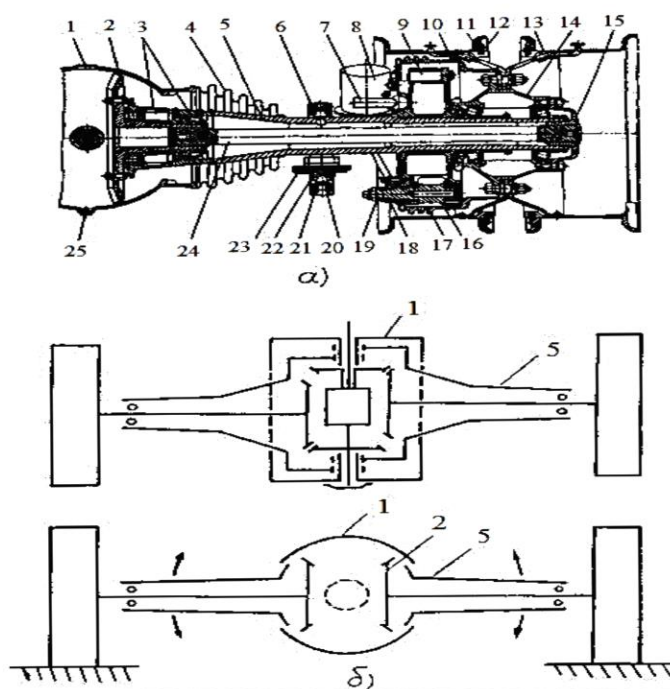


Рисунок 6 – Разрезной мост автомобиля а) и его конструктивная схема б)

Приводные валы колес 24 (см. рисунок 6), через фланцы 15 передающие момент на ступицы колес 14, размещены в кожухах (полуосевых рукавах) 5, оси которых при любом относительном перемещении деталей пересекаются с осью, ведущей шестерни главной передачи. Такая кинематика обеспечивается креплением кожухов посредством специальных держателей 3, передающих поперечные силы от качающихся кожухов на неподвижную часть моста. Продольные и вертикальные нагрузки передаются на несущую систему через рессоры 23 подвески, связанные с качающимися полуосевыми рукавами с помощью стремянок 21, закрепленных на специальных опорах 6. Приводные валы 24 посредством шлицев связаны с ведомыми коническими шестернями 2 главной передачи, зацепляющимися каждая со своей ведущей конической шестерней. Межколесный дифференциал установлен между этими шестернями. Чехол 4 предотвращает вытекание масла из главной передачи.

Еще большее снижение массы неподрессоренных частей может быть достигнуто применением конструкции, называемой мостом типа «Де-Дион». У такого моста балка избавлена от функций картера и не имеет отношения к трансмиссии. В изображенной на рисунке 7 конструкции, главная передача 2 закреплена на несущей системе и соединяется с колесами посредством карданных передач 3. Муфты 4 позволяют в соответствии с кинематикой подвески изменять длину приводных валов. Балка 1 представляет собой изогнутую трубу, несущую на

концах кронштейны 5 с подшипниковыми узлами ведущих колес. Обычно мосты такого типа используют на легковых автомобилях, причем подвеска колес может быть различной.

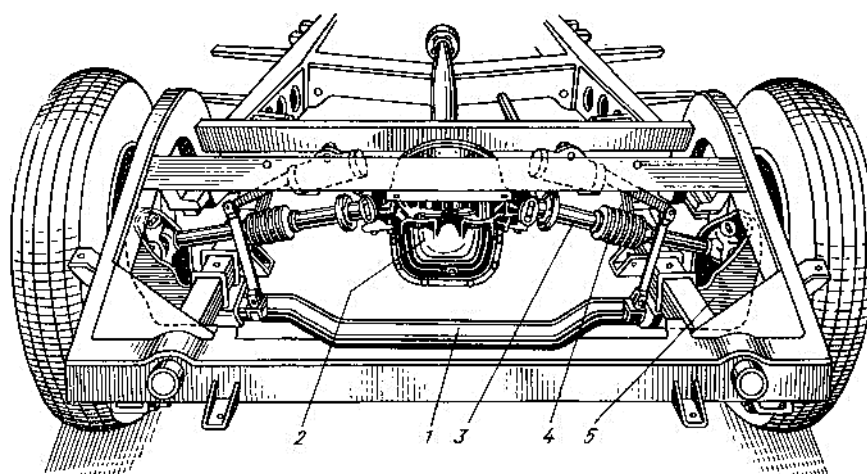


Рисунок 7 – Мост «Де-Дион»

### 1.4.3 Комбинированный мост

Комбинированный мост чаще всего является передним, хотя в многоосных автомобилях он может быть промежуточным и задним. Как правило, комбинированный мост несимметричен, что делается для обеспечения необходимого зазора между силовым агрегатом и мостом или карданной передачей, передающей крутящий момент от раздаточной коробки.

Балка комбинированного моста из-за наличия шарниров в приводе управляемых колес имеет более сложную конструкцию, особенно в части шкворневого узла. Пример комбинированного моста изображен на рисунке 8.

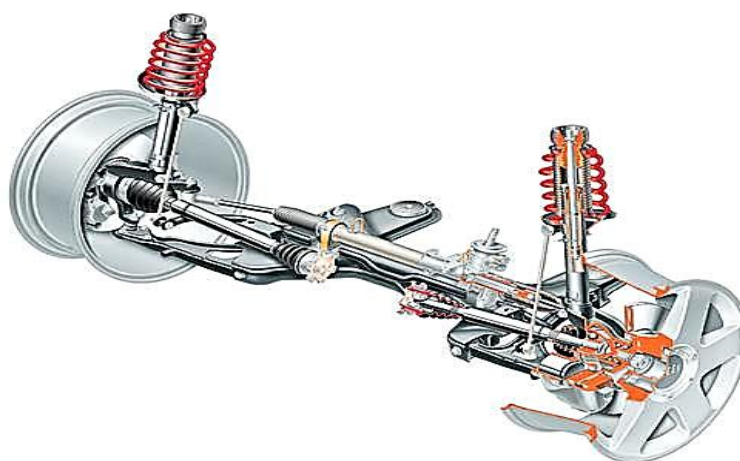


Рисунок 8 – Комбинированный мост

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

17



#### 1.4.4 Поддерживающие мосты

Поддерживающим называется мост с ведомыми колесами, которые не являются ни ведущими, ни управляемыми: на прицепах и полуприцепа, а также на многоосных грузовых автомобилях и в качестве задних мостов на переднеприводных легковых автомобилях. Пример поддерживающего моста изображен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Поддерживающий мост

#### Выводы по разделу один

В разделе представлены назначение, классификация, требования, предъявляемые к автомобильным мостам. Мосты автомобилей имеют различное применение, характеристики, форму и т.д. Они являются неотъемлемой частью автомобиля, и выполняют ряд важнейших функций для его стабильной работы.

## 2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕНДОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МОСТОВ

### 2.1 Испытание ведущего моста тракторов Т-150 и Т-150К

Ведущий мост испытывается на стендах для контроля качества сборки и работоспособности механизмов (отсутствует ли подтекания масла, повышенного нагрева, ненормальных шумов шестерен и стуков), а также для проверки правильности регулировки механизмов. Краткая техническая характеристика стендов для обкатки ведущих мостов тракторов Т-150 и Т-150К приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика стендов для испытания ведущих мостов тракторов Т-150 и Т-150К

Наименование стенда	Обозначение стенда (конструкции ХТЗ)	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Стенд для испытания переднего моста трактора Т-150	92305	10	1800x2600x950	1530
Стенд для испытания заднего моста трактора Т-150К	92302	10	1800x2600x950	1530
Стенд для испытания ведущего моста трактора Т-150К	92193	10	2300x3100x1100	1340

Конструкция стендов для испытания ведущих мостов тракторов Т-150 и Т-150К одинакова, так как мосты имеют аналогичную конструкцию. Отличаются мосты лишь тем, что у гусеничного трактора Т-150 на корпусе моста установлено две, не связанных между собой, главных передачи, каждая из которых отвечает за свой борт.

Стенд для испытания переднего моста трактора Т-150К состоит из рамы 1 (рисунок 10) и корпуса 14. На корпусе расположен редуктор 12. Вращение к валу редуктора передается при помощи клиноременной передачи.

Мост в сборе с тормозами и колесными редукторами устанавливают на опоры 5 основания 2. На основании закреплены пневмоцилиндры 3 для зажатия тормозов. С двух сторон основания и внутри него расположены лотки 4 для слива масла из корпусов редуктора и главной передачи. Главная передача имеет опору 6 и зажимное устройство 7, при помощи которого мост фиксируют на стенде. Это устройство приводится в действие пневмоцилиндром 8. Управляют подачей воздуха при помощи крана 13.

Вращение от вала редуктора к валу главной передачи передается через муфту 11 и промежуточный вал 9, которые закрывают предохранительным щитком 10.

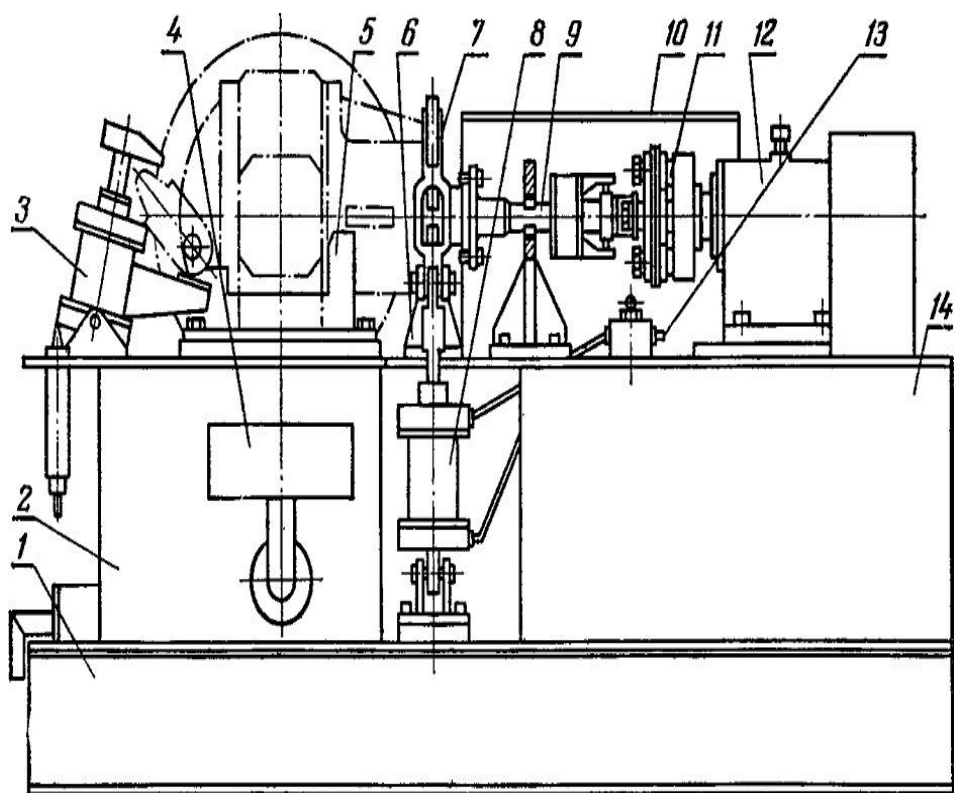


Рисунок 10 – Испытательный стенд ведущих мостов трактора Т-150К:  
 1 – рама; 2 – основание; 3 и 8 – пневмоцилиндры; 4 – лоток; 5 и 6 – опоры; 7 – зажимное устройство; 9 – промежуточный вал; 10 – предохранительные щиток;  
 11 – муфта; 12 – редуктор; 13 – кран управления; 14 – корпус

Ведущие мосты обкатывают 20 мин: 15 мин на переднем ходу и 5 мин на заднем.

Перед обкаткой в корпуса мостов заливают трансмиссионное масло до уровня контрольных отверстий. Во время обкатки оба колесные редукторы должны

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

20

вращаться равномерно. Нагрев деталей мостов и колесных редукторов не должен превышать 85°C. Работа главной передачи должна сопровождаться равномерным глухим шумом. Подтекания масла через уплотнения не допускается.

При повышенном нагреве, подтекании масла, стуках и ненормальных шумах обкатку прекращают, а после устранения дефектов вновь обкатывают мосты по полному режиму. [1]

К достоинствам стенда для испытания переднего моста трактора Т-150К можно отнести:

- надежное закрепление мостов на опорах;
- присутствие емкости для слива рабочей жидкости.

К недостаткам стенда можно отнести:

- сложность конструкции;
- неуниверсальность;
- малое количество диагностируемых параметров;
- большую массу и габариты;
- неавтоматизированный процесс обкатки.

## 2.2 Стенд КС-05 для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ, УРАЛ, ЗИЛ, ГАЗ

ООО "Производственная Компания ТехАвто" – поставщик автосервисного оборудования. Одним из видов такого оборудования являются стенды для обкатки различных автомобильных агрегатов, таких как: коробки передач, ДВС, мосты, и т.д.

Стенд КС-05 для обкатки ведущих мостов представлен на сайте компании. На момент обращения к электронному ресурсу, цена на стенд составляла порядка 4 529 900 рублей (рисунок 11). [2]



The screenshot shows the website 'ТехАвто' (TechAuto) with the following details:

- Header:** Logo 'ТЕХ АВТО SKYTEXON', phone number '8-800-500-15-43', and contact numbers for Yaroslavl (+7 (485) 274-77-11), Moscow (+7 (495) 646-11-97), and Saint-Petersburg (+7 (812) 490-76-21).
- Navigation:** Главная, Продукция, Акции, Доставка, Оплата, Сервисная служба, Контакты, Отзывы.
- Product Page:** 'Стенд КС-05 для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ-, УРАЛ-, ЗИЛ-, ГАЗ-, универсальная модель'. Price: 4 524 900 руб. Buttons: 'КУПИТЬ', 'КУПИТЬ ДЕШЕВЛЕ'.
- Delivery:** 'Доставка: транспортные компании, самовывоз. Регион доставки: Выбрать. Рассчитать стоимость доставки'.
- Left Sidebar:** 'Наша продукция' with categories like 'Дизельный сервис', 'Оборудование для шиномонтажа', etc.

Рисунок 11 – Сайт «ТехАвто»

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ					



Рисунок 12 – Стенд КС-05

Стенд КС-05 состоит из:

- станции нагрузочно-приводной (СНП);
- защитных кожухов барабанов;
- ВМ обкатываемого на стенде;
- станции заправочной с подогревом (передвижной);
- соединительного устройства;
- кожуха защитного;
- компрессорной станции (встроенной);
- электродвигателя приводного (ЭД);

Процедура обкатки происходит в автоматическом режиме, применяют профилебно в авторемонтных центрах, на заводах. В таблице 2 представлены технические характеристики стенда КС-05.

Таблица 2 – Технические характеристики стенда КС-05

Габариты СНП (ДхШхВ), мм	2150x3010x1200
Габариты ПУ (ГхШхВ), мм	490x460x1160
Габариты ШЭ (ГхШхВ), мм	625x605x1910
Габариты станции заправочной с подогревом (передвижной) (ДхШхВ), мм	400x400x700
Пневмогидросистема, МПа	0,6
Установленная суммарная мощность электрооборудования, кВт	25
Питающая сеть	3 фазы
Напряжение, В	380
Частота, Гц	50
Масса стенда, кг	1200

Режимы работы стенда:

- проверка герметичности картера;
- проверка вращения фланца входного вала ВМ;
- испытание ВМ;
- испытание дифференциала;
- испытание системы поворота колес;
- испытание блокировки;
- проверка герметичности системы подкачки колес.

Контролируемые параметры:

- частота вращения входного вала ВМ;
- частота вращения барабанов колес ВМ;
- частота вращения выходного фланца проходного моста (КАМАЗ);
- давление в картере моста;
- давление в системе подкачки колес;
- момент на входном валу ВМ;
- температура масла;
- текущее время испытания;
- общее время испытания.

Достоинства стенда для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ, УРАЛ, ЗИЛ, ГАЗ:

- универсальность;
- малая энергоёмкость;
- автоматизированный процесс обкатки;
- бесфундаментная установка на виброизолирующие опоры;
- простота монтажа и обслуживания;
- интерфейс /связь с компьютером/: визуальный контроль за процессом обкатки с удалённого рабочего места, распечатка протокола данных обкатки, сбор и хранение результатов.

Недостатки стенда для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ, УРАЛ, ЗИЛ, ГАЗ:

- необходимость квалифицированного персонала для работы со стендом;
- высокая стоимость;
- большие габариты и масса.

### 2.3 Стенд для обкатки и испытания ведущих мостов легковых автомобилей

Представленный стенд оснащен необходимыми приводными и нагрузочными устройствами, комплексом контрольно-измерительных средств, а также включает в себя:

- раму;
- электродвигатель;

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

- ременную передачу;
- редуктор;
- соединительную муфту;
- обкатываемый ведущий мост;
- емкости для слива рабочей жидкости (масла).

Данный стенд представлен на рисунке 13.

### Рисунок 13 – Стенд для обкатки и испытания мостов

Можно выделить следующие достоинства стенда для обкатки ведущих мостов легковых автомобилей:

- возможность обкатки мостов на нескольких режимах, таких как: под нагрузкой и без нагрузки;
- малые габариты и масса;
- возможность фиксирования большого числа контролируемых параметров.

Можно выделить следующие недостатки стенда для обкатки ведущих мостов легковых автомобилей:

- сложность конструкции;
- неуниверсальность;
- необходимость квалифицированного персонала для работы со стендом;
- неавтоматическая система управления стендом.

#### 2.4 Стенд для обкатки ведущего моста автомобиля КамАЗ-45143

Стенд состоит из станины 1 (рисунок 14), на которой установлены панель приборов 2, компрессор 3 и электродвигатель привода компрессора 4, тормозного механизма 5, закрепленного на стойке 6, вала 7, проставки 8, опор 9 для установки моста на стенд, плиты 10 для закрепления электродвигателя 11 привода редуктора моста, карданного вала 12 и датчика крутящего момента 13, скоб 14, тормозных барабанов 15, моста 16, в средней части которого закреплен редуктор 17, полуосей 18, пневмоцилиндров 19 и ведущей шестерни 20. [3]

#### Рисунок 14 – Стенд для обкатки ведущего моста автомобиля КамАЗ-45143

Принцип работы стенда следующий:

Ведущий мост автомобиля КамАЗ-45143 устанавливаются на опоры 9 (см. рисунок 14) и закрепляются с помощью скоб 14. Устанавливается проставка 8 на тормозной барабан 15 моста 16. Обкатку осуществляют передачей крутящего момента от электродвигателя 11 через карданный вал 12 на редуктор 17 среднего моста. Нагрузка на полуоси 18 создается путем подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр 19 тормозного механизма 5.

					23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Перед испытанием картер ведущего моста заправляют трансмиссионным маслом ТАЛ-158. Увеличение или уменьшение нагрузки на мост 16 осуществляют подачей сжатого воздуха в пневмоцилиндр 19 тормозного механизма 5. Так же проверяют возможность вращения шестерен проворачиванием вручную вала ведущей шестерни 20. Направление вращения вала ведущей шестерни должно соответствовать переднему ходу автомобиля, а число оборотов при испытании на стенде должно быть равным 1000-1500 об/мин.

Вращение обоих тормозных барабанов 15 должно быть равномерным. При торможении оба барабана должны останавливаться плавно и одновременно.

Для проверки работы дифференциала поочередно полностью затормаживают барабаны на 0,5-1,0 мин.

В конце испытания проверяют степень нагрева подшипников вала ведущей шестерни, дифференциала и ступиц колес. Допускается незначительное повышение температуры соответствующих мест картера и ступиц.

Выявленные при испытании ведущего моста дефекты устраняют, мост повторно проверяют на стенде.

Таблица 3 – Условия испытания

Тормозной момент на каждой полуоси, Нм	40
Продолжительность испытания, мин	
Испытания без нагрузки	5
Испытания под нагрузкой	10

## 2.5 Стенд для обкатки мостов КИ-12550-01-02-ГОСНИТИ

Известен стенд марки КИ-12550-01-02-ГОСНИТИ для испытания и обкатки задних мостов автомобилей ГАЗ-53А, ЗИЛ-130 на авторемонтных предприятиях. Основными частями стенда являются: станина, блок пневмомультипликаторов, привод, сцепитель, ресивер, блокирующий вал, нагрузочный механизм, пневмооборудование, электрооборудование [4].

Однако, недостатком конструкции данного стенда является применение в качестве нагрузочного момента на полуоси штатного тормозного механизма моста. В процессе обкатки под нагрузкой увеличивается износ накладок тормозных колодок. Вследствие этого возникает необходимость в замене колодок после проведения обкатки моста. Следовательно, повышается трудоемкость ремонта и его себестоимость.

