

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Колёсных и гусеничных машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н., профессор
_____/Бондарь В.Н./
« ____ » _____ 2020 г.

Улучшение тягово-скоростных свойств автомобиля ВАЗ-2108 за счёт
модернизации его трансмиссии

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К БАКАЛАВРСКОЙ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.03.02.2020.016.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель проекта:
к.т.н., доцент
_____/А.Г.Уланов
« ____ » _____ 2020 г.

Автор проекта
студент группы П-404
_____/Е.Ф.Обухов
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент
_____/В.И.Дуюн
« ____ » _____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Обухов Е.Ф. Улучшение тягово-скоростных свойств автомобиля ВАЗ-2108 за счёт модернизации его трансмиссии: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2020. – 66 с., 41 ил., библиог. список – 27 наименования, 4 л. чертежей ф. А1 и 2 л. чертежа ф. А2.

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой законченную расчетно-графическую работу, целью которой является модернизация элемента трансмиссии, а именно вариатора, который сочетает в себе клиноременную передачу и автоматическое сцепление.

Работа содержит: кинематические расчеты клиноременной передачи, валов, зубчатых колес.

Рассмотрены методы безопасной эксплуатации автомобиля с бесступенчатой трансмиссией.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Обухов Е.Ф.</i>			<i>Улучшение тягово-скоростных свойств автомобиля ВАЗ-2108 за счёт модернизации его трансмиссии</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Уланов А.Г.</i>					<i>3</i>	<i>66</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дуюн В.И.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра «КГМ»</i>		
<i>Утвердил.</i>		<i>Бондарь В.Н.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	6
1.1 Типы бесступенчатых трансмиссий	6
1.1.1 Электрическая передача	6
1.1.2 Гидрообъемная передача	7
1.1.3 Гидродинамическая передача	10
1.1.4 Вариатор	13
1.1.4.1 Основные узлы вариатора	14
1.2 Обоснование выбора вариаторной коробки передач для автомобиля ВАЗ -2108.....	22
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	29
2.1 Описание конструкции бесступенчатой коробки передач	29
2.2 Кинематический расчет клиноременной передачи	45
2.3 Расчет шестерни на прочность	50
2.4 Подбор подшипника.....	52
2.5 Кинематический расчет зубчатых передач	54
2.6 Требования к эксплуатации автомобиля с вариатором	57
2.7 Диагностика автомобиля с вариатором	58
2.8 Периодичность технического обслуживания	59
2.9 Безопасность жизнедеятельности	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	64

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

ВВЕДЕНИЕ

Передвижению в городских условиях характерны частые трогания, остановки, а также многочисленные переключения передач. Это увеличивает нагрузки на механизмы сцепления и коробки передач. Поэтому актуальной задачей будет установка на городской легковой автомобиль вариатора. Он позволяет плавно и бесступенчато передавать крутящий момент. Клиноременная передача также выполняет функцию автоматического сцепления.

В промышленности широкое распространение получили механические вариаторы. Они применяются в машиностроении, текстильной стекольной и легкой отраслях. Широкое использование вариатора в различных отраслях техники позволяет получить значительный экономический эффект. Плавное изменение скорости рабочей машины способствует увеличению производительности многих механизмов. Поэтому способ бесступенчатого регулирования скорости и крутящего момента с помощью вариатора весьма актуален.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Типы бесступенчатых трансмиссий

Бесступенчатая трансмиссия (англ. Continuously Variable Transmission, CVT) – вид трансмиссии (передаточного устройства между двигателем и движителем (колёсами, гребным винтом и т.п.), которая способна плавно изменять коэффициент передачи (отношение скоростей вращения и вращающих моментов двигателя и движителя) во всём рабочем диапазоне скоростей и тяговых усилий.

Бесступенчатые трансмиссии, как правило, классифицируются (называются) по типу передачи, обеспечивающей бесступенчатое изменение коэффициента передачи. Каждому типу передач присущи свои конструктивные и динамические достоинства и недостатки, определяющие их и обеспечивающие «соперничество за право являться наиболее эффективной и экономичной» для категорий водителей.

1.1.1 Электрическая передача

Электрическая передача (рисунок 1.1) обеспечивает передачу тягового усилия от первичного двигателя к движителю или исполнительному органу, используя электрически соединённые электрогенератор и электродвигатель.

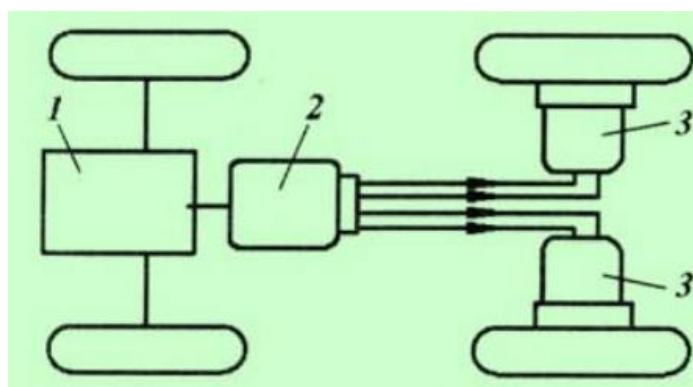


Рисунок 1.1 – Схема электрической передачи: 1 – двигатель; 2 – генератор; 3 – электродвигатель

Электрическая передача обеспечивает удобное изменение частоты и направления вращения на выходе, плавное трогание с места, а также распределение мощности на несколько ведущих колёс/осей; генераторная установка может быть расположена в любом месте транспортного средства независимо от расположения тяговых электродвигателей и не ограничивает (в пределах гибкости кабелей, питающих электродвигатели) перемещение электродвигателей относительно генератора, что значительно повышает простоту и надёжность механической части.

В то же время все компоненты электрической передачи имеют большую массу, а для их изготовления расходуется большое количество цветных металлов, прежде всего сильно дорожающей меди.

1.1.2 Гидрообъемная передача

Гидрообъемные передачи основаны на принципе передачи энергии давлением жидкости. При этом рабочее усилие или крутящий момент практически не зависят от скорости движения рабочей жидкости. В такой передаче как минимум должны быть две основные гидравлические машины, соединенные между собой трубопроводом: объемный гидронасос, преобразующий крутящий механический поток энергии в поступательный силовой гидравлический поток энергии, и гидромотор, преобразующий гидравлический поток энергии обратно в крутящий механический поток энергии (крутящий момент).

По типу передачи жидкости от насоса к мотору гидрообъемные передачи бывают открытые (рисунок 1.2) и закрытые (рисунок 1.3).

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

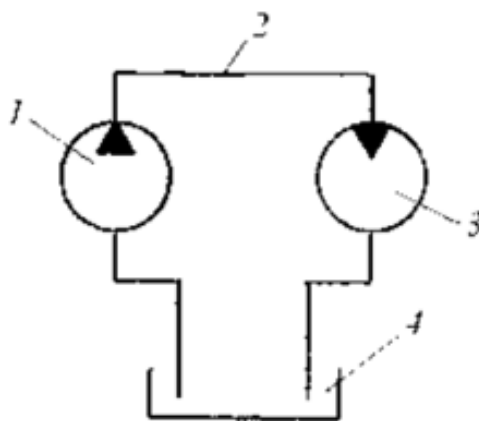


Рисунок 1.2 – Принципиальные схемы гидрообъемной передачи (а) открытого типа: 1 – насос; 2 – трубопровод; 3 – гидромотор; 4 – бак

В открытой гидрообъемной передаче отсутствует обратная гидравлическая связь между насосом и мотором (рисунок 1.2). Насос 1 всасывает рабочую жидкость из бака 4 и подает ее под давлением по трубопроводу 2 в гидромотор 3, после чего она сливается обратно в бак 4. Система проста, но величина передаваемой мощности зависит от объема бака. Вследствие этого данный тип передачи на тракторе применяется только для обслуживания его вспомогательных устройств (в сервоустройствах, в системе смазывания и др.).

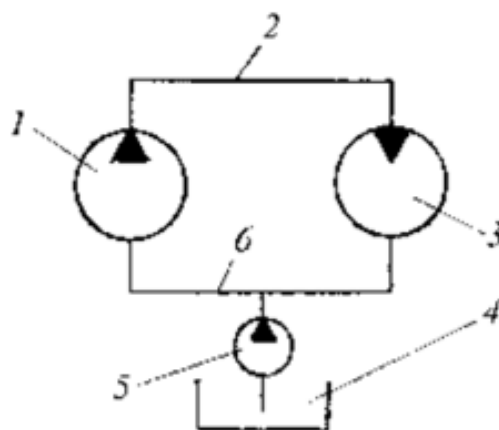


Рисунок 1.3 – Принципиальные схемы гидрообъемной передачи закрытого типа: 1 – насос; 2 – трубопровод; 3 – гидромотор; 4 – бак; 5 – дополнительный насос; 6 – всасывающая магистраль

В качестве агрегатов трансмиссии трактора в основном применяют гидрообъемные передачи закрытого типа (рисунок 1.3), в которых жидкость из гидромотора 3 вновь поступает во всасывающую магистраль 6 насоса 1. При этом дополнительный насос 5 подпитки поддерживает давление во всасывающей магистрали 6 выше атмосферного, чем предотвращается кавитация рабочей жидкости и компенсируются возможные ее утечки во время работы передачи. Передача получается компактной, при меньшем объеме бака 4.

Гидрообъемные передачи нашли применение в тяжелой технике – в строительных, грузоподъемных и дорожных машинах, в тракторах, комбайнах и некоторых других сельхозмашинах, а также в маневровых тепловозах.

Факторами, сдерживающими широкое применение гидрообъемных трансмиссий на автомобилях, являются: высокая стоимость, ограниченный ресурс, большие габаритные размеры и масса гидромашин, отсутствие необходимых материалов

для производства надежных уплотнений и трубопроводов высокого давления, а также низкий КПД, обусловленный многократным преобразованием энергии.

1.1.3 Гидродинамическая передача

Гидродинамические передачи служат для передачи вращательного движения с ведущего вала на ведомый, за счет взаимодействия потока движущейся жидкости с лопастными колесами.