Таблица 4 – Показатели использования стенда

					23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25





контролируемое манометром 25. Замыкание силового контура обеспечивает снижение расхода энергии при испытаниях. [5]

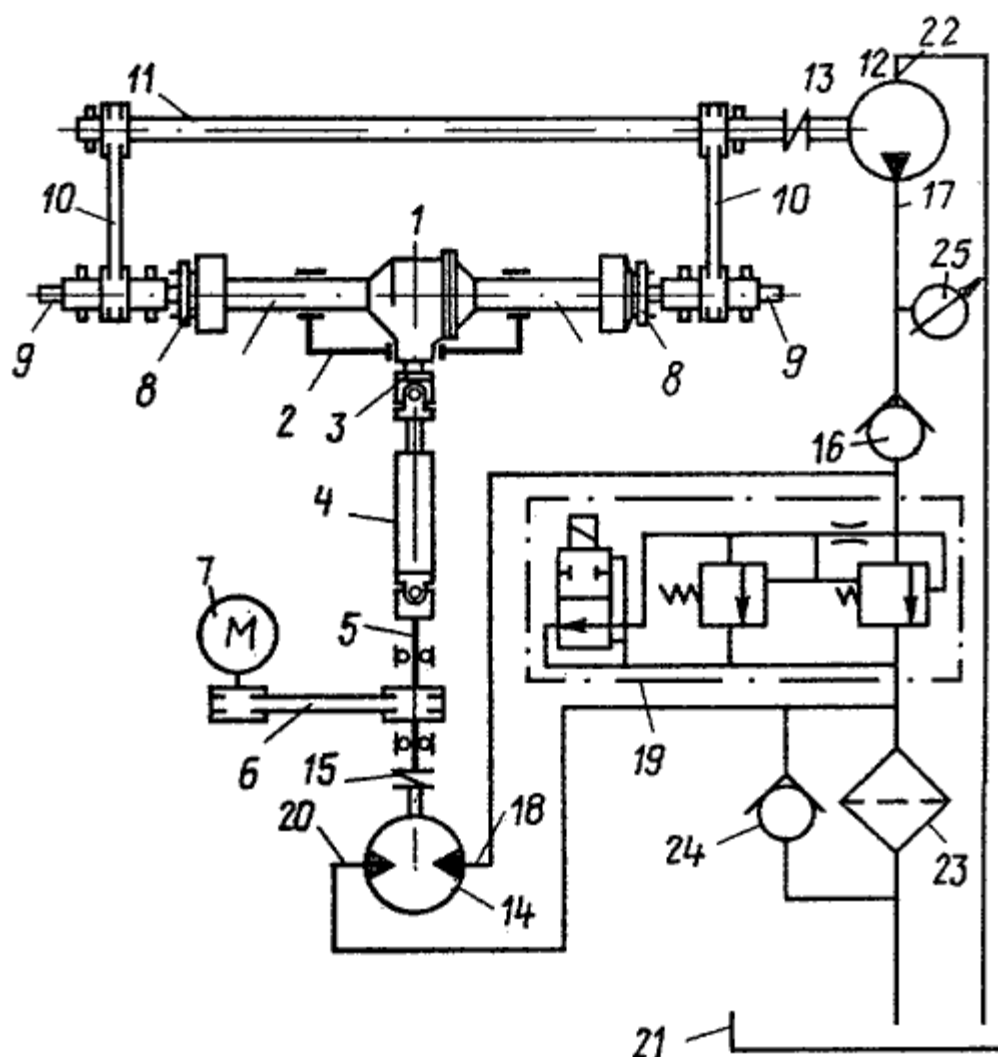


Рисунок 15 – Стенд для испытания ведущих мостов:

1 – ведущий мост; 2 – опоры; 3 – ведущий вал; 4 – карданная передача; 5 – вал; 6, 10 – клиноременная передача; 7 – приводной двигатель; 8 – полуось; 9 – шлицевой вал; 11 – соединительный вал; 12 – гидронасос; 13, 15 – муфта; 14 – гидромотор; 16 – обратный клапан; 17 – выходной канал гидронасоса; 18 – входной канал гидромотора; 19 – предохранительный клапан; 20 – выходной канал гидромотора; 21 – бак; 22 – входной канал гидронасоса; 23 – фильтр; 24 – обратный клапан; 25 – манометр

## 2.7 Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств

На основании 1 (рисунок 16) размещены опоры 2 и 3 для установки испытываемых ведущих мостов 4 и 5 одного под другим. Приводной электродвигатель 6 соединен с входным валом коробки 7 передач, выходной вал которой посредством карданного вала 8 соединен с нижним валом редуктора 9,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

27





С помощью нагружателя 14 (см. рисунок 19) в замкнутом контуре создают крутящий момент, контролируемый датчиком 15. При включении приводного электродвигателя 6 агрегаты ведущих мостов 4 и 5 начинают вращаться, нагружаясь крутящим моментом. Одновременно при включении гидронасоса 45 электроуправляемый гидрораспределитель 42 направляет рабочую жидкость в соответствующие полости гидроцилиндров 29 и 30. При перемещении штоков 31 и 32 гидроцилиндров посредством зубчатых колес 32 и 35 сектора 37 и зубчатых колес 34 и 36 сектора 38 поворотные площадки 18 поворачиваются в одном направлении вокруг осей 20 и 21, поворачивая корпуса редукторов 24 и 25. При этом посредством дополнительных шарнирных тяг 27 и 28 поворачиваются поворотные кулаки 22 и 23, создавая в узлах ведущих мостов 4 и 5 нагрузки, характерные при работе ведущих мостов с управляемыми колесами.

Синхронность поворота площадок 18 и 19 обеспечивается шарнирной тягой 26. Поворот площадок 18 и 19 в одном направлении происходит до тех пор, пока подвижной элемент 41 не войдет во взаимодействие с соответствующим конечным переключателем 39 или 40. При взаимодействии подвижного элемента 41 с соответствующим конечным переключателем пульт управления 44 поступает сигнал, под действием которого электроуправляемый гидрораспределитель 42 переведен в другие положения, при котором штоки 31 и 32 гидроцилиндров 29 и 30 перемещаются в другом направлении, изменяя направление поворота площадок 18 и 19. Угол поворота площадок 18 и 19 контролируется датчиком 43.

Таким образом, в предлагаемом стенде осуществляется одновременное нагружение ведущих мостов крутящим моментом и нагрузками, обусловленными возвратно-вращательным движением поворотных кулаков, что повышает точность воспроизведения эксплуатационной нагруженности, характерной при работе ведущих мостов с управляемыми колесами. [6]

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

## 2.8 Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств “КиАРЗ-6/2”

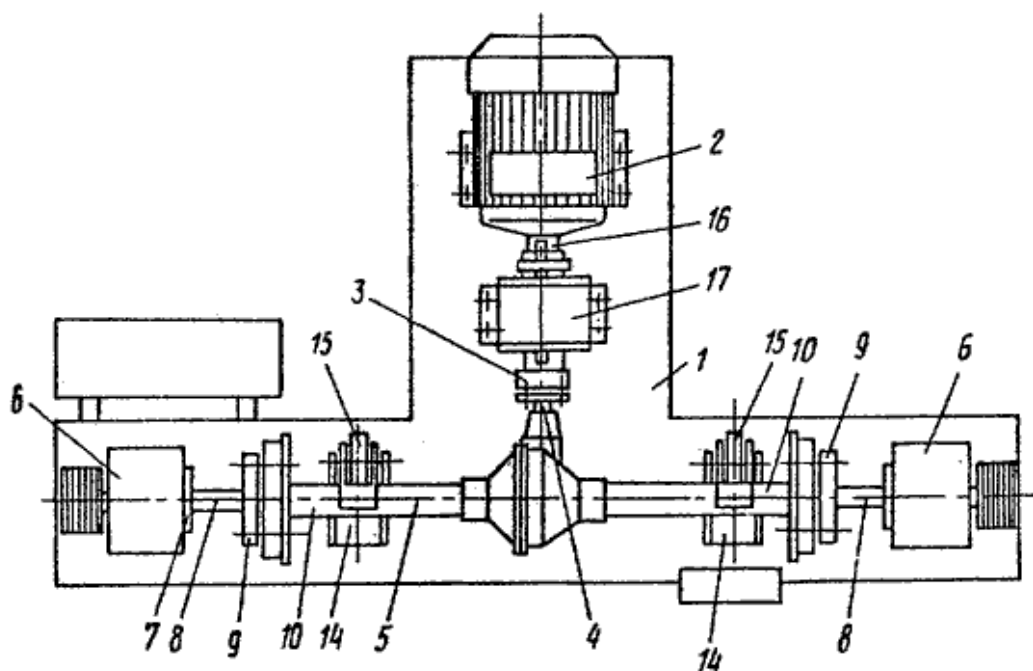


Рисунок 20 – Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств “КиАРЗ-6/2”:

1 – плита; 2 – приводной двигатель; 3, 9 – муфта; 4 – входной вал; 5 – испытываемый ведущий мост; 6, 17 – опоры; 7 – полый шпиндель; 8 – выдвигной вал; 10 – полуось; 14 – стойки; 15 – гидрозажим; 16 – вал

Стенд работает следующим образом:

Для проведения испытаний ведущий мост 5 (см. рисунок 20) закрепляется на стойках 14 с помощью гидрозажимов 15. Муфты 9 выдвигных валов 8 устанавливаются на шпильки полуосей 10, благодаря чему полуоси 10 соединяются с нагрузателем.

Для соединения вала 16 приводного двигателя 2 с входным валом 4 ведущего моста 5 выдвигной вал 21 по направляющим шпонкам 20 выдвигается наружу из полого шпинделя 19 в сторону входного вала 4, одновременно проворачиваясь до совпадения отверстий резиновых втулок 26 с отверстиями фланца 27 входного вала 4. Поворот выдвигного вала 21 (рисунок 21, 23) в центральной опоре 17 может происходить в пределах ширины продольных пазов 23 до упора кулачков 24 в боковые стенки продольных пазов 23. В крайнем выдвинутом рабочем положении выдвигного вала 21 кулачки 24 упираются в торцовые стенки продольных пазов 23, при этом срабатывают защелки 29, автоматически фиксируя выдвигной вал 21 с муфтой 3 от самопроизвольного продольного перемещения. В этом положении муфта 3 соединяется с фланцем 27 с помощью пальцев 25. При включении приводного двигателя 2 узлы ведущего моста 5 нагружаются крутящим моментом, определяемым сопротивлением нагрузателя, который передается от

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

31







После зажатия моста за кожухи полуосей двумя пневмозажимами шлицевый вал 18 перемещается к тормозному барабану 30 испытуемого моста. При этом шпильки 31 крепления колеса входят в отверстия фланца 20. В таком положении шлицевый вал фиксируется во избежание продольных перемещений упором 32 и винтом 33.

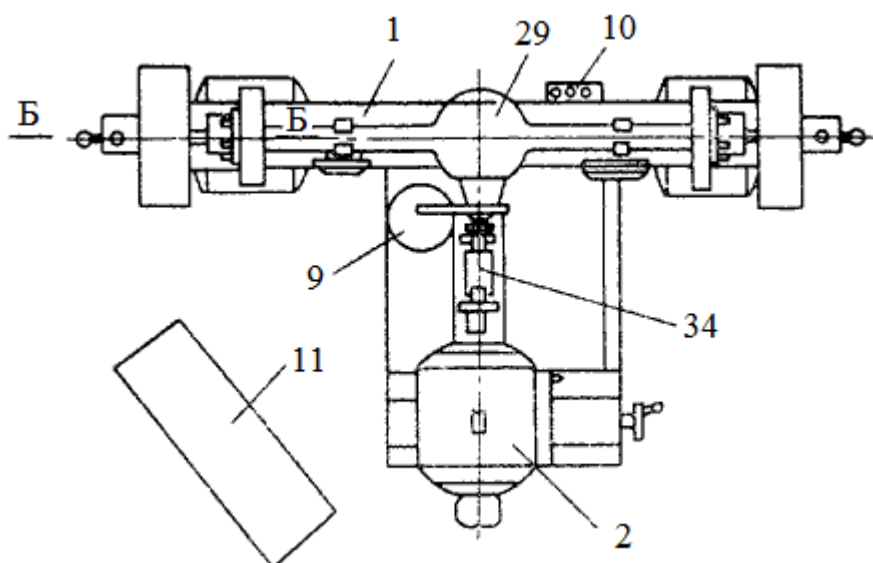


Рисунок 24 – Вид сверху

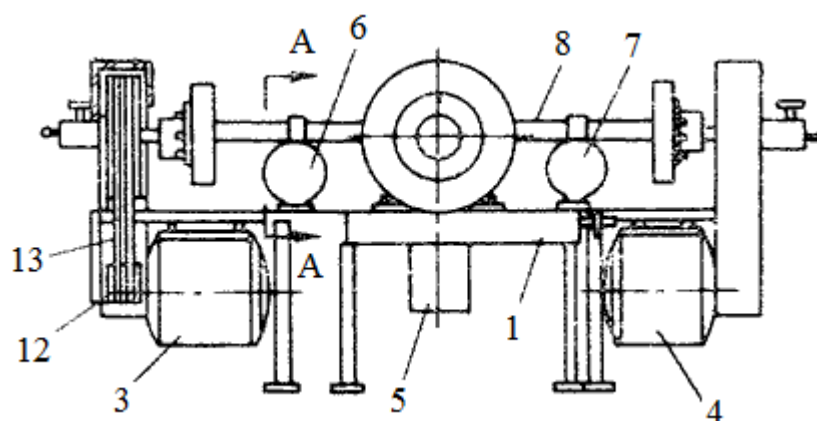


Рисунок 25 – Вид сзади

После того как фланцы 20 будут надеты на шпильки 31 (с обеих сторон) пневмозажимом 9 зажимается картер главной передачи моста. Принцип действия этого пневмозажима аналогичен принципу действия пневмозажима кожуха полуоси. Конструкция пневмозажимов обеспечивает проверку балансировки тормозных барабанов 30 испытуемого ведущего моста.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

34

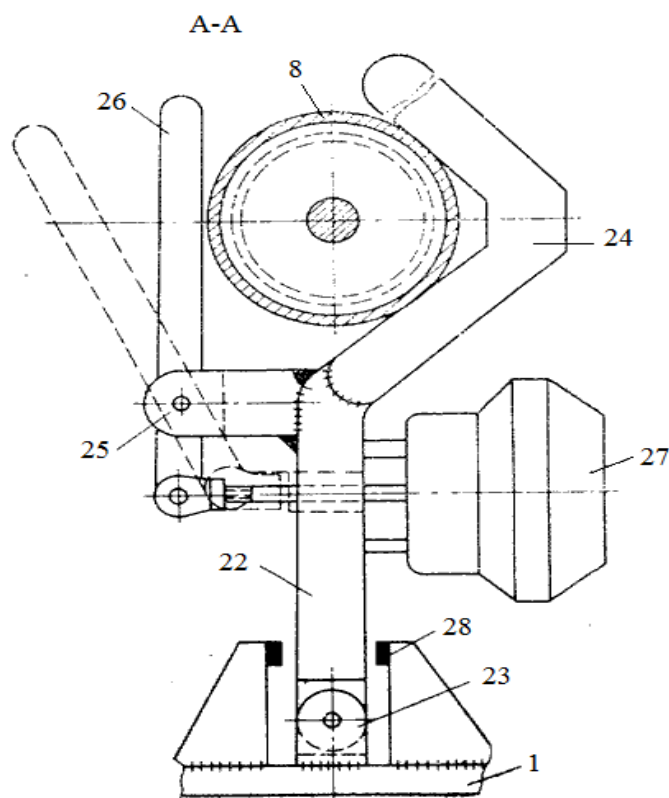


Рисунок 26 – Разрез А-А на рисунке 24

Проверка балансировки производится следующим образом:

При испытании ведущего моста без нагрузки (фланцы 20 сняты со шпилек 31 (см. рисунок 26)) за счет перемещения в шарнире 23 мост с несбалансированным барабаном будет колебаться в горизонтальной плоскости. Эти колебания резко усиливаются при затормаживании противоположного барабана. Амплитуда колебаний замеряется обычным прибором для замера вибрации. При правильной балансировке тормозных барабанов колебаний нет.

Для соединения ведущего моста с приводным электродвигателем 2 применен короткий карданный вал 34 (см. рисунок 24).

Чтобы исключить возможность получения травм, все электродвигатели стенда работают только при определенном давлении в приводных устройствах. Цепь управления магнитных пускателей всех электродвигателей разрывается электроконтактным манометром (на рисунке не показан), подключенным к воздушной системе приводных устройств, при падении давления ниже заданного. [8]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

35

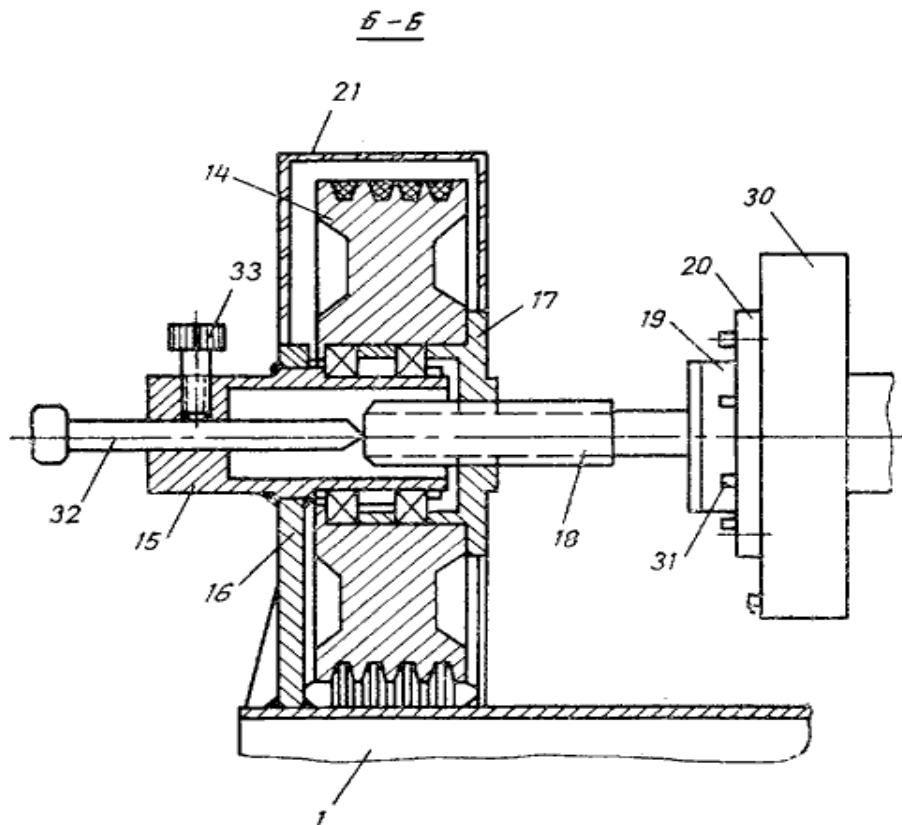


Рисунок 27 – Разрез Б-Б на рисунке 25

#### Выводы по разделу два

В разделе рассмотрены существующие конструкции стендов для обкатки и испытания мостов автомобилей. Они отличаются как по сложности самой конструкции стенда, так и по габаритным размерам, надежности, универсальности, автоматизации процесса обкатки, испытаний и т.д. Такое разнообразие испытательных стендов позволяет подобрать более подходящий для работы стенд в каждом конкретном случае. В нашем случае разработан собственный испытательный стенд.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

36

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Особенности испытаний мостов

После сборки мосты подвергаются испытаниям на стенде, позволяющим проверить мост без нагрузки и под нагрузкой. Как и при испытании коробок передач, здесь могут применяться различные типы тормозных устройств. На рисунке показан универсальный стенд для испытания ведущих мостов, на примере моста УРАЛ-4320. Нагружение испытываемого моста тормозным усилием осуществляется с помощью пневмопривода. Закрепление испытываемого моста на стенде производится с помощью стремянок. Ведущий мост обкатывается на стенде без нагрузки при частоте вращения 1200-1500 об/мин передним и задним ходом в течение одной минуты. И при частоте вращения 2400-2600 об/мин передним ходом 3 минуты. В процессе испытания необходимо проверить работу главной передачи, подшипников, колесных редукторов. При работе главной передачи, дифференциала и колесных редукторов не должно быть шума, стуков, рывков как при испытании под нагрузкой, так и в свободном состоянии. Вращение ступиц должно быть плавным и бесшумным.

#### 3.2 Устройство проектируемого стенда

Проектируемый стенд для испытания мостов военной автомобильной техники представлен на рисунке 28.

Основными частями стенда являются:

- 1) Рама.
- 2) Тележка.
- 3) Асинхронный электродвигатель (АИР). [41]
- 4) Ременная передача.
- 5) Подшипниковые опоры. [42]
- 6) Карданная передача. [43]
- 7) Пневмораспределитель с ручным управлением.
- 8) Испытываемый мост.
- 9) Приборная стойка.
- 10) Воздушный компрессор. [44]
- 11) Частотный преобразователь. [45]
- 12) Набор переходников для соединения карданной передачи с выходным фланцем испытываемого моста.
- 13) Датчик оборотов вращения выходного вала. [46]
- 14) Датчик температуры. [47]
- 15) Маслораздатчик пневматический. [18]

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

16) Присоединительные штуцера. [48]

17) Трубки воздушной системы.