Между входным и выходным валами имеется только гидравлические силовые связи. При постоянной скорости вращения входного вала скорость вращения выходного вала меняется и зависит от нагрузки.

С увеличением нагрузки на выходном валу частота вращения уменьшается, а при уменьшении нагрузки – увеличивается. На валах жестко закреплены лопастные колеса. Пространство между лопастными колесами заполнено рабочей жидкостью. В качестве рабочей жидкости используют различные сорта минеральных масел.

Гидродинамические передачи в зависимости от наличия реактора делятся на гидромуфты и гидротрансформаторы. Гидродинамические муфты передают мощность, не изменяя момента. Гидродинамические трансформаторы способны изменять момент.

Гидромуфты состоят из двух колёс: насосного и турбинного (рисунок 1.4). Насосное колесо получает энергию от двигателя. Лопатки насосного колеса 2 передают эту энергию потоку жидкости. Поток жидкости, попадая на турбинное колесо 3, заставляет его вращаться, отдавая свою энергию турбинному колесу. Турбинное колесо соединено выходным валом с нагрузкой 4.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

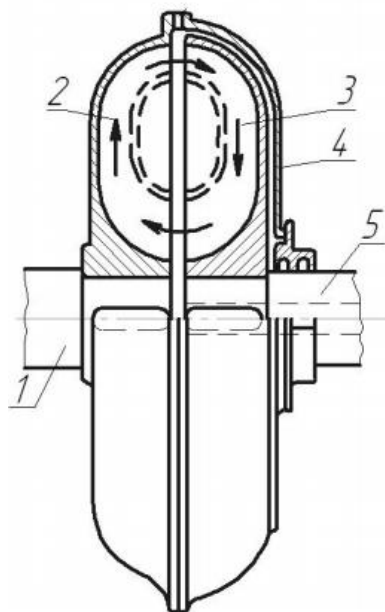


Рисунок 1.4 – Гидромуфта: 1 – входной вал; 2 – насосное колесо; 3 – турбинное колесо; 4 – кожух; 5 – выходной вал

Гидротрансформаторы (рисунок 1.5) отличаются от гидромуфт наличием реактора. Реактор устанавливается для того, чтобы можно было увеличить передаваемый крутящий момент на рабочем органе. Увеличение крутящего момента в гидротрансформаторе возможно только, если рабочая жидкость будет давить на лопатки турбинного колеса с большей силой, чем на лопатки насосного колеса. Это условие обеспечивается реактором, который своими неподвижными лопатками отклоняет поток рабочей жидкости и соответствующим образом направляет его на следующее колесо.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

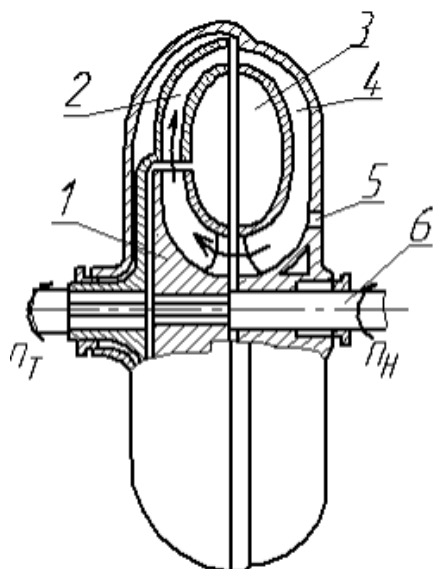


Рисунок 1.5 – Гидро-
трансформатор: 1 –
насосное колесо; 2 –
турбинное колесо; 3 –
внутренний тор; 4 –
реактор; 5 – заливное
отверстие; 6 – вход-
ной вал

При вращении входного вала 6 лопатки насосного колеса 1 раскручивают жид-
кость. Жидкость, «слетая» с насосного колеса, обладает наибольшей энергией и по-
падает на турбинное колесо 2. Обтекая лопасти турбинного колеса, она приводит
их в движение, преодолевая сопротивление рабочего органа, теряет часть энергии
и затем попадает на реактор 4. Реактор это – лопастное колесо с лопатками, жестко
закреплённое с корпусом, реакторное колесо не вращается. Внутренний тор 3 не-
обходим для того, чтобы жидкость циркулировала по одному и тому же кругу, не
переходя на большой или малый контур циркуляции. Реактор, отклоняя жидкость
своими лопатками, изменяет момент количества движения потока, т.е. сообщает
ему закрутку.

Гидродинамическая передача хорошо сочетается с характеристиками ДВС, автоматически изменяя передаточное число, однако увеличение момента незначительно (до 2,5) и требует дополнительной коробки перемены передач (применяется в большинстве автоматических коробок передач легковых автомобилей и автобусов).

1.1.4 Вариатор

В современных транспортных средствах, особенно используемых в условиях города, наиболее перспективным является бесступенчатое регулирование передаточного отношения трансмиссии. Его можно осуществить с помощью механического вариатора, гидротрансформатора или электрического привода.

Вариаторы более широко применяются в машиностроении, так как из всех перечисленных средств они отличаются компактностью, надежностью, более высоким КПД [1].

Принцип работы вариатора основан на силе трения и заключается в постепенном изменении коэффициента передаточного отношения ведущих и ведомых элементов во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала.

Вариаторы для легковых автомобилей отличаются принципом передачи вращения – ременные, цепные и торовые. Ременные и цепные вариаторы состоят из двух шкивов, и отличаются лишь промежуточным звеном. В торовых вариаторах промежуточным звеном являются два ролика, которые передают вращение от одного соосного катка к другому [19].

На автомобильном рынке самыми распространенными стали клиноременные вариаторы. Такие коробки передач включают в себя механическую передачу, которая передает крутящий момент от ведущего шкива к ведомому через промежуточное звено (ремень) с помощью трения. Изменяя радиусы охвата ремнем шкивов, появляется возможность плавно и бесступенчато изменять передаточное отношение.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

Преимущество вариаторной коробки передач перед механической – бесступенчатое и плавное изменение крутящего момента, передаваемого от двигателя к колесам. В клиноременном вариаторе это достигается постепенным изменением диаметров ведущего и ведомого шкивов в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя, выбранного режима движения и дорожных условий. Второе преимущество – возможность плавного трогания автомобиля как на равной поверхности, так и на подъеме [4].

1.1.4.1 Основные узлы вариатора

Корпус вариаторной коробки передач обычно выполняется в виде металлической литой конструкции, состоящей из трех отделенных друг от друга полостей. В первой располагается сцепление. Оно обеспечивает отсоединение двигателя от трансмиссии и передает вращение от вала двигателя к валу коробки передач. Во второй расположена основная вариаторная передача. В третьей полости располагаются блок шестерен заднего хода, масляный насос. На автомобилях с задним приводом вариаторная коробка передач располагается продольно, на автомобилях с передним приводом – поперечно. [1]

Сцепление на такие коробки передач устанавливаются двух видов:

- фрикционное;
- гидродинамическое.

Работа фрикционных сцеплений основана на использовании сил трения, возникающая между поверхностями ведущих и ведомых элементов. Такие устройства бывают трёх типов: центробежное, однодисковое, многодисковое сцепления.

Центробежное сцепление – это фрикционная муфта, в которой передача вращения от ведущих элементов к ведомым осуществляется с помощью центробежных грузиков. При неработающем двигателе данное сцепление является выключенным. Оно включается автоматически, при повышении частоты вращения ведущего вала (рисунок 1.6).

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

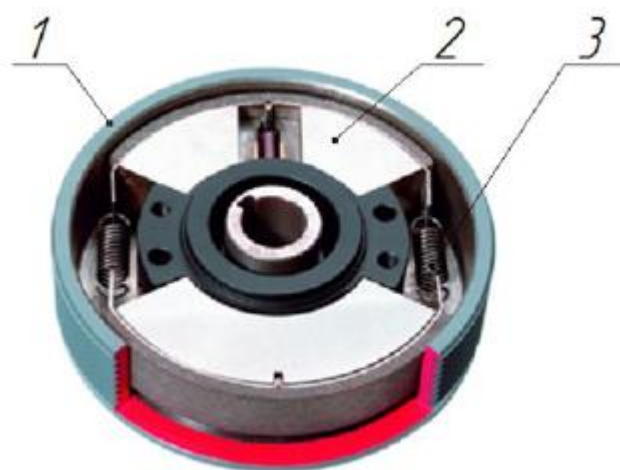


Рисунок 1.6 – Центробежное сцепление: 1 – барабан; 2 – грузы с накладками; 3 – пружины

Она состоит из барабана, грузов и пружин. На внешней части грузов выполнены фрикционные накладки, для передачи крутящего момента с вала на барабан с помощью сил трения. При повышении частоты вращения коленчатого вала, под действием центробежных сил грузы расходятся и фрикционные накладки прижимаются к барабану, тем самым передавая вращение от двигателя к трансмиссии. При снижении частоты вращения, грузы перемещаются на прежнее положение с помощью пружин [1].

Однодисковое сцепление (рисунок 1.7). Принцип работы этой муфты заключается в передаче вращения с помощью сил трения от маховика двигателя к первичному валу коробки передач. Нажимной диск с помощью периферической либо диафрагменной пружины прижимает ведомый диск к маховику. Управление сцеплением осуществляется с помощью соответствующей педали в салоне автомобиля. По режиму включения – это сцепление является постоянно замкнутым [1].