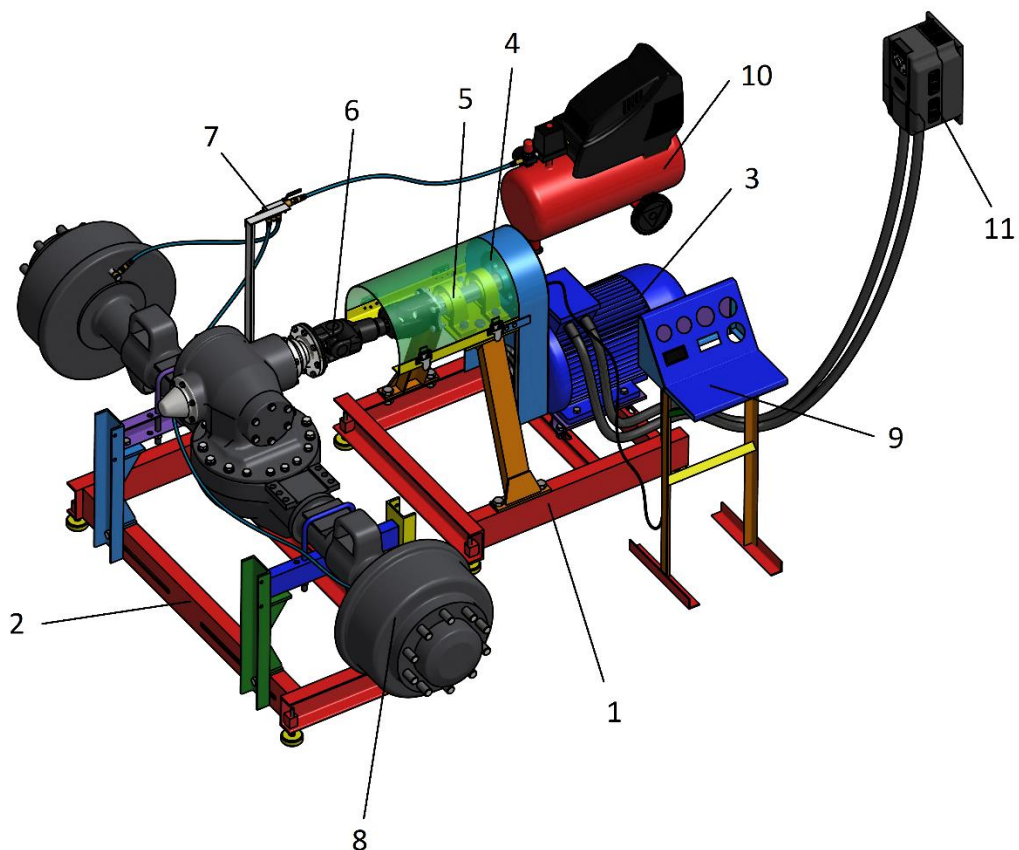


Рисунок 28 – Проектируемый стенд

Принцип работы стенда:

На раму 1 (см. рисунок 28) устанавливается площадка, на которую крепится электродвигатель. Запуск электродвигателя происходит от частотного преобразователя 11. Момент от АИР через ременную передачу 4 передается на промежуточный вал, который закреплен в двух подшипниковых опорах. Далее на фланце вала, с помощью болтов, фиксируется карданный вал 6. Свободный фланец кардана через специальный переходник фиксируется на выходном фланце испытываемого моста. Испытываемый мост с помощью стремянок фиксируется на тележке 2. Момент от кардана передается на главную передачу, далее на каждую из двух полуосей моста.

От компрессора к распределителю отходит воздушный трубопровод, который присоединяется с помощью быстросъемного фитинга. В свою очередь от распределителя на каждую из сторон испытываемого моста проведены трубки, которые фиксируются с помощью пустотелого болта, серьги и быстросъемного фитинга. Применение быстросъемного соединения позволяет сократить время присоединения (отсоединения) рабочего пневмопривода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

38

### 3.2.1 Асинхронный двигатель

В проектируемом стенде применим общепромышленный асинхронный электродвигатель АИР 160S2, характеристики которого указаны на рисунке 29, габаритно-присоединительные размеры на рисунках 30, 31.

Электро-двигатель	Мощность	Об/мин.*	Ток при 380В, А*	КПД, %*	Коэф. мощн.*	Ип/Ин	Мп/Мн	Мmax/Мн	Момент инерции, кгм2*	Масса, кг*
АИР160S2	15 кВт	2930	30	88,0	0,86	7,5	2,1	3,0	0,0500	116
АИР160S4	15 кВт	1450	30	89,0	0,85	7,5	2,2	2,3	0,0600	120
АИР160S6	11 кВт	970	24,5	87,5	0,78	6,5	2,0	2,1	0,0700	125
АИР160S8	7,5 кВт	720	18	85,0	0,73	6,0	1,9	2,0	0,0800	125

Рисунок 29 – Технические характеристики электродвигателей

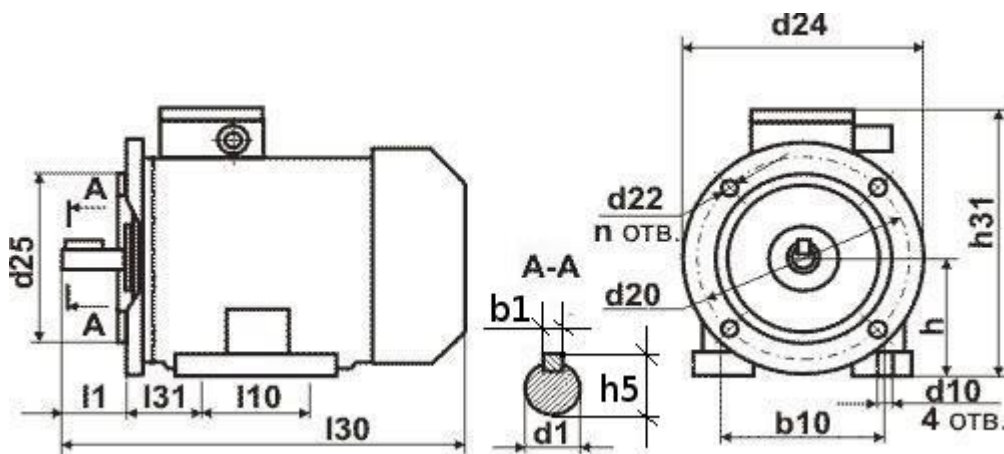


Рисунок 30 – Размеры асинхронного двигателя

Тип	l <sub>30</sub> *	h <sub>31</sub> *	d <sub>24</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>31</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>10</sub>	d <sub>20</sub>	d <sub>22</sub>	d <sub>25</sub>	b <sub>10</sub>	n	h	l <sub>21</sub> *	l <sub>20</sub> *	h <sub>10</sub> *	h <sub>5</sub>	b <sub>1</sub>
АИР 160 S2	625	435	350	110	178	108	42	15	300	19	250	254	4	160	15	5	20	45	12
АИР 160 S4,6,8							48											51,5	14

Рисунок 31 – Габаритно-присоединительные размеры двигателей

Основные достоинства асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором:

- 1) Очень простое устройство, что позволяет сократить затраты на его изготовление.
- 2) Цена намного меньше по сравнению с другими двигателями.
- 3) Очень простая схема запуска.
- 4) Скорость вращения вала практически не меняется с увеличением нагрузки.

- 5) Хорошо переносит кратковременные перегрузки.
- 6) Возможность подключения трёхфазных двигателей в однофазную сеть.
- 7) Надёжность и возможность эксплуатировать практически в любых условиях.
- 8) Имеет очень высокий показатель КПД и  $\cos \varphi$ .

### 3.2.2 Частотный преобразователь

В разрабатываемой конструкции стенда применим частотный преобразователь ADV 15.0 M420-M (рисунок 33), основные характеристики которого указаны на рисунке 32.

Рисунок 32 – Технические характеристики частотного преобразователя



Рисунок 33 – Частотный преобразователь

Частотный преобразователь выбирают исходя из мощности электродвигателя: выбирают с такой же мощностью, либо на ступень выше (если предполагается работа электродвигателя при высоких нагрузках).

Ротор любого электродвигателя приводится в движение под действием сил, вызванных вращающимся электромагнитным полем внутри обмотки статора. Скорость его оборотов обычно определяется промышленной частотой электрической сети.

Если изменять величину частоты сети, приложенной к статору, то можно регулировать скорость вращения ротора и подключенного к нему привода. Этот принцип заложен в основу управления электродвигателями с помощью частотного преобразователя.

По конструкции частотные преобразователи бывают:

- индукционного типа;
- электронные.

Асинхронные электродвигатели, выполненные по схеме с фазным ротором и запущенные в режим генератора, являются представителями первого вида. Они при работе обладают низким КПД и отмечаются маленькой эффективностью. Поэтому они не нашли широкого применения в производстве и используются крайне редко.

Способ электронного преобразования частоты позволяет плавно регулировать обороты как асинхронных, так и синхронных машин. При этом может быть реализован один из двух принципов управления:

- по заранее заданной характеристике зависимости скорости вращения от частоты ( $V/f$ );
- метод векторного управления.

Первый способ является наиболее простым и менее совершенным, а второй используется для точного регулирования скоростей вращения ответственного промышленного оборудования. [49]

Частотные преобразователи создаются для работы с однофазными или трехфазными сетями.



Рисунок 34 – Варианты подключения частотного преобразователя

Трехфазные модели рассчитываются на напряжение сети 380 вольт и выдают его на электродвигатель. Однофазные же инверторы питаются от 220 вольт и на выходе выдают три разнесенных по времени фазы.

Схема подключения частотного преобразователя к двигателю может быть выполнена по схемам (см. рисунок 34):

- звезды (рисунок 35);
- треугольника (рисунок 36).



Обмотки двигателя собираются в «звезду» для преобразователя, запитанного от трехфазной сети 380 вольт.

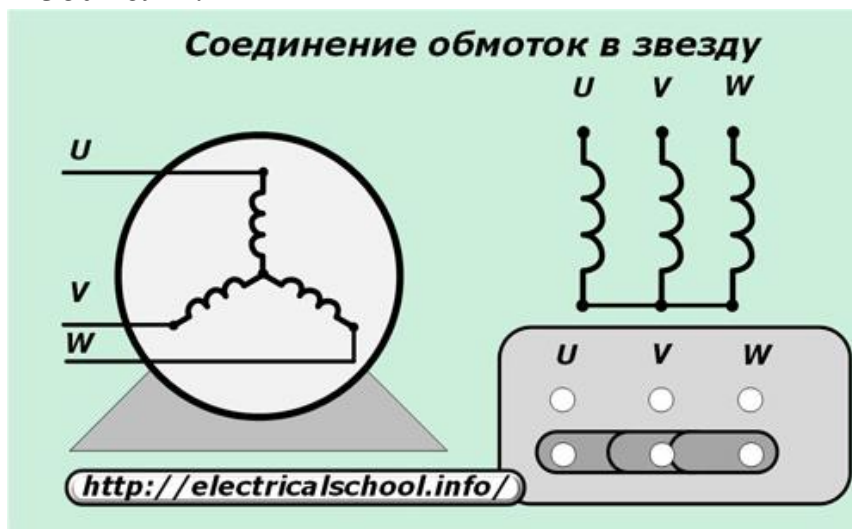


Рисунок 35 – Схема подключения «звезда»

По схеме «треугольник» собирают обмотки двигателя, когда питающий его преобразователь подключен к однофазной сети 220 вольт.

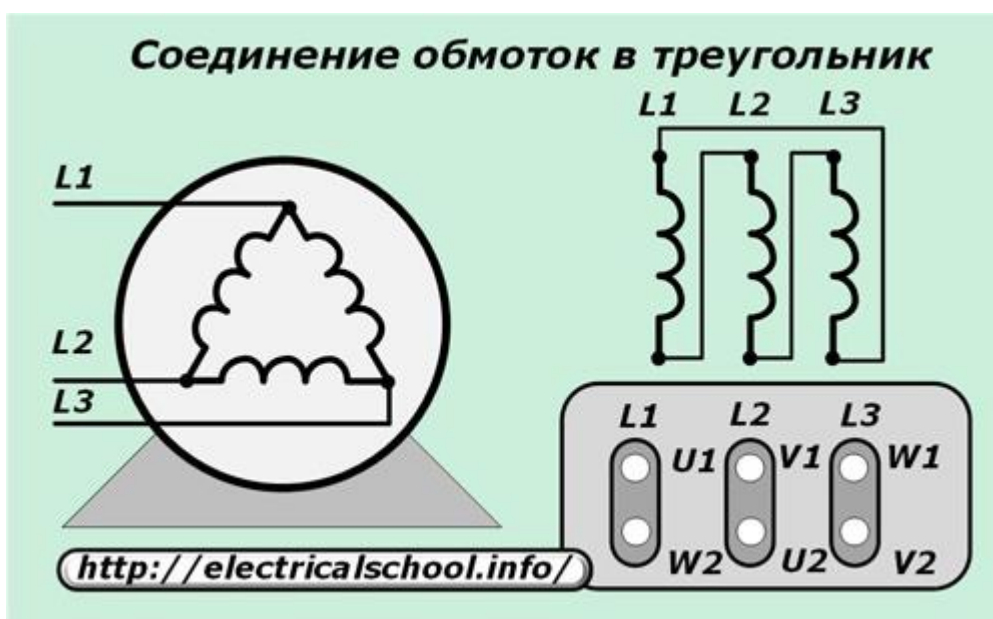


Рисунок 36 – Схема подключения «треугольник»

Т.к. в конструкции проектируемого стенда применяется электродвигатель питающийся от сети 380В, то частотный преобразователь подключаем по схеме «звезда». Таким образом, применение частотного преобразователя позволят регулировать частоту вращения выходного вала электродвигателя от 0 до 2930 об/мин.

### 3.2.3 Карданная передача

В проектируемом стенде применим карданный вал 54-2201010 (рисунок 37).

На рисунке 38 представлены основные технические характеристики карданного вала.

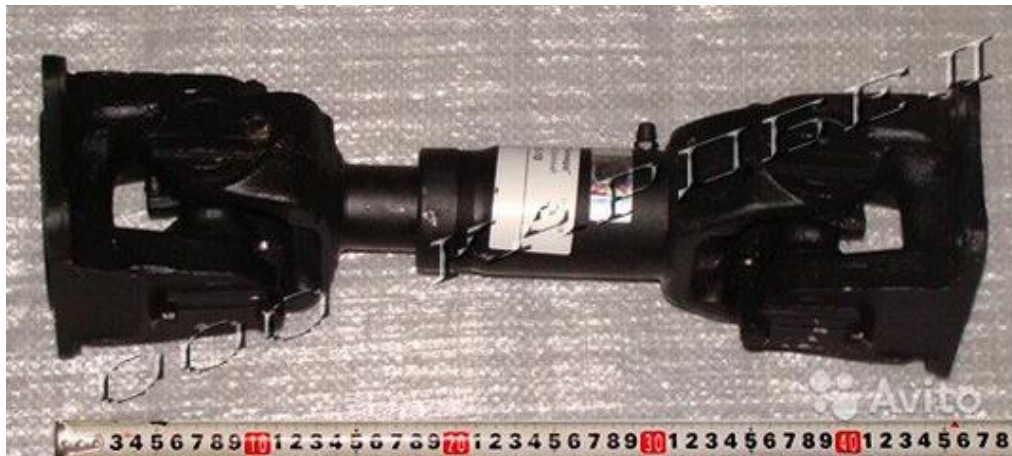


Рисунок 37 – Карданный вал

Рисунок 38 – Технические характеристики кардана

### 3.2.4 Подшипниковые опоры

В проектируемом стенде применим подшипниковые опоры УСР-211(рисунок 40).

УСР - Подшипник с корпусом в сборе. Подшипник типа УС и подшипниковый корпус типа Р – не разъемный, стационарный, фланцевый корпус с двумя отверстиями для крепежных болтов, выполненный из литого чугуна, снабжен ниппелем для проведения сервисных работ по замене смазки.

На рисунке 39 представлены основные технические характеристики подшипниковой опоры.

Внутренний диаметр - d (мм)	<b>55</b>
Наружный диаметр - D (мм)	<b>100</b>
Ширина - B (мм)	<b>55.6</b>
Динамическая нагрузка, kN	<b>43.4</b>
Статическая нагрузка, kN	<b>29.4</b>
Масса, kg	<b>3.6</b>
Высота - H (мм) от основания корпуса до центра подшипника	<b>63.5</b>
Длина корпуса - L (мм)	<b>219</b>
Ширина корпуса - A (мм)	<b>60</b>
Длина между осями посадочных отверстий - J (мм)	<b>171</b>

Рисунок 39 – Технические характеристики UCP-211



Рисунок 40 – Подшипник UCP-211

Применение двух подшипников позволяет надежно зафиксировать промежуточный вал в одном положении, а также распределить все действующие на него динамические нагрузки. Применение такой конструкции подшипников упрощает обслуживание самих подшипников.

### 3.2.5 Применяемые датчики

Применяемые датчики:

- электронный цифровой тахометр с датчиком Холла Digital-RPM (рисунок 41);
- датчик температуры с магнитным держателем OF4/E (рисунок 44).



Рисунок 41 – Тахометр

Цифровой тахометр используется для измерения скорости вращения, определения числа оборотов любых вращающихся устройств. Прибор обладает высокой надежностью и высокими показателями безопасности. Характеристики указаны на рисунке 42, а схема подключения на рисунке 43.

Рисунок 42 – Характеристики тахометра

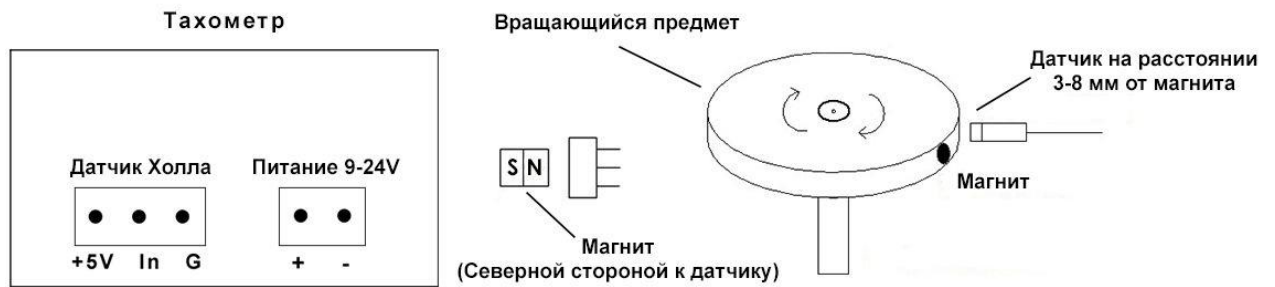


Рисунок 43 – Схема подключения тахометра



Рисунок 44 – Контактный датчик температуры

Контактный датчик температуры OF4/E идеально подходит для измерения температуры плоской металлической поверхности в диапазоне  $-40...+400^{\circ}\text{C}$ .

Датчик оснащен мощным магнитом для крепления к металлической поверхности. Измерительный элемент прижимается к контролируемой поверхности мощной пружиной. Применяемые в конструкции датчика мощный магнит и пружина делают его нечувствительным к вибрациям поверхности и дают стабильный измерительный сигнал.

Характеристики датчика температуры представлены на рисунке 45.

Рисунок 45 – Технические характеристики датчика температуры

### 3.3 Расчет тележки на прочность

Испытываемый мост устанавливается на тележку и крепится к плечу с помощью стремянок. Данное изделие выполняет ответственную роль и должно обладать достаточным запасом прочности, чтобы предотвратить неприятные последствия.

Расчет на прочность будем проводить методом конечных элементов. Расчет будет проводиться в программном продукте Autodesk Inventor Professional 2015 x64. Конечно–элементная модель (КЭМ) показана на рисунке 46. В КЭМ использованы объемные элементы. Материал тележки – Ст3сп, характеристики приведены в таблице 5. [51]

Фиксация тележки происходит в вертикальном положении по плоскости виброопор. Вес моста автомобиля Урал-4320 не достигает 10000 Н, однако, в расчете в качестве запаса примем вес моста равный 15000 Н. Нагрузку поровну приложим к местам крепления моста, то есть по 7500 Н на каждое плечо тележки. [40]

Таблица 5 – Характеристики материала

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел текучести, Па	Предел выносливости, Па
Ст3сп	7850	$235 \cdot 10^6$	$460 \cdot 10^6$

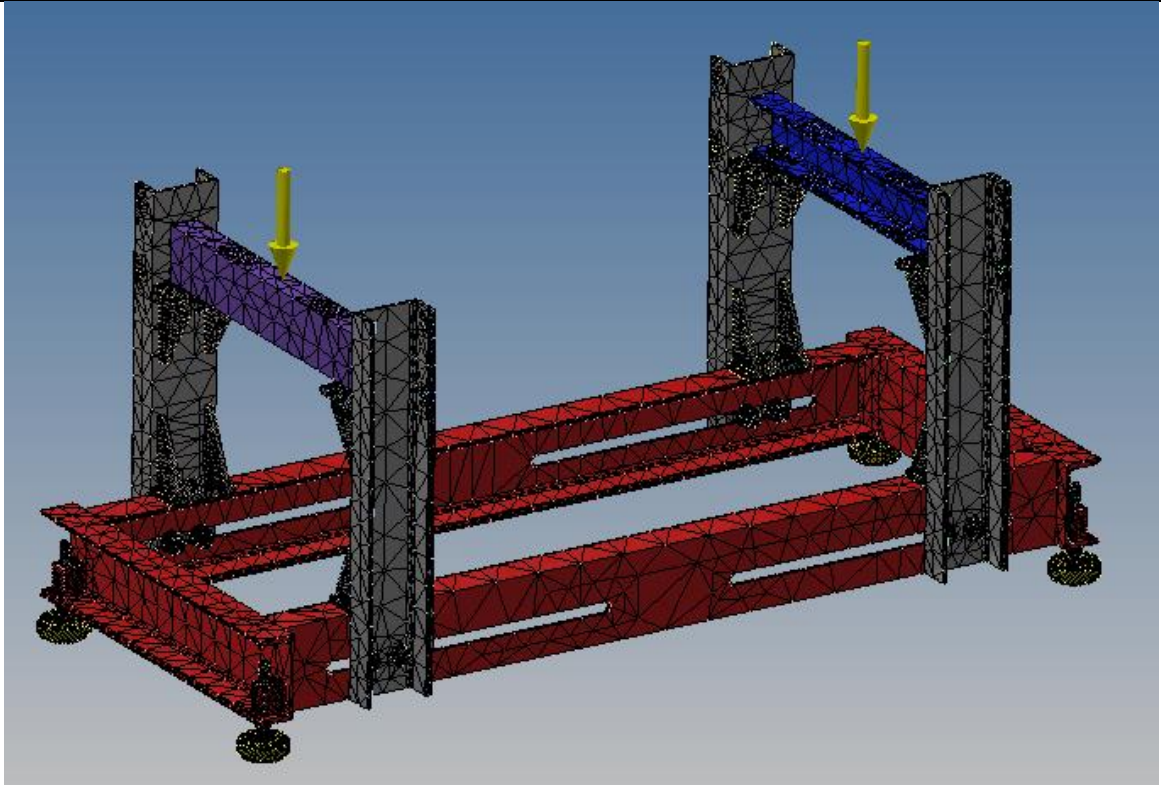


Рисунок 46 – КЭМ тележки

### 3.3.1 Результаты расчета

Результаты расчета представлены на рисунках 47-50.

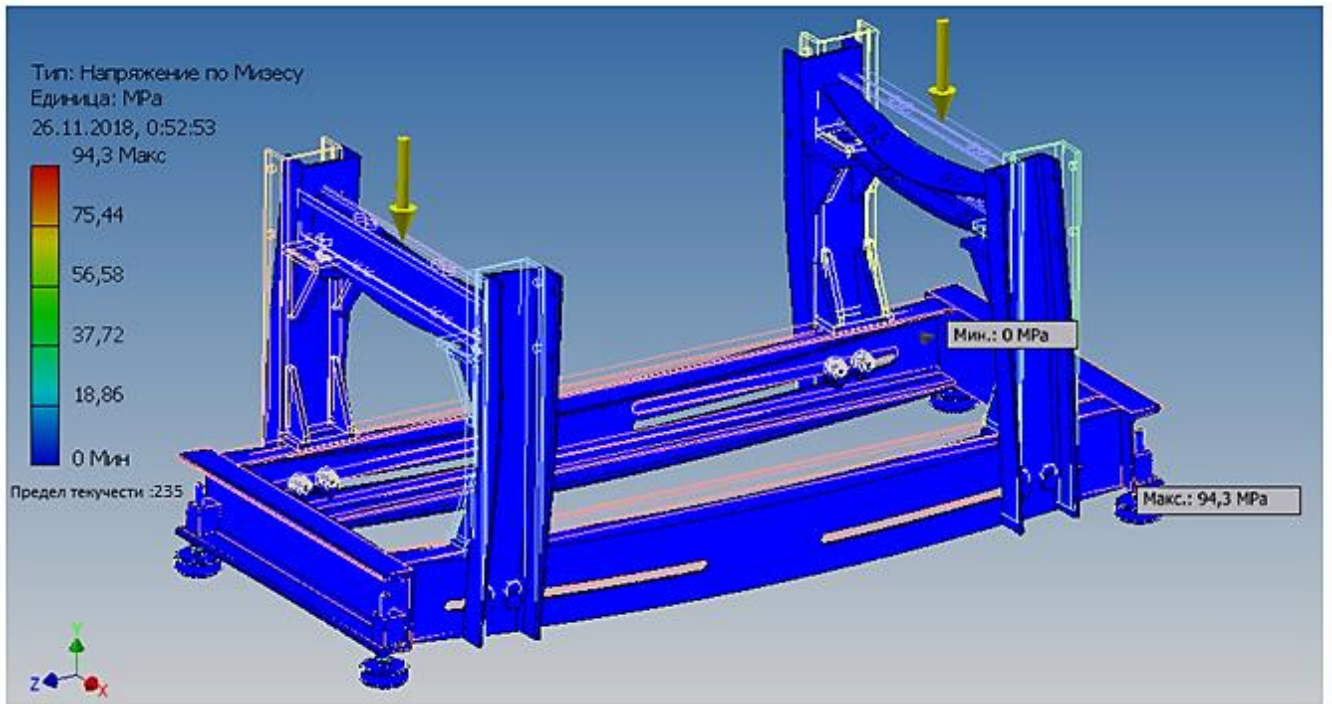


Рисунок 47 – Эпюра напряжений

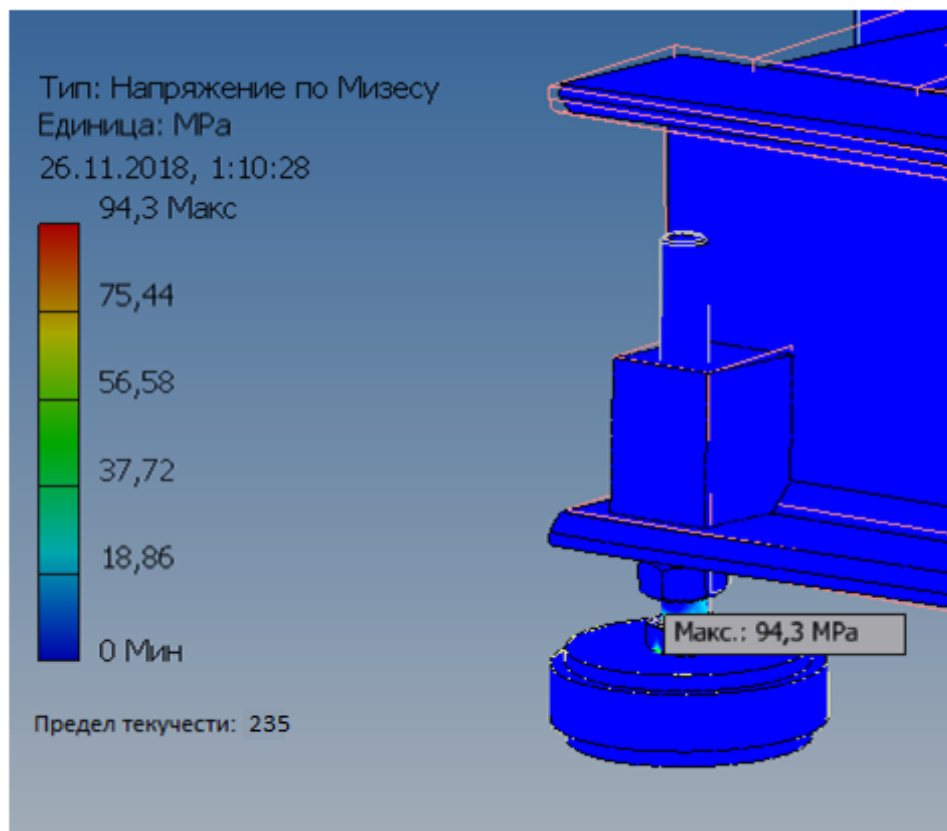


Рисунок 48 – Место возникновения наибольших напряжений

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

48

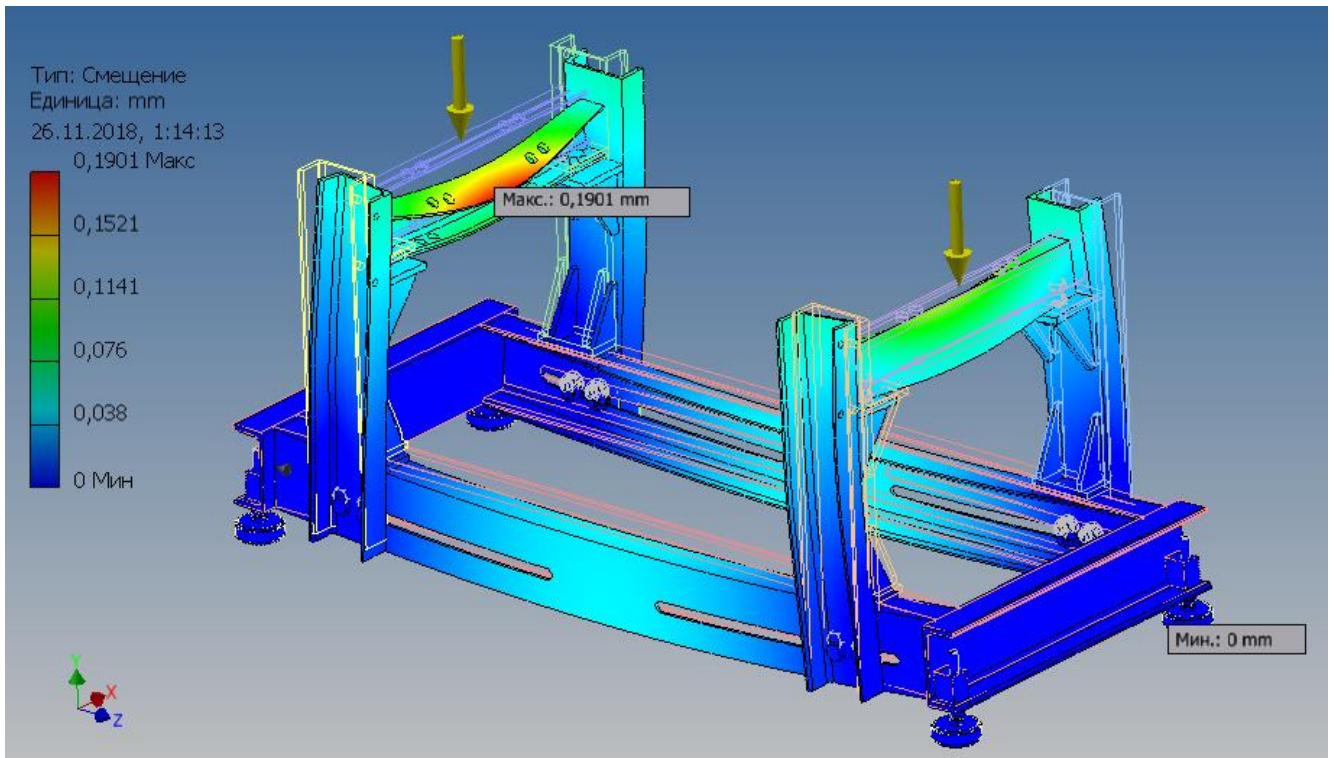


Рисунок 49 – Смещения от нагрузки

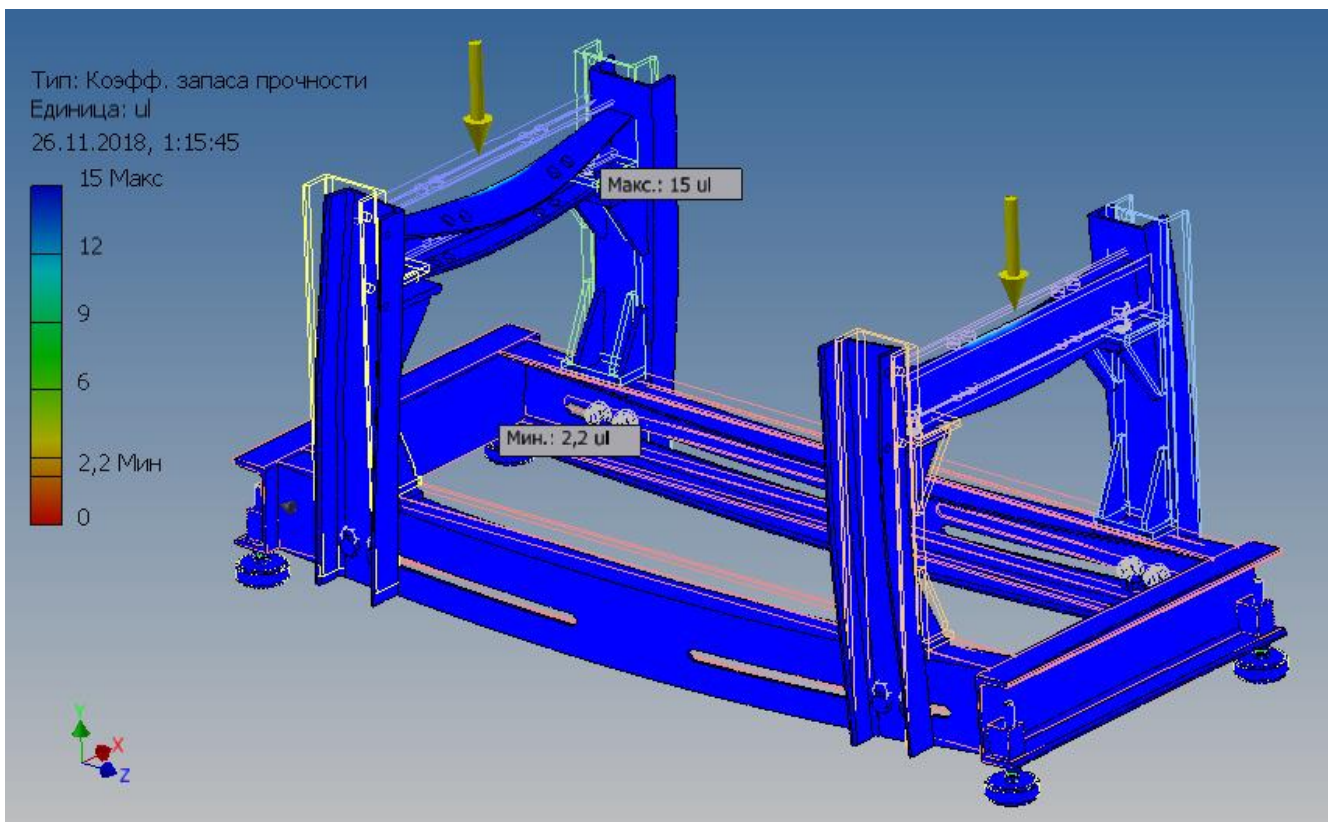


Рисунок 50 – Распределение запаса прочности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ



### 3.4 Расчет ременной передачи

Исходными данными для расчета открытой передачи является мощность электродвигателя 15 кВт. Параметр мощности взят из подобных стенов, если мощность электродвигателя принять больше, то это приведет к неоправданному перерасходу электроэнергии. Для подобных стенов 15 кВт является наиболее оптимальной мощностью. Синхронная частота вращения 3000 об/мин. Частота вращения ротора 2930 об/мин. Степень защиты IP54, типоразмер АИР160S2, исполнение IM1081.

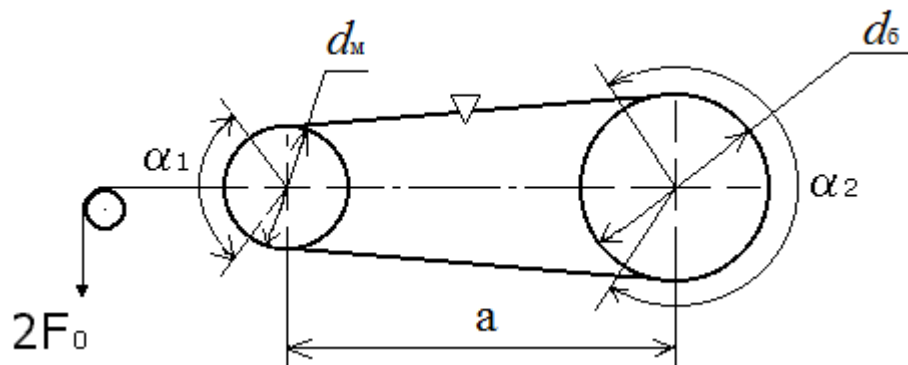


Рисунок 51 – Схема клиноременной передачи

#### 3.4.1 Выбор сечения ремня

В соответствии с исходными данными по ГОСТ 1284.3-89 выбираем клиновой ремень сечения В(Б) (рисунок 52,53,54). [11]

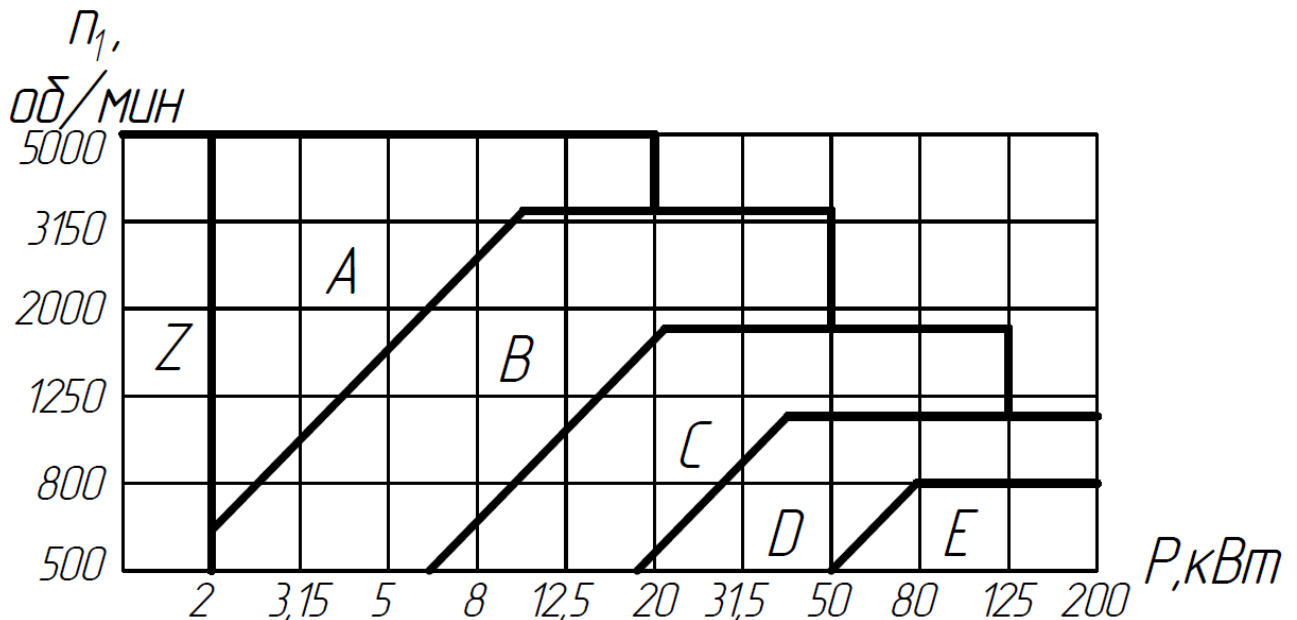


Рисунок 52 – Выбор сечения клинового ремня

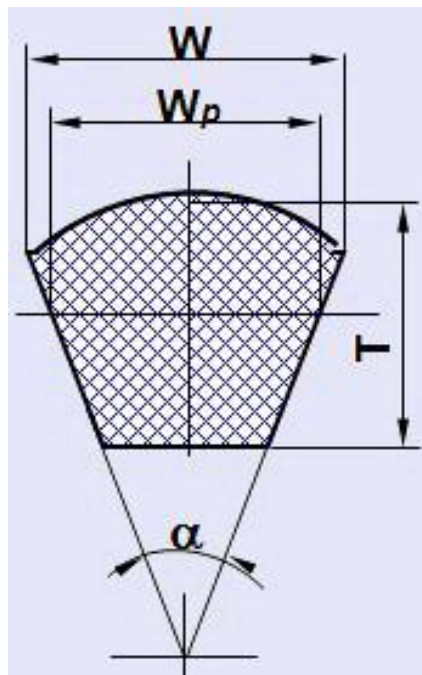


Рисунок 53 – Сечение клинового ремня

Обозначение сечения	W <sub>p</sub>		W справочный	T		α	
	Номин.	предельное отклонение		Номин.	предельное отклонение	Номин.	предельное отклонение
Z (0)	8,5	+ 0,4 - 0,3	10	6,00	+ 0,3 - 0,3	40°	± 1°
A	11,0	+ 0,6 - 0,4	13	8,00	+ 0,4 - 0,4		
B (Б)	14,0	+ 0,7 - 0,5	17	11 (10,5)	+ 0,5 - 0,5		
C (В)	19,0	+ 0,8 - 0,8	22	14 (13,5)	+ 0,5 - 0,5		
D (Г)	27,0	+ 0,9 - 0,6	32	20 (19,0)	+ 0,6 - 0,6		
E (Д)	32,0	+ 1,0 - 0,7	38 (40)	25 (23,5)	+ 0,7 - 0,7		
E0 (Е)	42,0	+ 1,0 - 0,8	50	30,0	+ 0,8 - 0,8		
40x20	35,0	+ 1,0 - 0,7	40	20,0	+ 0,7 - 0,7		

1. Для вновь проектируемых приводов ремни E0(Е) и 40x20 **не применять!**
2. Ремни с размерами в скобках изготавливались до 01.01.1995 г.
3. Предельные отклонения размеров сечений ремней приведены только для проектирования технологической оснастки и измерительных шкивов.

Рисунок 54 – Основные размеры сечений клиновых ремней

### 3.4.2 Определение диаметров шкивов клиноременной передачи

Минимально допустимый диаметр меньшего шкива в зависимости от вращающего момента на валу двигателя и выбранного сечения ремня равен 125 мм по ГОСТ 20889-88. [12]

Зададимся расчетным диаметром меньшего шкива. В целях повышения срока службы ремней рекомендуется применить шкив с диаметром в 1,5 раза больше допустимого. Выбираем из стандартного ряда диаметром,  $d_m = 180$  мм. Так как предварительное передаточное число 1,15, то выбираем диаметр большего шкива в 1,15 раз больше.

Найдем диаметр большего шкива с учетом скольжения ремня:

$$d_б = d_m U_{р.п} (1 - \varepsilon), \quad (1)$$

где  $d_б$  – диаметр большего шкива, мм;

$d_m$  – диаметр меньшего шкива, мм;

$U_{р.п}$  – передаточное отношение ременной передачи;

$\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$  – коэффициент учитывающий скольжение ремня, принимаем  $\varepsilon = 0,01$ , тогда:

$$d_б = 180 \cdot 1,15 \cdot (1 - 0,01) = 204,93 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_б = 200$  мм из стандартного ряда по ГОСТ 20889-88.

### 3.4.3 Уточняем передаточное отношение ременной передачи

$$U_{р.п} = \frac{d_б}{d_m (1 - \varepsilon)} = \frac{200}{180 \cdot (1 - 0,01)} = 1,122. \quad (2)$$

### 3.4.4 Определение межосевого расстояния

Ориентировочное межосевое расстояние определяется по формуле:

$$a_{ор} > 0,7(d_б + d_m), \quad (3)$$

где  $a_{ор}$  – ориентировочное межосевое расстояние, мм.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$a_{\text{оп}} > 0,7 \cdot (200 + 180) = 266 \text{ мм.}$$

Принимаем  $a_{\text{оп}} = 350$  мм.