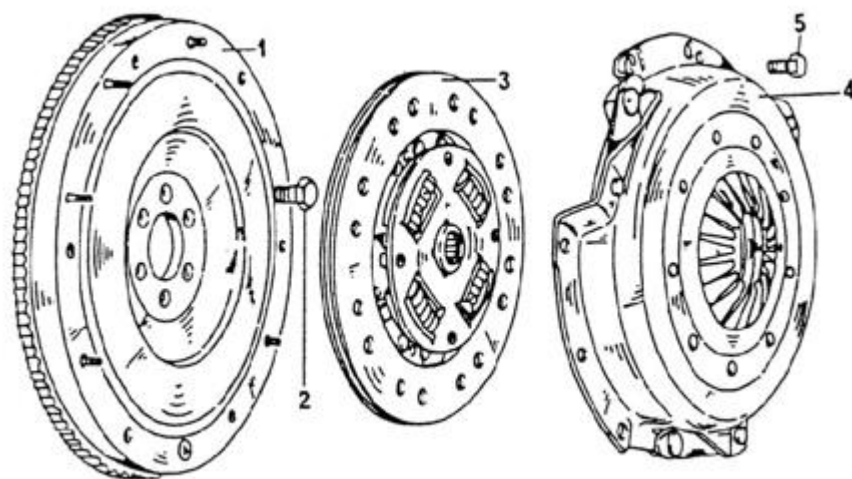


Рисунок 1.7 – Однодисковое сцепление: 1 – маховик; 2 – винт крепления маховика; 3 – ведомый диск; 4 – корпус сцепления; 5 – крепежный винт

Многодисковое сцепление. По принципу работы аналогично однодисковому сцеплению. Позволяет передать больший крутящий момент за счет увеличения количества фрикционных дисков и повышения площади трения. Состоит из двух или нескольких чередующихся ведомых и промежуточных дисков (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Многодисковое сцепление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Гидродинамическое сцепление (гидротрансформатор) – представляет собой герметично заваренный узел, состоящий из трёх элементов (рисунок 1.9). Насосное колесо соединено с маховиком двигателя, а турбинное колесо передает вращение на первичный вал коробки передач. Между ними установлен реактор, он перенаправляет потоки жидкости и изменяет скорости вращения колес. В гидротрансформаторе отсутствует жесткая связь между ведущими и ведомыми элементами. Жидкость под давлением отбрасывается с лопастей насоса на лопасти турбины, при этом проходит через реактор. Скорость вращения зависит от расстояния между лопаток реактора, чем оно меньше, тем меньше жидкости попадает на турбинное колесо, и наоборот. В этом есть существенные преимущества, например, при подъеме в гору. Когда автомобиль начинает терять скорость, частота вращения турбины уменьшается, при этом циркуляция жидкости ускоряется и повышается крутящий момент на ведущих колесах [1].

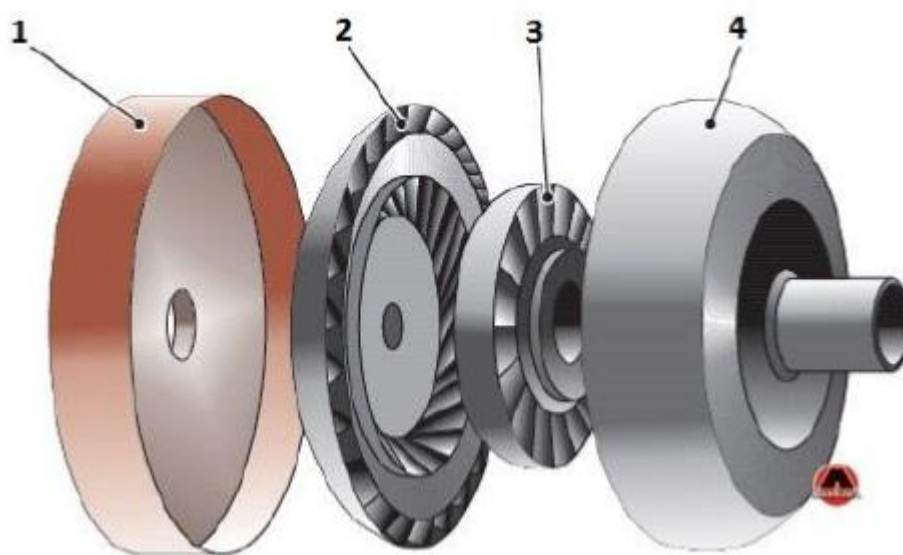


Рисунок 1.9 – Гидротрансформатор: 1 – корпус, 2 – турбинное колесо, 3 – реактор, 4 – насосное колесо

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Ведущий шкив. Состоит из двух конусообразных половин, которые расположены на ведущем вале. На нем находится механизм натяжения ремня (центробежный, гидравлический) и привод масляного насоса. Ведущий вал через муфту сцепления соединён с двигателем [7].

Ведомый шкив имеет аналогичную конструкцию, как и ведущий, за исключением механизма натяжения. Здесь установлены периферические пружины для натяжения ремня. Ведомый вал связан с механизмом заднего хода (рисунок 1.10).