### 3.4.5 Определение длины ремня

$$L = 2a_{\text{оп}} + \frac{\pi}{2}(d_{\text{б}} + d_{\text{м}}) + \frac{(d_{\text{б}} - d_{\text{м}})^2}{4a_{\text{оп}}}, \quad (4)$$

где  $L$  – длина ремня, мм.

$$L = 2 \cdot 350 + \frac{3,14}{2}(180 + 200) + \frac{(200 - 180)^2}{4 \cdot 350} = 1297,188 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее стандартное значение длины по ГОСТ 20889-88:

$$L_{\text{ГОСТ}} = 1400 \text{ мм.}$$

### 3.4.6 Уточнение межосевого расстояния

$$a = a_{\text{оп}} + \frac{L_{\text{ГОСТ}} - L}{2}, \quad (5)$$

где  $a$  – действительное межосевое расстояние, мм.

$$a = 350 + \frac{1400 - 1297,188}{2} = 401,406 \text{ мм.}$$

Принимаем  $a = 401$  мм.

Конструктивная длина паза для установки и регулировки натяжения ремня:

- 1) Уменьшение межосевого расстояния на  $0,01L_{\text{ГОСТ}} = 0,01 \cdot 1400 = 14$  мм – при надевании ремня на шкив.
- 2) Увеличение межосевого расстояния на  $0,025L_{\text{ГОСТ}} = 0,025 \cdot 1400 = 35$  мм – для натяжения ремня.

Длина паза  $L_{\text{паза}} = 14 + 35 = 49$  мм, принимаем  $L_{\text{паза}} = 50$  мм.

					23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

### 3.4.7 Угол обхвата ремнем меньшего шкива

Угол обхвата ремнем меньшего шкива определяется по формуле:

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \frac{d_6 - d_m}{a}, \quad (6)$$

где  $\alpha_1$  – угол обхвата ремнем меньшего шкива, °;

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \frac{200 - 180}{390} = 177,144^\circ.$$

Минимально допустимый угол обхвата для клиноременных передач  $[\alpha_1] = 120^\circ$ .

$$[\alpha_1] < \alpha_1 = 177,144^\circ.$$

Условие выполнено.

### 3.4.8 Линейная скорость ремня

Линейная скорость определяется по формуле:

$$V = \omega_1 \frac{d_m}{2}, \quad (7)$$

где  $V$  – линейная скорость ремня, м/с;

$\omega_1 = \frac{2\pi n_e}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2930}{60} = 306,829$  – угловая скорость вращения малого шкива, рад/с.

$$V = 306,829 \frac{0,18}{2} = 27,615 \text{ м/с.}$$

### 3.4.9 Число пробегов ремня

Число пробегов ремня определяется по формуле:

$$v = \frac{V}{L}, \quad (8)$$

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

где  $V$  – число пробегов ремня,  $c^{-1}$ .

$$v = \frac{27,615}{1,4} = 19,725 c^{-1}.$$

$$v = 19,725 c^{-1} < [v] = 30 c^{-1}.$$

Допустимое значение для клиноременных передач.

### 3.4.10 Необходимое число ремней

Необходимое число ремней определяется по формуле:

$$K \geq \frac{P_{\text{ном}} C_p}{P_o C_\alpha C_L C_K}, \quad (9)$$

где  $K$  – необходимое число ремней, шт;

$P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$C_p$  – коэффициент режима работы;

$P_o$  – мощность, передаваемая одним ремнем, кВт;

$C_\alpha$  – коэффициент угла обхвата;

$C_L$  – коэффициент, учитывающий длину ремня;

$C_K$  – коэффициент, учитывающий количество ремней в комплекте.

Для клинового ремня типа В(Б), длиной  $L_o = 2240$  мм, диаметром  $d_m = 180$  мм и  $n_e = 2900$  об/мин по таблице 14 [11; с.43] принимаем:

при  $U_{p.n} = 1,05$   $P_o = 8,49$  кВт;

при  $U_{p.n} = 1,2$   $P_o = 8,96$  кВт.

Для  $U_{p.n} = 1,122$  линейным интерполированием определяем:

$$P_o = 8,96 - \frac{8,96 - 8,49}{1,2 - 1,05} (1,2 - 1,122) = 8,733 \text{ кВт}. \quad (10)$$

Коэффициент угла обхвата  $C_\alpha$  по ГОСТ 1284.3 – 89, для  $\alpha = 177,06$ , определяем методом интерполирования:

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				

при  $\alpha = 170^\circ$ ,  $C_\alpha = 0,98$ ;

при  $\alpha = 180^\circ$ ,  $C_\alpha = 1,0$ ;

$$C_\alpha = 1 - \frac{1 - 0,98}{180 - 170} (180 - 177,144) = 0,9943. \quad (11)$$

Коэффициент режима работы  $C_p = 1$  для электродвигателя переменного тока общепромышленного назначения при среднем режиме работы и одной рабочей смене ремня по ГОСТ 1284.3 – 89 равен  $C_p = 1$ . [11; с.5]

Коэффициент, учитывающий длину ремня  $C_L$ , определяем по формуле:

$$C_L = 0,3 \frac{L_{\text{ГОСТ}}}{L_o} + 0,7 = 0,3 \frac{1400}{2240} + 0,7 = 0,8875. \quad (12)$$

Коэффициент, учитывающий количество ремней в комплекте по ГОСТ 1284.3 – 89 для 3 ремней  $C_K = 0,77 - 0,82$ , принимаем  $C_K = 0,8$ .

$$K \geq \frac{15 \cdot 1}{8,733 \cdot 0,9943 \cdot 0,8875 \cdot 0,8} = 2,433.$$

Принимаем  $K = 3$ .

### 3.4.11 Силы в ременной передаче

Силы в ременной передаче представлены на рисунке 55.

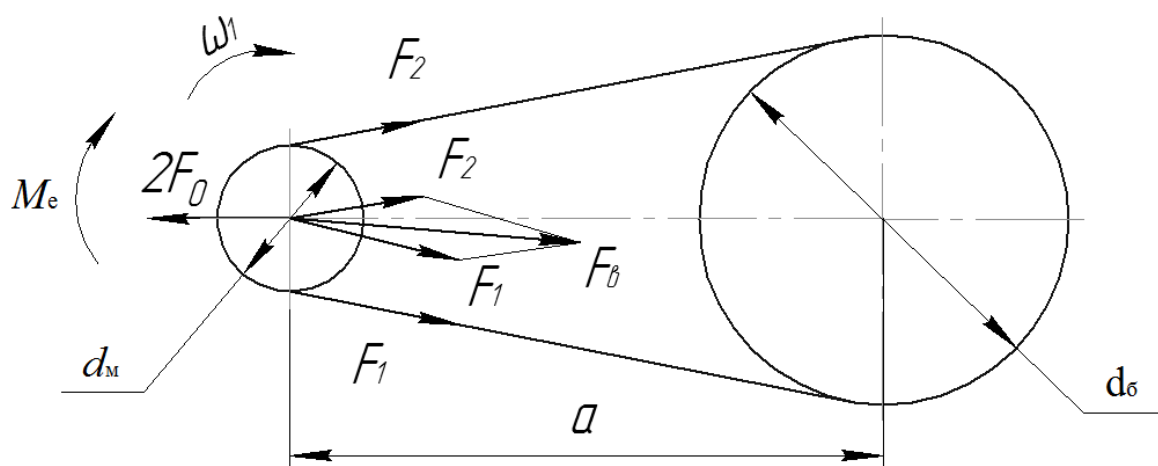


Рисунок 55 – Усилия в ременной передаче

Усилие предварительного натяжения определяется по формуле:

$$F_o = 500 \left( \frac{(2,5 - C_\alpha) P_{\text{НОМ}} \cdot C_p}{C_\alpha \cdot V \cdot K} \right) + m_n \cdot V^2, \quad (13)$$

где  $F_o$  – усилие предварительного натяжения ветви, Н;

$m_n$  – погонная масса ремня по ГОСТ 1284.1 – 89 [14] для сечения В(Б),

принимаяем  $m_n = 0,18$  кг/м.

$$F_o = 500 \left( \frac{(2,5 - 0,9943) \cdot 15 \cdot 1}{0,9943 \cdot 27,6146 \cdot 3} \right) + 0,18 \cdot 27,6146^2 = 274,36 \text{ Н.}$$

Окружное усилие определяется по формуле:

$$F_t = \frac{2M_e}{d_m}, \quad (14)$$

где  $F_t$  – окружное усилие в ременной передаче, Н;

$M_e$  – нагрузка на валу электродвигателя, Нм.

Нагрузка на валу электродвигателя определяется по формуле:

$$M_e = \frac{60 P_e}{2\pi n_e}, \quad (15)$$

$P_e$  – мощность электродвигателя, Вт.

$$M_e = \frac{60 \cdot 15000}{2 \cdot 2930 \cdot 3,14} = 48,887 \text{ Нм.}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 48,887}{0,18} = 543,191 \text{ Н.}$$

Усилие в набегающей ветви:

$$F_1 = F_o + \frac{F_t}{2K} = 274,36 + \frac{543,191}{2 \cdot 4} = 364,893 \text{ Н.} \quad (16)$$

					23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57



Усилие в отстающей ветви:

$$F_2 = F_o - \frac{F_t}{2K} = 274,36 - \frac{543,191}{2 \cdot 4} = 183,829 \text{Н.} \quad (17)$$

### 3.4.12 Нагрузка на валы и опоры

Определяется по формуле:

$$Q = 2F_o K \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 274,36 \cdot 3 \sin \frac{177,149}{2} = 1645,652 \text{Н.} \quad (18)$$

### 3.4.13 Максимальное напряжение в ремне

Максимальное напряжение в ремне определяется по формуле:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_{\text{из}} + \sigma_v \leq [\sigma_y] \quad (19)$$

где  $\sigma_1$  – напряжение в рабочей ветви, МПа;

$\sigma_{\text{из}}$  – напряжение от изгиба на малом шкиве, МПа;

$\sigma_v$  – напряжение от центробежных сил, МПа.

$$\sigma_1 = \sigma_o + \frac{F_t}{2KS} = \frac{F_1}{S} = \frac{364,893}{138} = 2,644 \text{ МПа,}$$

где  $S$  – площадь сечения ремня,

для ремня сечения В(Б) принимаем  $S = 138 \text{ мм}^2$ ;

$$\sigma_{\text{из}} = E \frac{h}{d_m}, \quad (20)$$

где  $E$  – модуль упругости для материала ремня,  
для кордошнурового ремня  $E = 80 \dots 100 \text{ МПа}$ ,  
принимаем  $E = 80 \text{ МПа}$ ;

$h$  – высота ремня, для сечения В(Б) принимаем  $h = 11 \text{ мм}$ .

$$\sigma_{\text{из}} = 80 \frac{11}{180} = 4,889 \text{ МПа.}$$

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$\sigma_v = \rho V^2 \cdot 10^{-6}, \quad (21)$$

где  $\rho$  – плотность прорезиненного ремня,  
принимаяем  $\rho = 1,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, тогда:

$$\sigma_v = 1,3 \cdot 10^3 \cdot 27,615^2 \cdot 10^{-6} = 0,991 \text{ МПа.}$$

В итоге:  $\sigma_{\max} = 2,644 + 4,889 + 0,991 = 8,524$  МПа.

### 3.4.14 Расчетная долговечность ремня

Определяется по формуле:

$$L_n = \left( \frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \right)^m \frac{4,7 \cdot 10^7 C_u C_H}{3600 \cdot v}, \quad (22)$$

где  $L_n$  – долговечность ремней, ч.

$\sigma_y = 9 \dots 10$  МПа – предел выносливости на растяжение,

принимаяем  $\sigma_{y \lim} = 9$  МПа ;

$m = 7 \dots 10$  – показатель степени кривой усталости для прорезиненных ремней,  
принимаяем  $m = 8$  ;

$4,7 \cdot 10^7$  – базовое число циклов нагружений для клиновых ремней;

$C_u$  – коэффициент, учитывающий влияние передаточного числа;

$C_H$  – коэффициент, учитывающий непостоянство нагрузки,

принимаяем для постоянной нагрузки  $C_H = 1$ .

u	1	2	4
$C_u$	1	1,7	1,9

Рисунок 56 – Коэффициент  $C_u$

Коэффициент, учитывающий влияние передаточного числа, исходя из табличных данных для  $U_{p.n} = 1,122$ , определяем методом интерполирования (рисунок 56):

$$C_u = 1,7 - \left( \frac{1,7 - 1}{2 - 1} \right) (2 - 1,122) = 1,0588. \quad (23)$$

$$L_h = \left( \frac{9}{8,524} \right)^8 \frac{4,7 \cdot 10^7 \cdot 1,0588 \cdot 1}{3600 \cdot 19,725} = 1082 \text{ ч.}$$

### 3.4.15 Конструирование шкивов

Для сечения ремня В(Б) размеры основных конструктивных элементов (рисунок 57, 58) шкивов принимаем по ГОСТ 20889-88 [12]:

$f = 12,5 \text{ мм}; e = 19 \text{ мм}; b = 4,2 \text{ мм}; h = 10,8 \text{ мм}; \alpha_1 = 36^\circ; \alpha_2 = 36^\circ;$

$W_p = 14 \text{ мм}; d_m = 180 \text{ мм}; d_\sigma = 200 \text{ мм.}$

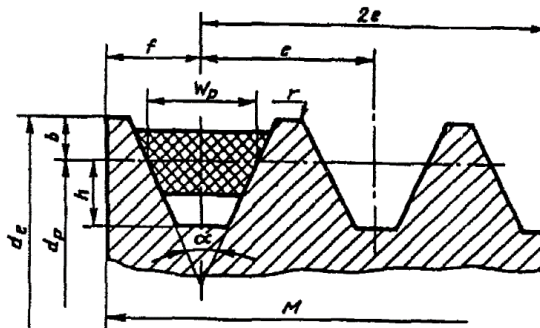


Рисунок 57 – Размеры шкива:

$f$  – расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива;

$W_p$  – расчетная ширина канавки шкива;  $b$  – глубина канавки над расчетной шириной;

$d_p$  – расчетный диаметр шкива;  $h$  – глубина канавки ниже расчетной ширины;  $e$  – расстояние между осями канавок;  $\alpha$  – угол канавки шкива;  $d_e$  – наружный диаметр шкива;  $r$  – радиус закругления верхней кромки;  $M$  – ширина шкива

Сечение ремня	$W_p$	$b_{\min}$	$h_{\min}$	$e$		$f$		$r$	$d_p$ для угла канавки $\alpha$			
				Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.		$34^\circ$	$36^\circ$	$38^\circ$	$40^\circ$
Z	8,5	2,5	7,0	12,0	$\pm 0,3$	8,0	$\pm 1,0$	0,5	50–71	80–100	112–160	$> 180$
A	11,0	3,3	8,7	15,0	$\pm 0,3$	10,0	$+2,0$ $-1,0$	1,0	75–112	125–160	180–400	$> 450$
B	14,0	4,2	10,8	19,0	$\pm 0,4$	12,5	$+2,0$ $-1,0$	1,0	125–160	180–224	250–500	$> 560$
C	19,0	5,7	14,3	25,5	$\pm 0,5$	17,0	$+2,0$ $-1,0$	1,5	–	200–315	355–630	$> 710$
D	27,0	8,1	19,9	37,0	$\pm 0,6$	24,0	$+3,0$ $-1,0$	2,0	–	315–450	500–900	$> 1000$
E	32,0	9,6	23,4	44,5	$\pm 0,7$	29,0	$+4,0$ $-1,0$	2,0	–	500–560	630–1120	$> 1250$
EO	42,0	12,5	30,5	58,0	$\pm 0,8$	38,0	$+5,0$ $-1,0$	2,5	–	–	800–1400	$> 1600$

Рисунок 58 – Основные размеры шкива

Ширину шкива вычисляют по формуле:

$$M = (K - 1)e + 2f = (3 - 1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 62 \text{ мм.} \quad (24)$$

Наружный диаметр шкива:

$$d_e = d_p + 2b, \quad (25)$$

Наружный диаметр малого шкива:

$$d_{me} = 180 + 2 \cdot 4,2 = 188,4 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр большего шкива:

$$d_{\text{оe}} = 200 + 2 \cdot 4,2 = 208,4 \text{ мм.}$$

Толщина обода стальных шкивов:

$$\delta_{\text{ст}} = 0,8\delta_{\text{чуг}}, \quad (26)$$

где  $\delta_{\text{чуг}} = (1,1 \dots 1,3)h$  – толщина обода чугунных шкивов,

принимаем:  $\delta_{\text{чуг}} = 1,2h = 1,2 \cdot 10,8 = 12,96 \text{ мм.} \quad (27)$

$\delta_{\text{ст}} = 0,8 \cdot 12,96 = 10,368 \text{ мм, принимаем } \delta_{\text{ст}} = 10 \text{ мм.}$

Толщина диска:

$$C = (1,2 \dots 1,3)\delta_{\text{ст}}, \quad (28)$$

Принимаем  $C = 1,3 \cdot 10 = 13 \text{ мм.}$

Рассчитаем диаметр ступицы шкива:

$$d_{\text{ст}} = 1,55d_{\text{в}}, \quad (29)$$

где  $d_{\text{в.э}} = 42 \text{ мм}$  – диаметр выходного вала электродвигателя, мм.

Диаметр вала под установку большего шкива ременной передачи примем в 1,122 раза больше диаметра вала электродвигателя, т.к. вращающий момент от двигателя передаваемый на больший шкив в 1,122 раза больше номинального момента электродвигателя.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$d_B = 1,122 \cdot d_{B.Э} = 1,122 \cdot 42 = 47,124 \text{ мм}, \quad (30)$$

где  $d_B$  – диаметр вала под установку большего шкива, мм.

Принимаем  $d_B = 48$  мм.

Диаметр ступицы малого шкива:

$$d_{ст.м} = 1,55 \cdot 42 = 65,1 \text{ мм}, \text{ принимаем } d_{ст.м} = 65 \text{ мм}.$$

Диаметр ступицы большего шкива:

$$d_{ст.б} = 1,55 \cdot 48 = 74,4 \text{ мм}, \text{ принимаем } d_{ст.б} = 75 \text{ мм}.$$

Длину ступицы малого шкива возьмем больше длины вала электродвигателя на 2 мм. Это делается для того, чтобы с помощью болта и пластины шкив находился в неподвижном, застопоренном состоянии.

Так как  $l_B = 110$  мм, то  $l_{ст.м} = 112$  мм.

Длину ступицы большего шкива примем равной ширине шкива:

$$l_{ст.б} = 82 \text{ мм}.$$

Проверочный расчет ременной передачи выполнен с помощью комплексной системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D V16. Результаты расчета соответствуют расчетам, выполненным без использования САПР. Они представлены на рисунке 59.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Наименование и обозначение параметра		Ведущий * <sup>1</sup> шків	Ведомый * <sup>2</sup> шків
<i>Исходные данные</i>			
Предварительное передаточное отношение	$u_0$	1,15	
Предварительное межцентровое расстояние, мм	$a_0$	400	
Частота вращения ведущего шкива, об/мин	$n_1$	2930	
Коэффициент динамичности нагрузки и режима работы	$k_f$	1	
Тип ремня	—	кордшнуровой	
<i>Определяемые параметры</i>			
Диаметр шкива, мм	$d_p$	180	200
Действительное передаточное отношение	$u$	1,122	
Действительное межцентровое расстояние, мм	$a$	401	
Обозначение ремня	—	В ГОСТ 1284.1-89	
Длина ремня, мм	$L$	1400	
Количество ремней	$z$	3	
Окружная скорость, м/с	$v$	27,615	27,338
Угол канавки шкива	$\alpha$	36°00'	36°00'
Наружный диаметр шкива, мм	$d_e$	188,4	208,4
Глубина канавок шкива, мм	$h+b$	15	15
Ширина канавки по наружному диаметру шкива, мм	$b_l$	16,729	16,729
Расстояние между осями канавок, мм	$e$	19	19
Расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива, мм	$f$	12,5	12,5
Ширина шкива, мм	$M$	63	63
Допускаемая мощность, кВт	$N$	32,266	
Допускаемое напряжение, МПа	$[\sigma_F]$	2,971	

Рисунок 59 – Проверочный расчет клиноременной передачи

### 3.5 Расчет нагрузок

Главная передача ведущего моста через ременную передачу приводится в движение асинхронным электродвигателем мощностью 15 кВт. Частота вращения ротора 2930 об/мин. Передаточное число главной передачи моста УРАЛ-4320  $U_{г.п} = 7,32$ , передаточное отношение ременной передачи  $U_{р.п} = 1,122$ . [50]

#### 3.5.1 Определение нагрузки на главную передачу

Нагрузка на главную передачу ведущего моста определяется по формуле:

$$M_{г.п} = M_e \cdot U_{г.п} \cdot U_{р.п} \cdot \mu_{р.п} \cdot \mu_{г.п}, \quad (31)$$

где  $M_{г.п}$  – нагрузка на главную передачу, Нм;  
 $\mu_{р.п} = 0,95$  – к.п.д ременной передачи;  
 $\mu_{р.п} = 0,97$  – к.п.д главной передачи.

$$M_{г.п} = 48,887 \cdot 7,32 \cdot 1,122 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 370,1 \text{ Нм.}$$

### 3.5.2 Определение нагрузки на каждой полуоси

Нагрузка на полуоси определяется по формуле:

$$M_T = M_{г.п}/2, \quad (32)$$

где  $M_T$  – нагрузка на одной из полуосей, Нм.

$$M_T = 370,1/2 = 185,05 \text{ Нм.}$$

### 3.5.3 Определение частоты вращения полуосей

Частота вращения полуосей определяется по формуле:

$$n_i = n_e / (U_{г.п} \cdot U_{р.п}), \quad (33)$$

$$n_i = 2970 / (7,32 \cdot 1,122) = 356,643 \text{ об/мин.}$$

### 3.5.4 Определение тормозного элемента

На испытываемом мосту колесные тормозные механизмы барабанного типа. Усилие необходимое для торможения составляет 0,65-0,8 МПа в рабочей пневмосистеме. Привод тормозной системы пневмогидравлический.