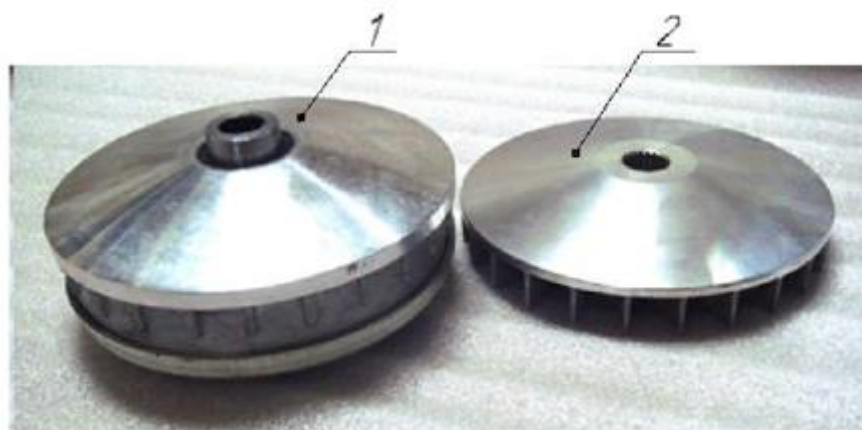


Рисунок 1.10 – Шкив вариатора: 1 – неподвижная половина шкива; 2 – подвижная половина шкива (прижимная)

Центробежный механизм натяжения ремня расположен на подвижной половине ведущего шкива вариатора. Устройство представляет собой набор периферически расположенных грузов, которые упираются в неподвижную конусообразную пластину. На холостых оборотах двигателя ничего не происходит. Как только частота вращения достигает определенного значения, грузы, под действием центробежной силы перемещаются к периферии, тем самым сближая половины шкива и выталкивая ремень на больший радиус (рисунок 1.11).

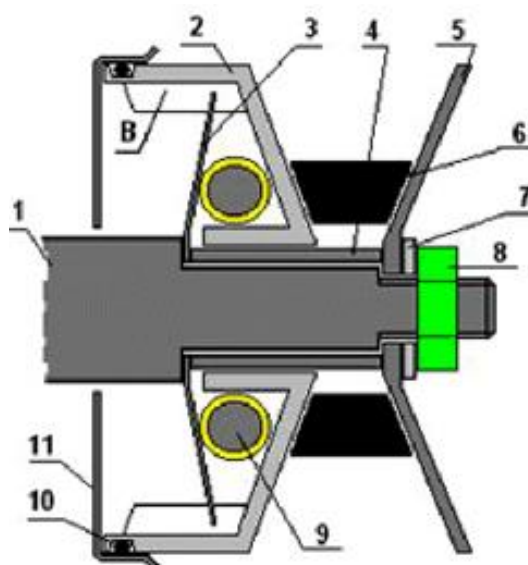


Рисунок 1.11 – Центробежный механизм натяжения ремня: 1 – ведущий вал; 2 – подвижная половина шкива; 2 – упорная пластина; 4 – втулка; 5 – неподвижная половина шкива; 6 – вариаторный ремень; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – центробежные ролики; 11 - крышка

Гидравлический механизм натяжения включает в себя масляный насос, цилиндр и систему управления (процессор). Процессор, в зависимости от требуемого режима движения и частоты вращения коленчатого вала. Подает сигнал на гидравлический насос об увеличении или уменьшении давления жидкости в цилиндре. При повышении давления, поршень выталкивается из цилиндра и перемещает половину ведущего шкива. При снижении давления шкив принимает исходное положение с помощью возвратной пружины. Масляный насос также предназначен для подачи смазки в зоны трения и пропускания масла через фильтр (рисунок 1.12).

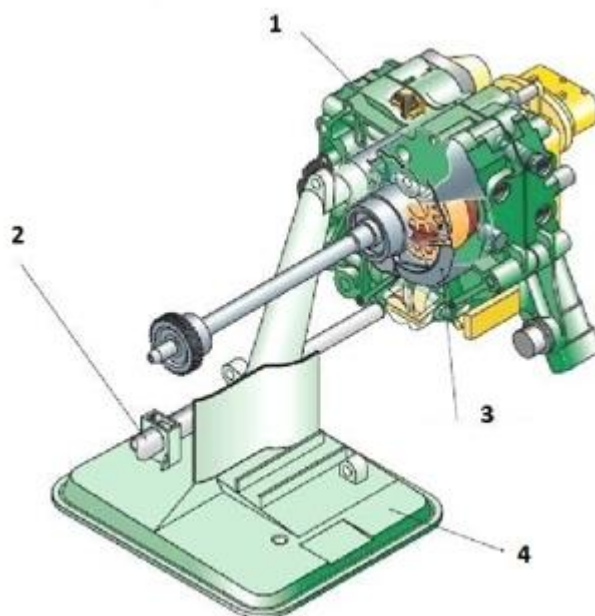


Рисунок 1.12 – Гидравлический механизм вариатора: 1 – масляный насос; 2 – патрубок; 3 – привод насоса; 4 – резервуар для слива масла

Ремень или цепь. Предназначены для передачи вращающего момента от ведущего вала к ведомому. Ремень состоит из специальных металлических лент, соединенных между собой фасонными частями, имеющими вид бабочки и придающих специальную похожую на клин форму. Он соприкасается боковыми частями с полуплечами и передает вращение с помощью сил трения. Тем самым вращающий момент передается с ведущего вала на ведомый. На некоторых моделях вариаторов используют цепной механизм. Цепь имеет большое количество мелких звеньев и обеспечивает малые радиусы изгиба. Работает она уже не боковой поверхностью, а торцевой. Цепь и ремень выдерживают высокие нагрузки. Цепь состоит из множества пластинок, соединенных цилиндрическими осями. Такая конструкция вариатора позволяет обеспечить наименьший радиус охвата шкивов. В результате взаимодействия ведущих и ведомых звеньев с промежуточным, в результате трения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

20

происходит высокий нагрев механизмов. Для предотвращения этого эффекта и выхода из строя коробки передач предусмотрена система смазки и охлаждения [6].

В современных вариаторных коробках передач используются ремни повышенной прочности с металлическими вставками. Конструкция такого ремня показана на рисунке 1.13. Устройство цепи приведено на рисунке 1.14.

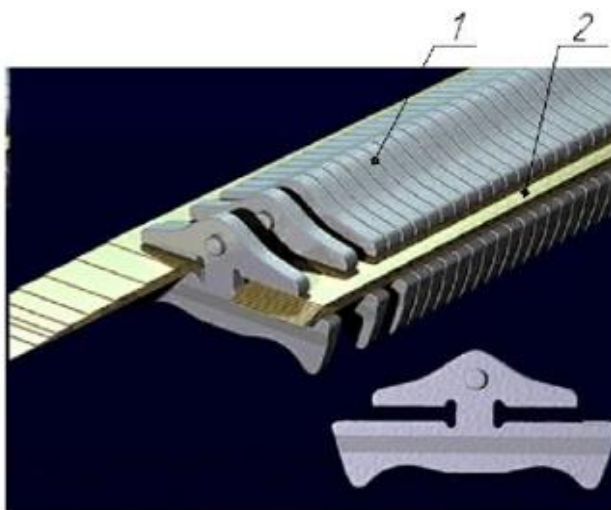


Рисунок 1.13 – Вариаторный ремень: 1 – металлические элементы; 2 – соединительная лента



Рисунок 1.14 – Вариаторная цепь: 1 – внутренние элементы; 2 – внешние элементы; 3 – фрикционные накладки

На режиме парковки чаще всего блокируется одно из зубчатых колес на главной передаче. На корпус дифференциала *1* крепится стопорная шайба *4*. На внешнем диаметре шайбы изготовлены проточки. При включении режима стояночного тормоза, блокируется планетарная шестерня *2*, при этом рычаг *3* входит в углубление на шайбе (рисунок 1.15).

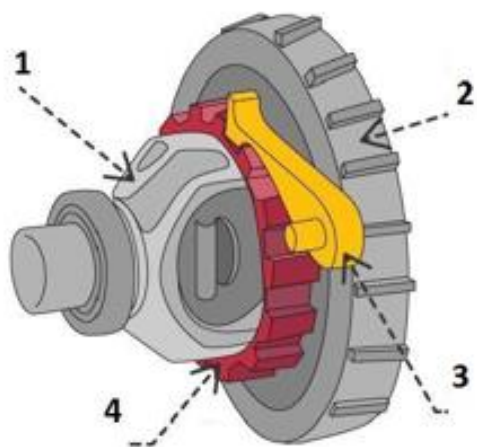


Рисунок 1.15 – Устройство стояночной тормозной системы: *1* – корпус дифференциала; *2* – планетарная шестерня; *3* – блокирующий рычаг; *4* – стопорная шайба

1.2. Обоснование выбора вариаторной коробки передач для автомобиля ВАЗ-2108

Вариатор *Autotronic 722.8* (рисунок 1.16)

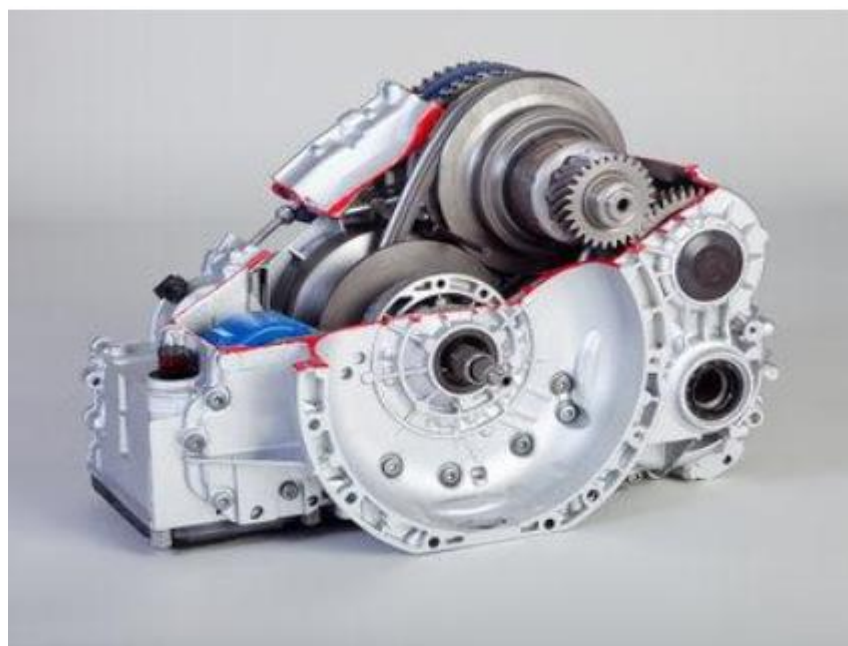


Рисунок 1.16 – Вариатор *Autotronic 722.8*

Используется на автомобилях немецкого производства. Этот вариатор устанавливали на автомобили с объемом двигателя от 1,5 до 2,0 литра. В отличие от существующих аналогов, конструкторы Мерседес впервые применили в конструкции бесступенчатой трансмиссии ременный привод вместо цепного. Из особенностей рассматриваемого вариатора можно отметить процессорное управление, двухкамерный гидравлический насос, что значительно увеличивает плавность хода автомобиля.