Выводы по разделу три

В данном разделе выпускной квалификационной работы произведен расчет тележки на статическую прочность с помощью применения ЭВМ. Результаты расчетов представлены на рисунках 47-50.

Следующим расчетом этого раздела послужил расчет ременной передачи. В ходе расчета были получены геометрические показатели ременной передачи, а также скоростные и тяговые характеристики. Был выполнен проверочный расчет с применением ЭВМ.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Механическая обработка представляет собой процесс превращения заготовки в деталь. Она является одним из наиболее сложных и ответственных этапов изготовления продукции в различных отраслях машиностроения.

Формообразующей обработкой деталей и изделий человечество занимается веками. Все это время совершенствование способов и средств обработки основывалось на постоянно накапливаемом практическом опыте, который обобщался и на этой основе вырабатывались рекомендации преимущественно рецептурного характера по совершенствованию технологии изготовления деталей и изделий в машиностроении. [15]

В соответствии ГОСТ 3.1109–82 [16] технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

Технологический процесс состоит из технологических операций.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологическая операция включает в себя основные части: технологический переход, вспомогательный переход, установ, позиция, базирование, закрепление, рабочий ход, вспомогательный ход, прием, наладка, подналадка.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Закрепление – приложение сил и пар сил к предмету труда для обеспечения постоянства его положения, достигнутого при базировании.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

					23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Прием – законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Подналадка – дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

#### 4.1 Описание детали и ее назначение

На рисунке 60 представлен общий вид опоры.

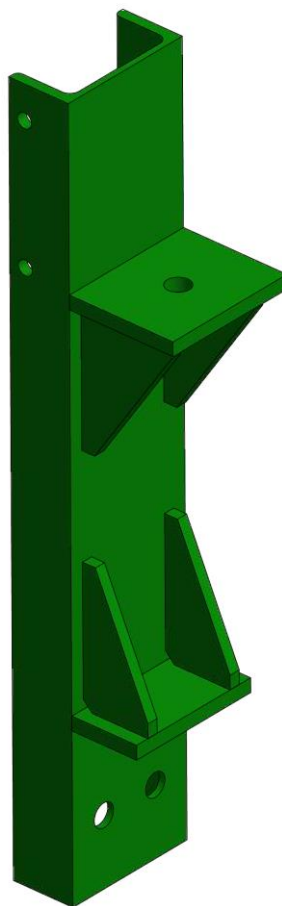


Рисунок 60 – Общий вид опоры

Проектируемая деталь изображена на рисунке 61.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

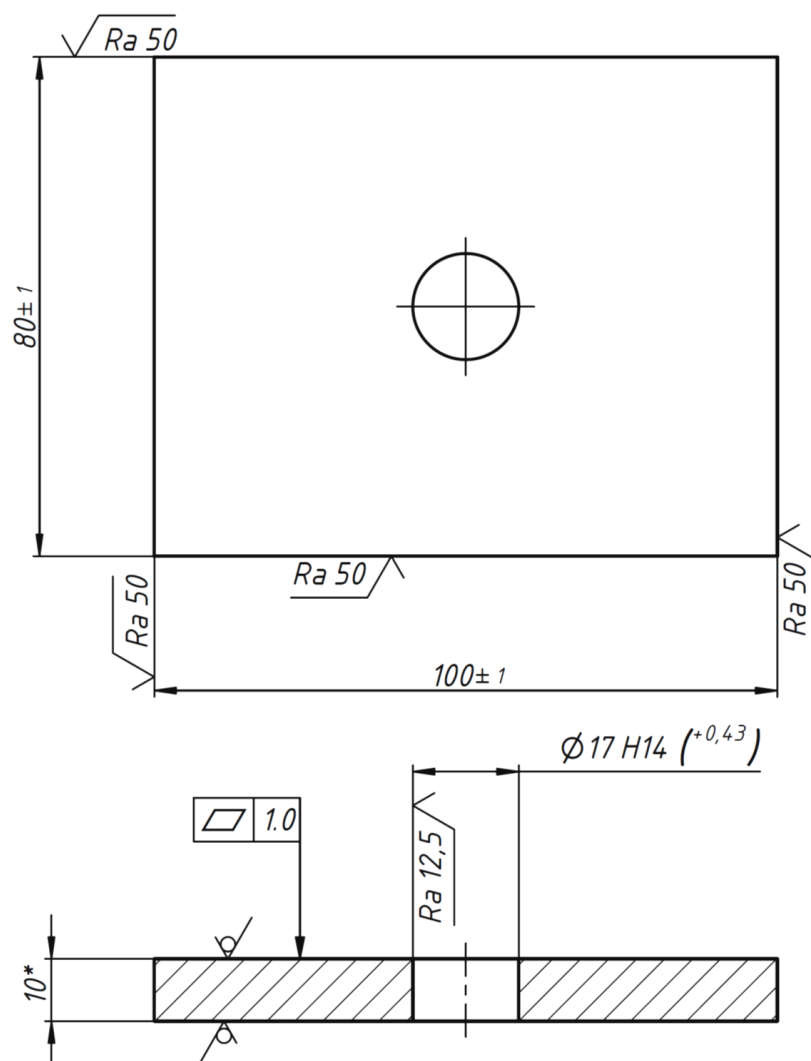


Рисунок 61 – Верхняя пластина

Данная пластина входит в сборку опоры, на которую устанавливается поперечная перекладина. Испытываемый мост автомобиля ложится на перекладину и зажимается с помощью стремянок. Деталь является важной частью опоры, т.к. воспринимает большую часть веса моста.

#### 4.2 Выбор вида заготовки

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента, и, в итоге, стоимость изготовления детали.

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				

В связи с небольшим объемом производства в качестве заготовки принимаем лист горячекатаный ГОСТ 19903–2015 [17]. Заготовки получаем путем резки листа на плазменной установке. Габаритные размеры листа подбирают с учетом припуска на обработку из стандартного ряда размеров согласно ГОСТ 19903–2015. Толщину листа принимаем равной 10 мм.

#### 4.3 Технологический маршрут изготовления детали «Пластина»

Конфигурация детали диктует следующий порядок обработки заготовки:

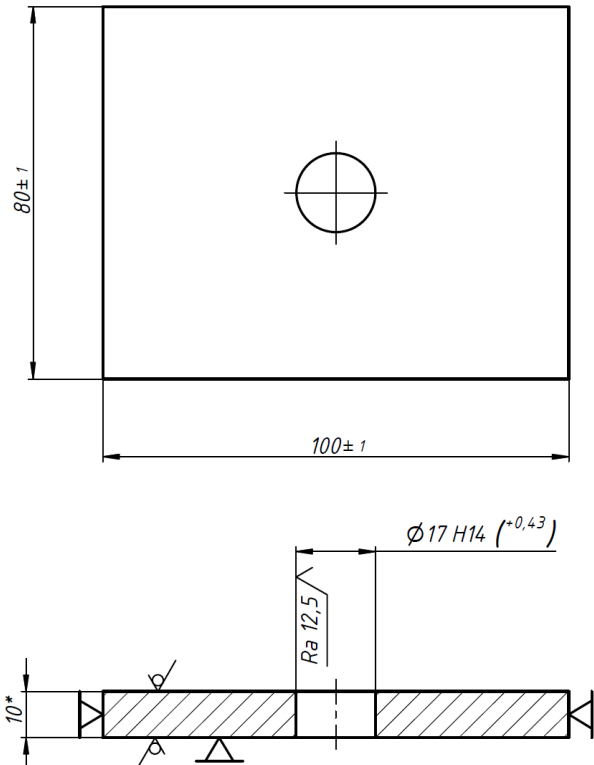
- 000 – заготовительная;
- 005 – сверлильная;
- 010 – технический контроль;

В таблице 6 представлен технологический процесс изготовления детали «Пластина».

Таблица 6 - Технологический процесс изготовления детали «Пластина»

Операция	Эскиз обработки детали	Инструмент
<p>000 – заготовительная (отрезная)</p>		<p>Станок плазменной резки листового металла CYBERCUT- 1530-XL [27]</p>

Окончание таблицы 6

<p>005 – сверлильная</p>		<p>Настольно- сверлильный станок 2М112 [21]</p>
<p>010 – Технический контроль</p>		<p>Стол ОТК Профилограф- профилометр HOMMEL TESTER T1000 [22]</p>

Расчет времени плазменной резки детали рассчитаем по формуле:

$$t_p = \frac{l_d}{V_c} + t_d, \quad (34)$$

где  $l_d$  - общая длина детали, принимаем  $l_d = 0,36$  м;

$V_c$  - скорость резания металла плазменным станком,

для листа толщиной 10 мм принимаем  $V_c = 1$  м/мин;

$t_d$  – время на установку заготовки на станке, принимаем  $t_d = 1,5$  мин.

$$t_p = \frac{0,36}{1} + 1,5 = 1,86 \text{ мин.}$$

#### 4.3.1 Обработка сверлением

Определим длину рабочего хода [24]:

$$l_{\text{рх}} = l_{\text{рез}} + y + l_{\text{доп}}, \quad (35)$$

где  $l_{\text{рез}}$  – толщина просверливаемого листа, принимаем  $l_{\text{рез}} = 10$  мм;

$l_{\text{доп}}$  – длина перехода сверла за деталь,

принимаем для сквозного отверстия  $l_{\text{доп}} = 2$  мм;

$y$  – длина подвода, мм.

$$y = \frac{D}{2} \operatorname{tg} \varphi, \quad (36)$$

Где  $D$  – диаметр сверла, принимаем  $D = 17,4$  мм;

$\varphi$  –  $1/2$  угла при вершине сверла,

Принимаем  $\varphi = 118 / 2 = 59^\circ$ .

$$y = \frac{17,4}{2} \operatorname{tg}(59) = 14,5 \text{ мм.}$$

$$l_{\text{рх}} = 10 + 14,5 + 2 = 26,5 \text{ мм.}$$

Назначим подачу:  $S_0 = 0,1$  мм/мин.

Выбираем по паспорту число оборотов шпинделя:  $n = 1400$  об/мин.

Определим основное машинное (технологическое) время обработки:

$$t_m = \frac{l_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n} = \frac{26,5}{1400 \cdot 0,1} = 0,19 \text{ мин.}$$

Время на установку детали на столе станка, установку инструмента в шпиндель, подвод инструмента к просверливаемой поверхности, запуск станка, выключение станка и снятие детали со стола принимаем равным  $t_y = 1,5$  мин.

Определим общее время операции сверление:

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$t_o = t_m + t_y = 1,5 + 0,19 = 1,69 \text{ мин.} \quad (37)$$

Таблица 7 – Общее время изготовления детали

Номер операции:	Операция:	Время, мин:
000	Заготовительная (отрезная)	1,86
005	Сверлильная	1,69
Общее время:		= 3,55

#### Выводы по разделу четыре

Представленный маршрутно-операционный технологический процесс обеспечивает выполнение всех требований конструкторской документации. За счет выбора оптимального технологического маршрута изготовления детали можно избежать затрат на лишние операции.

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Организационный раздел

Экономический раздел является одним из важнейших разделов выпускной квалификационной работы (ВКР). В нем проводится анализ целесообразности производства проектируемого изделия, с точки зрения экономической эффективности. В условиях рыночной экономики и конкурентной борьбы между производителями, в том числе и продукции военного назначения, необходимо учитывать рентабельность производства, единовременные и текущие затраты, экономический эффект, срок окупаемости капитальных вложений и т. д. Без учёта экономических параметров нельзя приступать к производству изделия, потому что оно может оказаться невыгодным для предприятия и привести к его разорению.

В последнее время роль экономического анализа постоянно повышается, так как в нашей стране установилась система рыночных отношений, и при выходе на мировой рынок нужно стремиться к тому, чтобы, не уступая в качестве изделие было дешевле в производстве и эксплуатации, нежели аналоги в других странах.

Планирование и управление различными комплексами работ предполагают использование моделей (графиков) проектов или разработок, достаточно полно отражающих в той или иной форме взаимосвязи и характеристики работ, которые предстоит выполнить. Традиционные методы планирования предполагают использование простейших моделей типа ленточных план-графиков Ганнта (рисунок 62), которые позволяют отразить календарные сроки начала и окончания каждого вида работы и длительность цикла выполнения всего комплекса работ. Ленточные графики составляют в пределах заданного, а не расчетного срока выполнения всего комплекса работ. На основании ленточного графика или сетевого графика бюро планирования составляет рабочие платы – графики работы подразделений предприятия. Руководители подразделений составляют задания исполнителям с указанием сроков начала и окончания работ. План-график Ганнта мы и будем использовать в качестве плана, чтобы обеспечить организованное и своевременное выполнение ВКР.

При расчете трудоемкости и длительности этапов научно-исследовательской опытно-конструкторской работы (НИОКР) могут быть приняты события и работы выпускной квалификационной работы. Расчет трудоемкости этапов НИОКР проводится на основе нормативной базы. Для расчета трудоемкости этапов НИОКР предлагаю воспользоваться методом экспертных оценок. [19]

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

№ п.п.	Этап работ	Исполнители		Продолжительность, раб. дней	Сроки					
		Категория	Кол-во		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	... 85-90
1	Введение	Инженер	1	5						
2	Назначение, классификация, требования, предъявляемые к мостам автомобилей	Инженер	1	10						
3	Анализ существующих конструкций стенов для обкати мостов	Руководитель темы Инженер	1 1	20						
4	Конструкторский раздел	Руководитель темы. Инженер	1 1	25						
5	Технологический раздел	Инженер	1	10						
6	Организационно-экономический раздел	Консультант по эконом. части Инженер	1 1	7						
7	Раздел БЖД	Консультант БЖД Инженер	1 1	7						
8	Заключение	Инженер.	1	5						

Рисунок 62 – План-график Гантта (ленточный) выполнения НИОКР

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

23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ

Лист

73



## 5.2 Экономический раздел

### 5.2.1 Описание конструкции

Проектируемый стенд предназначен для испытания мостов военной автомобильной техники. Стенд позволяет сократить время на выяснение причины неисправности, ее устранение и повторное испытание моста. Также стенд позволяет сократить численность персонала для обслуживания автомобильных мостов.

### 5.2.2 Оценка себестоимости проекта

Оценку себестоимости стенда для испытания мостов военной автомобильной техники осуществлять нормативным методом расчета затрат.

В действующих в настоящее время нормативных документах в области бухгалтерского учета и налогообложения используется понятие «расходы организации». Допускается применение терминов: «смета затрат» – применительно к сфере материального производства и «сметная стоимость темы» – применительно к научным организациям.

Укрупнено смету затрат на выполнение темы (сметную себестоимость)  $C_{см}$  можно представить, как сумму следующих типовых статей затрат.

Расчеты сведены в таблицу 8. [20]

Таблица 8 – Расчеты затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость руб.	Сумма руб.
Персональный компьютер	шт.	1	24000	24000
Бумага А4	пачка	1	270	270
Формат А1	шт.	20	30	600
Стол компьютерный	шт	1	2000	2000
Программное обеспечение КОМПАС 3D	количество лицензий	1	127000	127000
Программное обеспечение Autodesk Inventor 2015 Professional	количество лицензий	1	66916	66916
Транспортно-заготовительные расходы				8831
Итого:				229617

Затраты на транспортно-заготовительные расходы составляют 4% от суммы затрат на все материалы.

### 5.2.3 Основная заработная плата

Затраты по основной заработной плате (ОЗП) исполнителей проекта планируем с учетом продолжительности выполнения проекта и его отдельных этапов, степени занятости исполнителей (для некоторых категорий – трудоемкости работ), с использованием данных о нормах оплаты их труда. Расчет основной заработной платы проведем по отдельным работам (исполнителям).

К ОЗП относится оплата труда всего научно–производственного персонала, непосредственно принимавшего участие разработке темы. Для определения затрат по основной заработной плате используем данные по трудоемкости отдельных этапов. Для расчета основной заработной платы научных работников, инженерно-технических работников и служащих предварительно определяем их среднедневной заработок:

$$СЗП = \frac{L_o}{F} \quad (38)$$

где  $СЗП$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$L_o$  – оклад за месяц, руб.;

$F$  – месячный фонд времени (рабочие дни), принимаем  $F = 21,8$ .

Определим среднедневной заработок инженера:

$$СЗП = \frac{17000}{21,8} = 780 \text{ руб.}$$

Определим среднедневной заработок руководителя проекта:

$$СЗП = \frac{20000}{21,8} = 917 \text{ руб.}$$

Определим среднедневной заработок консультанта:

$$СЗП = \frac{20000}{21,8} = 917 \text{ руб.}$$

Тогда заработная плата за выполнение определенного этапа проекта определим по формуле:

$$ПЗП = СЗП \cdot t \quad (39)$$

где  $ПЗП$  – заработная плата за выполнение определенного этапа НИОКР;

$t$  – трудоемкость работы, чел./дни.

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				

Определим прямую заработную плату за выполнение определенного этапа проекта инженера:

$$ПЗП = 780 \cdot 89 = 69\,420 \text{ руб.}$$

Определим прямую заработную плату руководителя проекта:

$$ПЗП = 917 \cdot 45 = 41\,265 \text{ руб.}$$

Определим прямую заработную плату консультанта проекта:

$$ПЗП = 917 \cdot 7 = 6\,419 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы на разработку НИР складывается из фонда заработной платы по категориям сотрудников. В статью ОЗП включают прямую заработную плату и дополнительный районный коэффициент, который на Урале составляет 15%.

Затраты на ОЗП представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Оклад руб.	Трудоемкость чел. - дней	ПЗП руб.	Районный Коэффициент	ОЗП руб.
Инженер	17 000	89	69 420	10 413	79 833
Руководитель	20 000	45	41 265	6 189,75	47 454,75
Консультанты от кафедр (2 консультанта)	20 000	14	12 837	1 925,55	14 762,55
Сумма					142 050,3

#### 5.2.4 Дополнительная заработная плата

В эту статью затрат включается оплата отпусков, больничные, вознаграждения за выслугу лет и т.д. ДЗП составляет 10% от основной заработной платы:

$$ДЗП = 0,1 \cdot ОЗП \quad (40)$$

$$ДЗП = 0,1 \cdot 142050,3 = 14\,205 \text{ руб.}$$

### 5.2.5 Отчисления на социальное страхование

Статья расходов включает в себя отчисления, установленные государством. На 2018 год эти отчисления составляют 30% от суммы ОЗП и ДЗП:

$$ОСС = 0,3(ОЗП+ДЗП) \quad (41)$$

$$ОСС = 0,3(142050,3+14205) = 46\ 876,6 \text{ руб.}$$

### 5.2.6 Прочие прямые затраты

Данная статья расходов учитывает затраты на размножение технической документации и затраты на услуги транспорта, что составляет 3% от суммы затрат в предыдущих пунктах:

$$ППЗ=0,03(Материалы+ОЗП+ДЗП+ОСС) \quad (42)$$

$$ППЗ = 0,03(229617+142050,3+14205+46876,6) = 12\ 982,5 \text{ руб.}$$

### 5.2.7 Накладные расходы

Накладные расходы связаны с затратами на хозяйственное обслуживание и управление, составляет 5 % от затрат по предыдущим пунктам:

$$НР=0,05(Материалы+ОЗП+ДЗП+ОСС+ППЗ) \quad (43)$$

$$НР=0,05(229617+142050,3+14205+46876,6+12982,5) = 22\ 286,6 \text{ руб.}$$

Смета затрат на проведение НИОКР представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Смета затрат на проведение НИОКР

Наименование	Затраты, руб.
Материалы	229 617
Основная заработная плата	142 050,3
Дополнительная заработная плата	14 205
Отчисление в социальное страхование	46 876,6
Прочие прямые затраты	12 982,5
Накладные расходы	22 286,6
Сумма	468 018

### 5.3 Расчёт затрат на изготовление проектируемой детали

Затраты на изготовление стенда для испытания мостов складываются из затрат на изготовление его деталей, сборку, доводку, испытания. В выпускной квалификационной работе составлена калькуляция на изготовление пластины опоры, на которую имеется технологический процесс изготовления и рабочий чертёж.

Технологический процесс его изготовления представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Технологический процесс изготовления детали

№ п.п.	Наименование операции	$t_{шт.}$ мин.	Тариф, руб./ч
1	Заготовительная обработка	1,86	150
2	Сверлильная	1,69	100

Основные материалы:

- вес заготовки  $G_3 = 0,628$  кг;
- вес детали  $G_д = 0,61$  кг;
- цена за 1 кг материала (Лист 10 09Г2С [23])  $C_M = 28,4$  руб.;
- цена за 1 кг отходов  $C_{отх} = 15,3$  руб.

Стоимость материала на заготовку:

$$C_M = 0,628 \cdot 28,4 = 17,835 \text{ руб.} \quad (44)$$

Стоимость отходов:

$$C_{отх} = (0,628 - 0,61) \cdot 15,3 = 0,275 \text{ руб.} \quad (45)$$

Стоимость основных материалов:

$$З_M = C_M - C_{отх} = 17,835 - 0,275 = 17,56 \text{ руб.} \quad (46)$$

Транспортно-заготовительные расходы:

$$З_{Т-З} = 0,04 \cdot З_M = 0,04 \cdot 17,56 = 0,7 \text{ руб.} \quad (47)$$

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Основная заработная плата производственных рабочих, руб.

$$Z_{\Pi} = \sum_1^n \frac{t_{\text{шт}i} \cdot r_i}{60}, \quad (48)$$

где  $t_{\text{шт}i}$  – точное время на  $i$ -той операции, мин.;  
 $r_i$  – тарифная ставка на  $i$ -той операции, руб./ч.

$$Z_{\Pi} = \frac{1,86 \cdot 150 + 1,69 \cdot 100}{60} = 7,54 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата производится с учетом премий и районного коэффициента, руб.

$$Z_o = 1,4 \cdot Z_{\Pi} = 1,4 \cdot 7,54 = 10,56 \text{ руб.} \quad (49)$$

Дополнительная заработная плата, принимается 8% от основной.

$$Z_{\text{доп}} = 0,08 \cdot 10,56 = 0,85 \text{ руб.} \quad (50)$$

Отчисления на социальное страхование 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$Z_{\text{соц}} = 0,3 \cdot (Z_o + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (10,56 + 0,85) = 3,4 \text{ руб.} \quad (51)$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования составляют 210 % от основной заработной платы:

$$Z_{\text{об}} = 2,1 \cdot Z_o = 2,1 \cdot 10,56 = 22,18 \text{ руб.} \quad (52)$$

Цеховые расходы составляют 80% от основной заработной платы

$$Z_{\text{цех}} = 0,8 \cdot Z_o = 0,8 \cdot 10,56 = 8,45 \text{ руб.} \quad (53)$$

Цеховая себестоимость, руб.:

$$C_{\text{цех}} = Z_{\text{м}} + Z_{\text{т-з}} + Z_o + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{соц}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{цех}} \quad (54)$$

$$C_{\text{цех}} = 17,56 + 0,7 + 10,56 + 0,85 + 3,4 + 22,18 + 8,45 = 63,7 \text{ руб.}$$

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Общезаводские расходы, руб.:

$$Z_{\text{общ.з}} = 0,7 \cdot Z_0 = 0,7 \cdot 10,56 = 7,39 \text{ руб.} \quad (55)$$

Производственная себестоимость, руб.:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{общ.з}} = 63,7 + 7,39 = 71,1 \text{ руб.} \quad (56)$$

Прочие производственные расходы, руб.:

$$Z_{\text{проч}} = 0,04 \cdot C_{\text{пр}} = 0,04 \cdot 71,1 = 2,84 \text{ руб.} \quad (57)$$

Внепроизводственные расходы, руб.

$$Z_{\text{внепр}} = 0,05(C_{\text{пр}} + Z_{\text{проч}}) = 0,05 \cdot (71,1 + 2,84) = 3,7 \text{ руб.} \quad (58)$$

Полная себестоимость, руб.:

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{пр}} + Z_{\text{проч}} + Z_{\text{внепр}} = 71,1 + 2,84 + 3,7 = 77,64 \text{ руб.} \quad (59)$$

Таблица 12 – Калькуляция себестоимости детали

Статья расхода	Затраты на деталь, руб	В % к итогу
1. Затраты на материал за вычетом отходов	17,56	22,617
2. Транспортно-заготовительные расходы	0,7	0,902
3. Основная заработная плата производственных рабочих с учетом премий и добавок	10,56	13,601
4. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	0,85	1,095

Окончание таблицы 12

5. Отчисления на соц. страхование	3,4	4,379
6. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	22,18	28,568
7. Цеховые расходы	8,45	10,88
8. Цеховая себестоимость	63,7	82,05
9. Общезаводские расходы	7,39	9,518
12. Производственная себестоимость	71,1	91,576
11. Прочие производственные расходы	2,84	3,658
12. Внепроизводственные расходы	3,7	4,766
13. Полная себестоимость	77,64	100

На основании оптовой цены детали можно вычислить стоимость всех деталей данного механизма, производимых на предприятии:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пол}} \cdot G_{\text{ст}} / G_{\text{д}} = 77,64 \cdot 185 / 0,61 = 23\,546,6 \text{ руб.} \quad (60)$$

Стоимость механизма включает в себя  $C_{\text{пр}}$  и затраты на покупные изделия:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{пок}} = 23546,6 + 100000 = 123\,546,6 \text{ руб.} \quad (61)$$

Капитальные вложения (инвестиции) в организацию работы  $K_{\text{сум}}$  включают в себя:

$$K_{\text{сум}} = K_{\text{пр}} + (K_{\text{сопр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{НИР}}), \quad (62)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – прямые капитальные вложения, руб;

$K_{\text{сопр}}$  – сопряжённые капитальные вложения, руб;



$K_{об}$  – минимально необходимые оборотные средства, руб;

$K_{НИР}$  – капитальные вложения на проведения научно-исследовательских работ, руб.

Будем учитывать только прямые капитальные вложения.

Производственные расходы можно вычислить по формуле:

$$K_{пр} = 0,75 \cdot C_{ст} \cdot A_{Г}, \quad (63)$$

где  $C_{ст}$  – стоимость проектируемого стенда, руб.;

$A_{Г}$  – количество выпускаемых единиц в год, шт.

Стоимость разработанного стенда вычисляется по формуле:

$$C_{ст} = C_{м} + Z_{сбор}, \quad (64)$$

где  $Z_{сбор}$  – затраты на сборку.

Затраты на сборку принимаем 25 процентов от полной себестоимости.

$$Z_{сбор} = 0,25 \cdot C_{м} = 0,25 \cdot 123546,6 = 30\,886,65 \text{ руб.} \quad (65)$$

$$C_{ст} = 123546,6 + 30886,65 = 154\,433,25 \text{ руб.}$$

$$K_{сум} = 0,75 \cdot 154433,25 \cdot 50 = 5\,791\,246,875 \text{ руб.}$$

Доход от продажи продукции в год:

$$D = C_{отп} \cdot A_{Г} = 185000 \cdot 50 = 9\,250\,000 \text{ руб.} \quad (66)$$

где  $C_{отп}$  – цена проектируемого стенда, составляет 115 – 125 % от стоимости стенда, принимаем 120 %, руб.

Затраты на изготовление проектируемого стенда:

$$Z = C_{ст} \cdot A_{Г} = 154433,25 \cdot 50 = 7\,721\,662,5 \text{ руб.} \quad (67)$$

### 5.3.1 Простая норма прибыли

Под простой нормой прибыли понимается наименьший гарантированный уровень доходности, сложившийся на рынке капиталов. При этом средняя за

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

период жизни проекта, например один год, расчетная прибыль  $\Pi_p$  сопоставляется со средними инвестициями в проект.

$$\Pi_6 = D - Z = 9250000 - 7721662,5 = 1\,528\,337,7 \text{ руб.} \quad (68)$$

$$\Pi_p = \Pi_6 \cdot 0,7 = 1\,069\,836,25 \text{ руб.} \quad (69)$$

### 5.3.2 Срок окупаемости инвестиций

Рассчитаем период окупаемости проекта, то есть минимальный временной интервал (от начала осуществления инвестиционного проекта), за пределами которого суммарный эффект становится равным нулю и остается в дальнейшем положительным.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{сум}}}{\Pi_p}, \quad (70)$$

где  $T_{\text{ок}}$  – период окупаемости;

$\Pi_p$  – проектная прибыль.

$$T_{\text{ок}} = \frac{5791246,875}{1069836,25} = 5,41 \text{ г.}$$

Это минимальный временной интервал, за пределами которого суммарный эффект становится равным нулю и остается в дальнейшем положительным. Графическая иллюстрация срока окупаемости представлена на рисунке 63  $T_{\text{ок}} = 65$  месяцев или 5,41 года.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

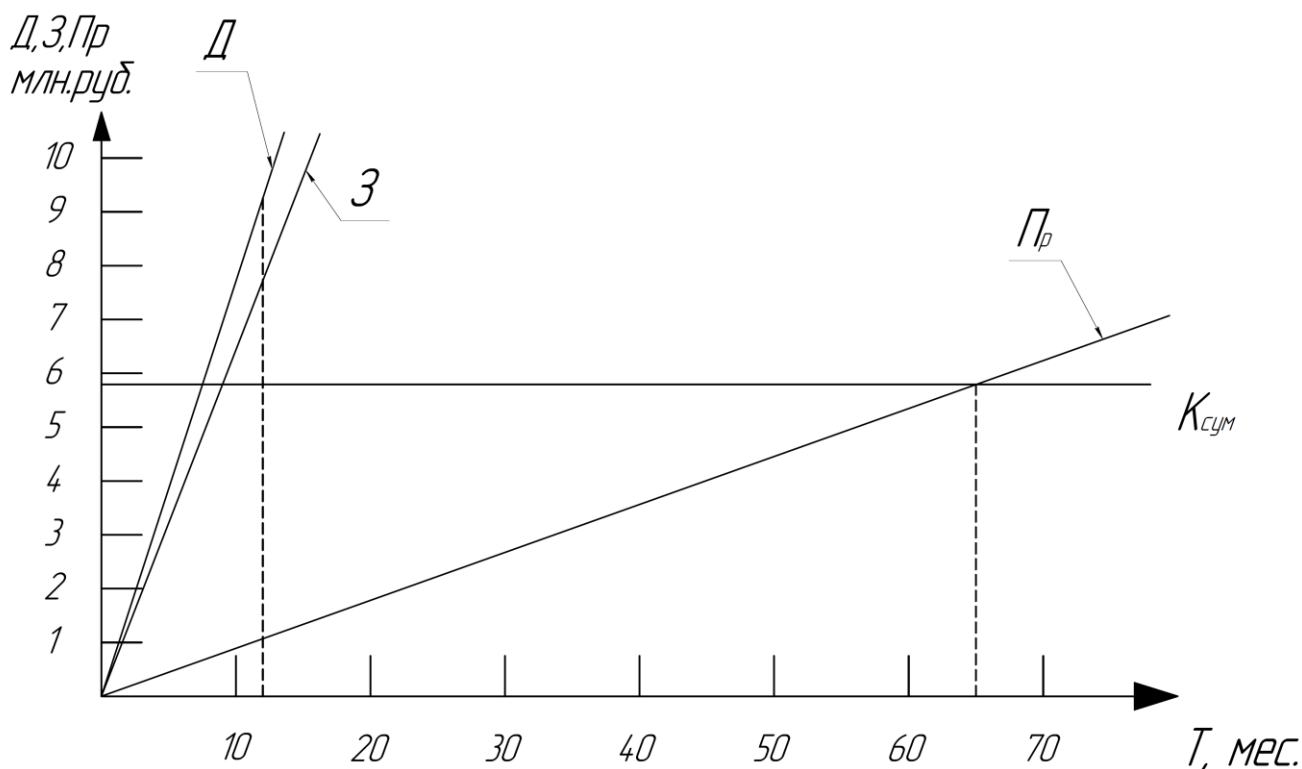


Рисунок 63 – График денежных потоков

Точка безубыточности проекта – критический объем производства  $A_{кр}$ , при котором прибыль становится нулевой, так как прибыль от реализации совпадает с издержками производства. Сравнение точки безубыточности с планируемым объемом производства позволяет определить «запас прочности производства». Точка безубыточности определяется по формуле:

$$A_{кр} = \frac{B}{C_{опт} - a}, \quad (71)$$

где  $B$  – условно-постоянные издержки на весь выпуск, руб./год;

$C_{опт}$  – оптовая цена детали, руб./шт.;

$a$  – условно-переменные издержки на единицу продукции, руб./шт.

В расчетах принимаются значения условно-постоянных издержек, как 70% полной себестоимости станда, а значения условно переменных издержек – 30% от полной себестоимости станда.

$$A_{кр} = \frac{0,7 A_{г} C_{ст}}{C_{опт} - 0,3 C_{ст}} = \frac{0,7 \cdot 50 \cdot 154433,25}{185000 - 0,3 \cdot 154433,25} = 39 \text{ шт./год.}$$

Графически «точка безубыточности» рассчитываются по формулам, учитывающим зависимость объемов реализации ( $V_p$ ) и общих издержек от объемов выпуска и реализации ( $C$ ):

$$V_p = C_{\text{отп}} \cdot A_{\Gamma} \quad (72)$$

$$C = aA_{\Gamma} + B \quad (73)$$

$$V_p = 185000 \cdot 50 = 9\,250\,000 \text{ руб./год.}$$

$$C = 0,3 \cdot 154433,25 \cdot 50 + 0,7 \cdot 50 \cdot 154433,25 = 7\,721\,662,5 \text{ руб./год.}$$

Графической иллюстрацией определения точки безубыточности является рисунок 64.

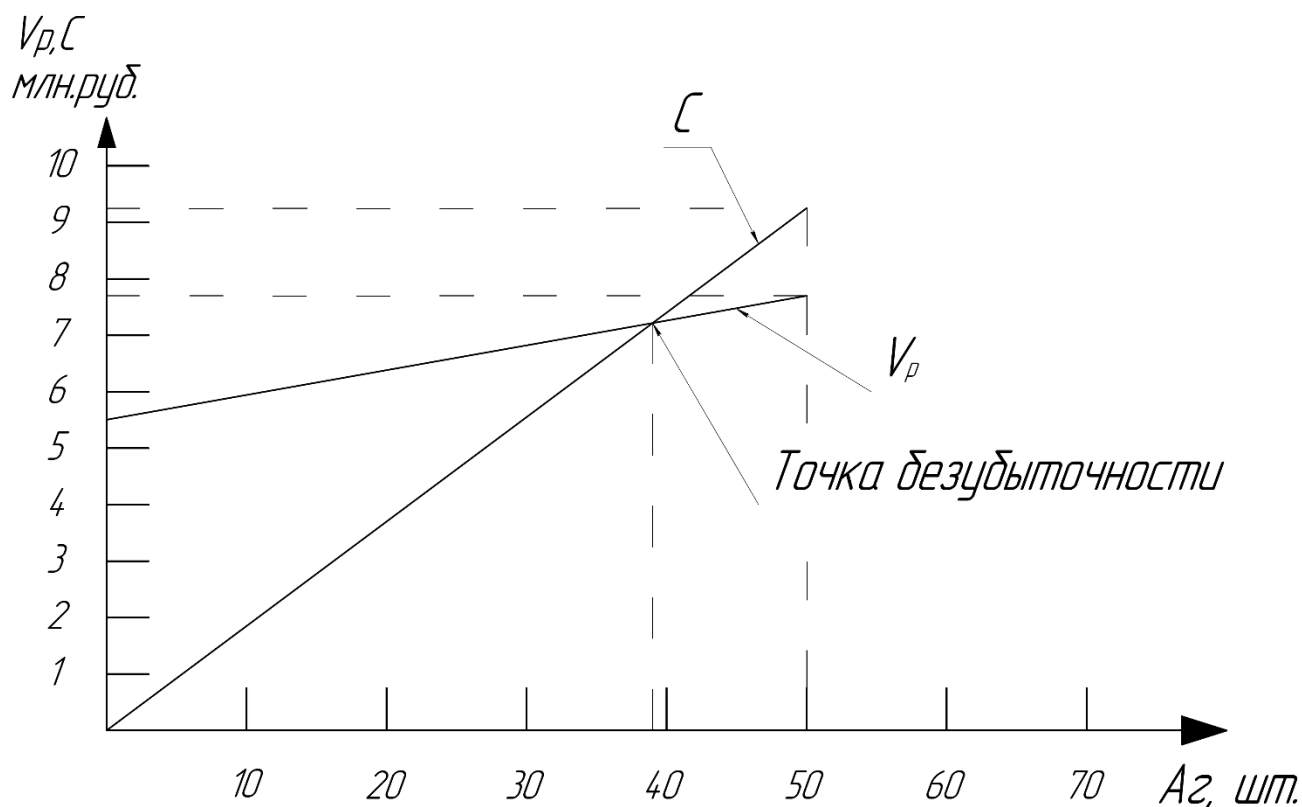


Рисунок 64 – Анализ безубыточности производства

### 5.3.3 Относительный запас прочности инвестиционного проекта

Относительный запас прочности ИП определяется по формуле:

$$\delta = ((A_{\Gamma} - A_{\text{кр}}) / A_{\Gamma}) \cdot 100\% \quad (74)$$

$$\delta = ((50-39)/50) \cdot 100\% = 22\%$$

Запас прочности показывает, что снизить объём производства и реализации продукции без угрозы его финансового положения можно на 22%.

#### 5.3.4 Технико-экономические показатели инвестиционного проекта

В этой части выпускного квалификационного проекта была определена себестоимость предлагаемой конструкции, выявлены необходимые технико-экономические показатели, значения которых внесены в таблицу 13.

Таблица 13 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Годовая программа	шт.	50
Стоимость стенда	руб.	154 443,25
Отпускная стоимость стенда	руб.	185 000
Прибыль	руб./год	1 069 836,25
Инвестиции	руб.	5 791 246,875
Срок окупаемости	год	5,41
Точка безубыточности	шт.	39
Относительный запас прочности инвестиционного проекта	%	22

#### Выводы по разделу пять

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы представлена оценка рынка сбыта данного изделия. Выполнен расчет затрат на изготовление и определена себестоимость производства стенда для испытания мостов военной автомобильной техники. Дана оценка коммерческой состоятельности и эффективности инвестиций. Построены графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков. Точка безубыточности составила 39 изделий в год, с учетом годового выпуска в 50 стендов, срок окупаемости составил 5,41 года, то есть 65 месяцев.

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – система знаний, обеспечивающая безопасность обитания человека в производственной и непроизводственной среде, и развитие деятельности по обеспечению безопасности в перспективе с учетом антропогенного влияния на среду обитания.

Безопасность человека определяется отсутствием производственных и непроизводственных аварий, стихийных и других природных бедствий, опасных факторов, вызывающих травмы или резкое ухудшение здоровья, вредных факторов, вызывающих заболевание человека и снижение его работоспособности.

### 6.1 Анализ опасных и вредных факторов (ОВФП), возникающих на этапе производства и эксплуатации

Вредный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (неблагоприятный микроклимат, повышенный уровень шума, вибрации, плохое освещение, неблагоприятный аэроионный состав воздуха).

Опасный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме (высота, огонь, электрический ток, движущиеся предметы, взрыв). [25]

Основным оборудованием, применяемым при производстве деталей, входящих в состав разрабатываемого стенда, являются металлорежущие станки, печи для закалки токами высокой частоты, инструмент с электрическим и пневматическим приводом, ручной инструмент.

При неумелом обращении и несоблюдении техники безопасности перечисленное оборудование может послужить причиной получения травм различной степени сложности: от обычных ссадин, до полной потери органов.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003–2015 [26] «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» исходя из природы действия факторов, можно выделить следующие группы ОВФП: физические, химические, психофизиологические.

К физическим ОВФП, возникающим на рабочем месте относятся:

- движущиеся предметы, механизмы или машины, а также неподвижные их элементы на рабочем месте (при механическом воздействии).
- электрический ток. Источником поражения могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденные электродвигатели, открытые коммутаторы, не заземленное оборудование и др.
- нагретые элементы оборудования, другие теплоносители (при термическом воздействии).
- повреждения, полученные при падениях.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				87

На этапе эксплуатации возникают следующие ОВПФ:

– наличие вращающихся частей ведущего моста с частотой вращения до 2500 об/мин;

– нагрев тормозных дисков;

– работа с электрооборудованием (высокие токи и напряжения);

– шум.

К химическим ОВПФ, возникающим на рабочем месте относятся:

– выделение паров нефтепродуктов, паров веществ, применяемых для покраски деталей;

– воздействие горюче-смазочных материалов.

К психофизиологическим ОВПФ, возникающим на рабочем месте относятся:

– физические перегрузки: ограниченная подвижность во время работы, неправильная рабочая поза;

– нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов.

Возможными аварийными ситуациями являются: замыкание токоведущей части оборудования на его корпус или на части тела человека, падение (обрушение) частей оборудования, вылет заготовок во время их обработки и т.д.

Длительное воздействие неблагоприятных производственных факторов на человека, может послужить причиной возникновения заболеваний.

## 6.2 Нормирование опасных и вредных производственных факторов

Разрабатываемый стенд может применяться в закрытых производственных помещениях, поэтому для удобной работы персонала в помещениях должна быть установлена благоприятная рабочая обстановка. Требования по микроклимату и другим производственным факторам представлены в следующих параграфах.

### 6.2.1 Микроклимат производственных помещений

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

– температура воздуха;

– температура поверхностей;

– относительная влажность воздуха;

– скорость движения воздуха;

– интенсивность теплового облучения.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для

									Лист
									88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ				

постоянных и непостоянных рабочих мест. Микроклиматические условия в производственных помещениях регламентируются СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». [27]

Работа конструктора относится к Iб категории работ по уровню энергозатрат.

Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочем месте конструктора в холодный и теплый периоды года приведены на рисунке 65.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Iб (140—174)	21—23	20—24	60—40	0,1
Теплый	Iб (140—174)	22—24	21—25	60—40	0,1

Рисунок 65 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте конструктора

Перепад температуры по горизонтали, а также ее изменение в течение смены не должно превышать 4°С.

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены на рисунке 66.

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб (140—174)	19,0—20,9	23,1—24,0	18,0—25,0	15—75	0,1	0,2
Теплый	Iб (140—174)	20,0—21,9	24,1—28,0	19,0—29,0	15—75	0,1	0,3

Рисунок 66 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочем месте конструктора

Для поддержания температуры воздуха в указанных пределах необходима система центрального водяного отопления. Требования к системам отопления устанавливаются СНиП 41–01–2008 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [28].

Для контроля за состоянием микроклимата в производственной зоне используются термометры и измерители влажности.



## 6.2.2 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Для того, чтобы запыленность воздуха и концентрация в нем вредных компонентов не превышали предельно допустимых концентраций, производственные помещения должны быть оборудованы естественной и принудительной вентиляцией. Требования к вентиляционным системам устанавливает ГОСТ 32548–2013 «Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства». [29]

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется ГН 2.2.5.3532-18. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». [30]

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоне приведены в таблице 14.

Таблица 14 – ПДК вредных веществ в воздухе производственной зоны

Наименование вредных веществ	Величина ПДК, Мг/м <sup>3</sup>	Наименование горючих веществ	Пределы концентр. по объему, %
Окислы азота	2	Бензин	0,7
Акролеин	0,2	Керосин	1,4
Свинец и его неорганические соединения	0,05	Ацетилен	2,2
Тетраэтилсвинец	0,005	Водород	3,3
Едкие щелочи	0,5	Пропан	2,2
Серная кислота, серный ангидрид	1	Бутан	1,5
Соляная кислота	5		
Пыль талька	4		
Нефтепродукты	300		
Окись углерода	20		

Для удаления вредных и опасных веществ из производственных помещений, а также для удаления паров горючих жидкостей необходимо применять принудительную приточно-вытяжную вентиляцию, которая исключает их застаивание и накопление в рабочих производственных помещениях. Во избежание выдавливания приточным воздухом загрязняющих веществ и паров легковоспламеняющихся жидкостей в смежные помещения, производительность вытяжной вентиляции должна быть выше приточной, чтобы обеспечивать достаточное разрежение в вентилируемом помещении.

### 6.2.3 Требования к производственному освещению

Освещение производственных помещений регламентируется СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». [31]

Организация рационального освещения рабочих мест является одним из основных вопросов охраны труда. Работа конструктора относится к работе высокой точности. Однако при неудовлетворительном освещении зрительная способность глаза снижается, и могут появиться резь в глазах, головные боли, развивается близорукость.

Искусственное освещение должно быть комбинированным: общее верхнее освещение и местное, состоящее из электрических светильников и переносных ламп. Также допускается совмещенное освещение, когда наряду с искусственным используется естественное освещение.

Рабочее место конструктора отнесем к III разряду зрительной работы, т.к. конструктор должен отличать линии на чертежах во время их оформления.

Общая освещенность, при комбинированной системе освещения, на рабочем месте конструктора должна быть не менее 2000 лк (при малом контрасте и темном фоне).

Требования к освещению рабочего места конструктора представлены на рисунке 67.

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО е <sub>н</sub> , %			
						при системе комбинированного освещения всего	в том числе от общего	при системе общего освещения	Р, не более	К <sub>п</sub> , % не более	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15	—	—	3,0	1,2
						1500	200	400	20	15				
						1000	200	300	40	15				
						750	200	200	20	15				
			в	Малый	Средний	750	200	300	40	15				
				Средний	Темный	600	200	200	20	15				
				Большой	Средний	400	200	200	40	15				
				Средний	Светлый									
				Большой	Средний									

Рисунок 67 – Требования к освещению рабочего места конструктора

### 6.2.4 Уровень шума в производственных помещениях

Документы, регламентирующие уровень шума: СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Источниками шума на машиностроительных предприятиях являются станочное, кузнечно-прессовое оборудование, энергетические установки, компрессорные и насосные станции, вентиляционные установки, стендовые испытания двигателей внутреннего сгорания и др. Уровень шума на рабочих местах в производственных помещениях, возникающих от этих источников, обычно значительно превышает допустимые значения.

В соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами, уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений.

Нормой является шум с уровнем 50 дБ, а шум с уровнем 80 дБ затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности и мешает нормальному отдыху; шум с уровнем 100-120 дБ на низких частотах и 80-90 дБ на средних и высоких частотах может вызывать необратимые изменения и привести к понижению слуха, а в дальнейшем к развитию тугоухости, шум с уровнем 120-140 дБ способен вызвать механическое повреждение органов слуха.

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов. Поэтому предполагаются меры по защите работающих от вредного влияния шума.

Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах представлены в таблицах 15, 16.

Таблица 15 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные уровни звука проникающего шума в производственные помещения и территорию предприятия

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, места дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: – рабочие места проектно-конструкторских бюро;	86	71	61	54	49	45	32	40	38	50

Таблица 16 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности:	Уровни звука и эквивалентные уровни звука, места дБА
Работа по выработке концепций, новых программ; творчество; преподавание	40
Труд высших производственных руководителей, связанных с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу	50
Высококвалифицированная умственная работа, требующая сосредоточенности; труд, связанный исключительно с разговорами по средствам связи	55
Умственная работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; высокоточная категория зрительных работ	60
Умственная работа, по точному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

### 6.2.5 Значения напряжений прикосновения и токов

Согласно ГОСТ 12.1.038–82 [32] напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при неаварийном режиме работы электроустановки не должны превышать значений, указанных в таблице 17.

Таблица 17 – Значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
Переменный, 50Гц	2	0.3
Переменный, 400Гц	3	0.4
Переменный, 400Гц	8	1.0

Основным нормативным документом по защите от поражения электрическим током являются ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7». [33]

Оборудование, питающееся от сети напряжением 380 В должно быть заземлено, электрические шкафы должны быть оборудованы блоком предохранителей-выключателей электрического типа. В качестве индивидуальных

средств защиты от поражения электрическим током в помещении должны быть диэлектрические перчатки, диэлектрические и резиновые коврики.

### 6.3 Требования пожарной безопасности

Документ, регламентирующий правила пожарной безопасности: Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 "О противопожарном режиме" (с изменениями и дополнениями). [34]

Производственный цех относится к помещениям с повышенной пожарной опасностью. По технологии производства в нем могут использоваться открытый огонь при сварке, горюче-смазочные материалы, краски, герметики.

Согласно НПБ 105–03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [35] категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с рисунком 68. Производственное помещение в котором работает конструктор относится к категории Д.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>94</i>

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
А взрывопожаро- опасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро- опасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 — В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Рисунок 68 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Пожары в быту или на производстве могут возникнуть по разного рода причинам – это могут быть как социальные факторы, так и техногенные или природные.

Основные причины возникновения пожаров приведены ниже:

- не соблюдались меры предосторожности при работе с приборами и оборудованием;
- самовозгорание предметов (например, возгорание, пропитанной горючей жидкостью, ветоши, оставленной на солнце);
- взрывы опасных компонентов на производстве;
- изношенное и сломанное оборудование;
- не соблюдаются меры безопасности, что и приводит к пожару;
- неправильный монтаж отопительных приборов, электрических и газовых;
- небрежность при курении.

В целях повышения пожарной безопасности запрещается хранение в производственных помещениях легковоспламеняющихся жидкостей в емкостях объемом более 100 л; для хранения промасленной ветоши должны быть отведены специальные места, курение разрешается только в специально отведенных местах.

Планы эвакуации разрабатываются на основании ГОСТ Р 12.2.143–2010 (с учетом Изменения № 1, 2012) «Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Общие технические требования. Методы контроля». [36]

Требования к пожарной сигнализации устанавливаются согласно ГОСТ Р 53325–2014 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний». [37]

В качестве первичных средств пожаротушения применяются огнетушители ОВП-10 (воздушно-пенный) и ОП-5 (порошковый), подвешенные на высоте 1,5 м от пола на видном месте.

#### 6.4 Требования безопасности при эксплуатации стенда для испытания мостов военной автомобильной техники

Опасными факторами при работе с испытательным стендом являются (рисунок 69):

- 1) Токопроводящее оборудование.
- 2) Оборудование, работающее под давлением.
- 3) Вращающиеся части ременной передачи.
- 4) Вращающиеся части карданной передачи.
- 5) Пневмотрубки под давлением.
- 6) Оборудование, работающее от электрической сети.
- 7) Вращающиеся части испытываемого моста.

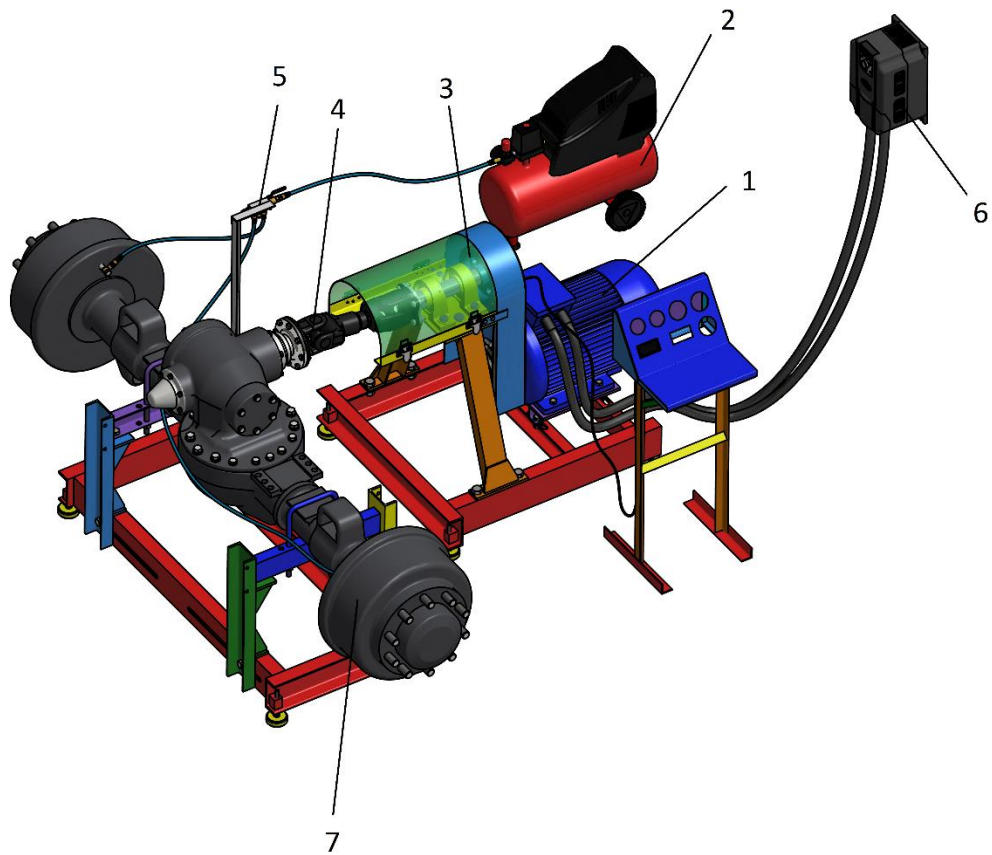


Рисунок 69 – Возникновение опасных факторов при работе станда

Требования безопасности, касающиеся работы с пневматическим оборудованием, а также периодичность обслуживания и контроля, устанавливаются ГОСТ 12.2.016–81. «Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности». [38]

У места проведения испытаний должны быть установлены предупреждающие знаки «Осторожно! Прочие опасности», «Вход (проход) запрещен» по ГОСТ 12.4.026-2015 [39] и поясняющая надпись: «Идут испытания», а также вывешены инструкции и правила безопасности.

Компрессор оснащен предохранительным клапаном, который сбрасывает воздух в атмосферу при избытке давления, тем самым предотвращает поломку пневматического оборудования.

Работу выполнять в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Правила техники безопасности при эксплуатации станда:

- запрещается эксплуатировать станд при откинута защитном кожухе;
- запрещается выполнять работу при не полностью зафиксированном испытываемом мосту;
- запрещается запускать станд в частично или полностью разобранном состоянии;



- запрещается выполнять работу при неисправности одной или нескольких частей стенда;
- запрещается запускать стенд неквалифицированному рабочему персоналу;
- запрещается выполнять ремонтные или диагностические работы во время работы стенда.

#### Выводы по разделу шесть

При испытаниях ведущих мостов военной автомобильной техники не возникает специфических ОВПФ. Поэтому, при соблюдении норм, установленных законодательством Российской Федерации, ОВПФ, возникающие на стадии производства и эксплуатации изделия, находятся в установленных пределах и не оказывают вредного влияния на здоровье человека.

Применение испытательного стенда способно положительно влиять на рабочую атмосферу в производственном коллективе. Стенда позволяет упростить и уменьшить время выявления неисправностей в испытываемом мосту, т.к. отпадает необходимость устанавливать мост на автомобильную технику, проводить его обкатку на машине, выявлять неисправность, снимать и вновь устранять причину неисправности.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>98</i>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был разработан универсальный стенд для испытания мостов военной автомобильной техники. Особенностью данной разработки является универсальность стенда, простота конструкции, небольшой вес и габаритные размеры.

В процессе работы были спроектированы основные сборочные единицы и детали, входящие в состав испытательного стенда.

Был проведен прочностной расчет тележки, в результате которого было выявлено, условия прочности данной конструкции выполняются. Минимальный коэффициент запаса составляет 2,2.

Проведены расчеты геометрических параметров ременной передачи и расчеты на прочность узла, отвечающего за удержание моста. Были выбраны шкивы с тремя ручьями. Передаточное число ременной передачи равно 1,122.

На одну из деталей, входящих в стенд, разработан технологический процесс механической обработки, который представлен в техническом разделе. В результате расчета было получено время на изготовление этой детали, которое составляет 3,55 мин.

В экономическом разделе рассчитана себестоимость изготовления разрабатываемого стенда. Себестоимость изготовления стенда равна 154 444,25 рублей. Отпускная стоимость стенда составляет 185 000 рублей. Точка безубыточности – 39 стендов. При уровне продаж 50 стендов в год, прибыль составит 1 069 836,25 руб. Срок окупаемости проекта составляет 5,41 года или 65 месяцев. Уменьшить срок окупаемости можно за счет увеличения количества проданных стендов в год, либо за счет увеличения заложенной прибыли в отпускную стоимость стенда.

Разработанная конструкция была спроектирована специально для мостов автомобильной военной техники, но принципиальная схема может применяться другими промышленными предприятиями ввиду ее простоты и универсальности.

Такое техническое решение найдет применение для множества видов военной автомобильной техники, а также для техники общего пользования, таких как КАМАЗ, ЗИЛ, УРАЛ. Учитывая современный этап развития машиностроения и общую тенденцию к сокращению временных затрат на проведение любых работ с сохранением качества, осуществление данной технической задачи следует отнести к одному из перспективных видов решений подобного рода проблем.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>99</i>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Малахов, В.С. Ремонт тракторов Т-150 и Т-150К / В.С. Малахов, А.С. Мудрук, П.М. Кривенко. – М.: Колос, 1982. – 222 с., ил.
- 2 Стенд КС-05 для обкатки ведущих мостов: КАМАЗ-, УРАЛ-, ЗИЛ-, ГАЗ-, универсальная модель. – <https://www.teh-avto.ru/dizelnyj-servis/stendy-obkatochnye/stend-ks-05-dlya-obkatki-vedushhix-mostov-kamaz--ural--zil--gaz--universalnaya-model/> (дата обращения: 01.05.18).
- 3 Стенд для обкатки и испытания ведущего моста автомобиля КамАЗ-45143. – <http://poleznayamodel.ru/model/9/94338.html> (дата обращения: 15.04.18).
- 4 Ремонт автомобилей: Учебник / Под ред. Л.В. Дехтеринского. – М.: Транспорт, 1992. – 295 с.
- 5 А.с. 617700 СССР, G 01 M 13/02. Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств / С.Н. Касабуцкий, И.И. Капанец, Г.П. Бондарь, А.А. Кушнер. – №4413823/30-11; заявл. 19.04.88; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21.
- 6 А.с. 932343 СССР, G 01 M 13/02. Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств / А.Н. Герасимов, Г.П. Масленников, Б.В. Гавриловский. – №2552666/25-11; заявл. 12.12.77; опубл. 30.05.82, Бюл. № 20.
- 7 А.с. 1427198 СССР, G 01 M 13/02. Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств «КиАРЗ-6/2» / С.Г. Науменко, М.А. Храковский, П.П. Ткаченко. – №4688340/11; заявл. 03.05.89; опубл. 30.05.91, Бюл. № 20.
- 8 А.с. 270308 СССР, G 01 M 17/00. Стенд для испытания ведущих мостов автомобилей / В.Ф. Онищенко, В.И. Василевский, В.А. Митрофанов, Ф.М. Межеумов. – №1304779/27-11; заявл. 30.01.69; опубл. 08.05.70, Бюл. № 16.
- 9 Ведущий мост. Требования, классификация, применяемость. – <http://www.tracetransport.ru/hons-226-1.html>
- 10 СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56с.
- 11 ГОСТ 1284.3-89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Передаваемые мощности. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 65 с.
- 12 ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 16 с.
- 13 <https://poznayka.org/s55550t1.html>
- 14 ГОСТ 1284.1-89. Ремни приводные нормального сечения. Основные размеры и методы контроля. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
- 15 Радзевич, С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории: монография / С.П. Радзевич, – К.: Растан, 2001. – 529 с.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

- 16 ГОСТ 3.1109-82. Единая система технической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий. – М.: Стандартиформ, 2012. – 16 с.
- 17 ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2015. – 19 с.
- 18 [https://www.avto-master.ru/goods/maslorazdatchik\\_pnevmaticheskij\\_30\\_1\\_kraftwell\\_krw1910n\\_krw1910n.htm](https://www.avto-master.ru/goods/maslorazdatchik_pnevmaticheskij_30_1_kraftwell_krw1910n_krw1910n.htm)
- 19 Заслонов, В.Г. Организационно – экономическая часть дипломного проекта: учебное пособие / В.Г. Заслонов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 95 с.
- 20 <http://www.dns-shop.ru>
- 21 <http://stankiexpert.ru/stanki/sverlilnye/nastolno-sverlilny-standok-2m112.html>
- 22 Профилограф-профилометр HOMMEL TESTER T1000. – [https://finval.ru/catalog/instrument/sredstva\\_izmereniya/mitutoyo](https://finval.ru/catalog/instrument/sredstva_izmereniya/mitutoyo)
- 23 ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной точности. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2016. – 46 с.
- 24 <http://промпортал.su/osnvrema>
- 25 <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelности/ohrana-truda.html>
- 26 ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2016. – 9 с.
- 27 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997 – 38 с.
- 28 СНиП 41-01-2008. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2008 – 45 с.
- 29 ГОСТ 32548-2013. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
- 30 ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Минздрав России, 2018. – 204 с.
- 31 СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». – М.: Минздрав России, 2016. – 102 с.
- 32 ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ, 2000. – 8 с.
- 33 ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Стандартиформ, 1988. – 16 с.
- 34 ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006. – 41 с.
- 35 НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной

- опасности. – М.: ГУГПС МЧС России, ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 47 с.
- 36 ГОСТ Р 12.2.143-2010. Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля. – М.: Стандартиформ, 2010, – 36 с.
- 37 ГОСТ Р 53325-2014. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2014 – 142 с.
- 38 ГОСТ Р 82869-2007. Пневмоприводы. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2008 – 28 с.
- 39 ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправкой). – М.: Стандартиформ, 2017 – 77 с.
- 40 <https://uzst.ru/poleznaya-informaciya/ural-4320/prilozhenie-3-dannye-o-masse-osnovnyh-sborochnyh-edinic>
- 41 [http://electronpo.ru/dvigatel\\_air160s](http://electronpo.ru/dvigatel_air160s)
- 42 [https://sf2v.ru/itemslist/podshipnik\\_ucp\\_211](https://sf2v.ru/itemslist/podshipnik_ucp_211)
- 43 <http://belzapavto.ru/1402-54-2201010-10-val-kardannyj-paz-4230-avrora.html>
- 44 [https://ekb.vseinstrumenti.ru/silovaya\\_tehnika/kompressory/porshnevye/bezmasl\\_yanye/fubag/ol\\_19524\\_cm15\\_fub\\_abcc304kqa092/](https://ekb.vseinstrumenti.ru/silovaya_tehnika/kompressory/porshnevye/bezmasl_yanye/fubag/ol_19524_cm15_fub_abcc304kqa092/)
- 45 <https://ies-drives.ru/equipment/freq/ac/M420/3320/>
- 46 <https://elektroplata.ru/taxometr>
- 47 <https://fuehler-systeme.ru/kabelnyyi/datchik-temperatury-dlya-ploskoyi-metallicheskoyi-poverxnosti-s-magnitnym-derzhatelem.html>
- 48 <http://pnevmez.ru/fitingi/fitingi-camozzi/bystrorazemnye-soedineniya-camozzi-s-samozapiraniem-seriya-5000/>
- 49 <http://electricalschool.info/elprivod/1658-chastotnyjj-preobrazovatel-vidy-princip.html>
- 50 <https://uzst.ru/poleznaya-informaciya/poleznaya-informaciya-po-avtomobilyam-ural/instrukcii-po-ekspluatacii-avtomobilej/ural-4320/transmissiya>
- 51 ГОСТ 535-2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2008. – 12 с.
- 52 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ, 2007. – 39 с.
- 53 ГОСТ 5915-70. Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры. – М.: Стандартиформ, 2007. – 6 с.
- 54 ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2006. – 8 с.
- 55 ГОСТ 11371-78. Шайбы. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 7 с.

- 56 ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 6 с.
- 57 ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 12 с.
- 58 ГОСТ 23518-79. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 26 с.
- 59 ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные. Сортамент. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 10 с.
- 60 ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. – М.: Стандартиформ, 2009 – 8 с.
- 61 ГОСТ 1491-80. Винт с цилиндрической головкой классов прочности А и Б. Конструкция и размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. – 4 с.
- 62 ГОСТ 17475-80. Винт с потайной головкой классов прочности А и Б. Конструкция и размеры. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1982. – 4 с.
- 63 ГОСТ 23360-78. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980 – 18 с.
- 64 ГОСТ 13942-86. Кольца пружинные упорные плоские наружные эксцентрические и канавки для них. Конструкция и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1988 – 30 с.

					<i>23.05.02.2018.399.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>103</i>