Блок управления вариатора расположен на гидроблоке, соответственно находится внутри коробки передач (рисунок 1.16). Определенно, как и многие бесступенчатые трансмиссии, данная конструкция не отличается надежностью, основной из неисправностей является выход из строя электронного блока управления [6].

Вариатор *Jatco CVT diagram* (рисунок 1.17)

Вариатор *Subaru cvt lineartronic* (рисунок 1.18)



Рисунок 1.18 – Вариатор *Subaru cvt lineartronic*

Силовой агрегат Subaru сочетает в себе оппозитный 6-ти цилиндровый двигатель и высокоэффективную бесступенчатую трансмиссию, с приводом на передние и на задние колеса автомобиля. В качестве звена для передачи вращения в вариаторе используется цепь. В ней используется около 900 пластин, соединенных с помощью 150 осей в сложной последовательности. Это обеспечивает расширение рабочего диапазона вариатора и делает его более надежным. Также увеличивается передаточное отношение, из-за высокой гибкости цепи и больших радиусов охвата шкивов (рисунок 1.18).

Главным недостатком бесступенчатой трансмиссии Subaru cvt lineartronic являются большие габариты, также этим обусловлено сочетание в одном корпусе главной передачи и вала заднего привода. Эти обстоятельства позволяют использовать данную конструкцию лишь на автомобилях среднего и бизнес класса [6].

Таблица 1.1 – Оценка технического уровня аналогов

Название	Максимальный момент	Диапазон передаточных отношений	Преимущества	Недостатки
<i>Autotronic</i> 722.8	152 Н/м	0,75-2,2	Легкость и комфортность управления в любых режимах движения; эффективный режим работы двигателя, отсюда отсутствие перегрузки двигателя;	Сложность механизма ее устройства и относительная недолговечность.
<i>Jatco</i> <i>CVT diagram</i>	167 Н/м	0,8-2,3	Эффективная работа двигателя, изменение передаточного отношения в зависимости от нагрузки на двигатель и трансмиссию.	Сложности при буксировке автомобиля, вытекающие из особенности конструкции вариатора.

Окончание таблицы 1.1

<i>Subaru cvt lineartroni</i>	141 Н/м	0,75-2,2	Более быстрое изменение передаточного отношения за счет конструктивного изменения шкивов и их более быстрого перемещения вдоль ведущего вала.	Медленное переключение передач; сложность внедорожной эксплуатации; чувствительность к неровностям дороги.
-----------------------------------	---------	----------	---	--

За прототип разработки был выбран вариатор Autotronic 722.8. Устройство относится к клиноременным передачам и может устанавливаться на автомобили малого класса.

Указанные выше преимущества, достигаются тем, что ведущий и ведомый шкив оборудованы автоматическим механизмом натяжения. Это позволяет увеличить сближения половин ведущего и ведомого шкива вдоль оси валов, тем самым увеличивая диапазон передаточных отношений. Уменьшение диаметра ведущего шкива позволяет увеличить передаточное отношение и как следствие момент при трогании автомобиля. Появляются преимущества при трогании на подъем и в тяжелых дорожных условиях. Увеличение диаметра ведущего шкива позволяет увеличить максимальную скорость автомобиля, что положительно влияет на параметры при маневрировании и позволяет уменьшить расход топлива. Увеличение сближения половин шкивов достигается при помощи регулировочного винта. А приведение в движение прижимающего механизма осуществляется с помощью рычага. Передаточное отношение вариатора выбирается заранее в зависимости от дорожных условий и режима движения, с помощью рукоятки, расположенной в салоне автомобиля [2].

Выводы по разделу один:

- 1) Представлена классификация бесступенчатых передач, выявлены их достоинства и недостатки.
- 2) На основе проведенного анализа, выбрана нужная бесступенчатая передача, а также определены основные части данной передачи.
- 3) Обоснован выбор необходимого вариатора для дальнейшего расчета и установки на ВАЗ-2108.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Описание конструкции бесступенчатой коробки передач

В дипломном проекте предложена конструкция бесступенчатой коробки передач для автомобиля малого класса, представленная на рисунках 2.1–2.12.

Особенностью данной конструкции является применение клиноременной передачи, что в значительной степени повышает тягово-динамические характеристики легкового автомобиля по сравнению с механической коробкой передач. Клиноременная передача представлена на рисунках 2.12-2.20 [2].

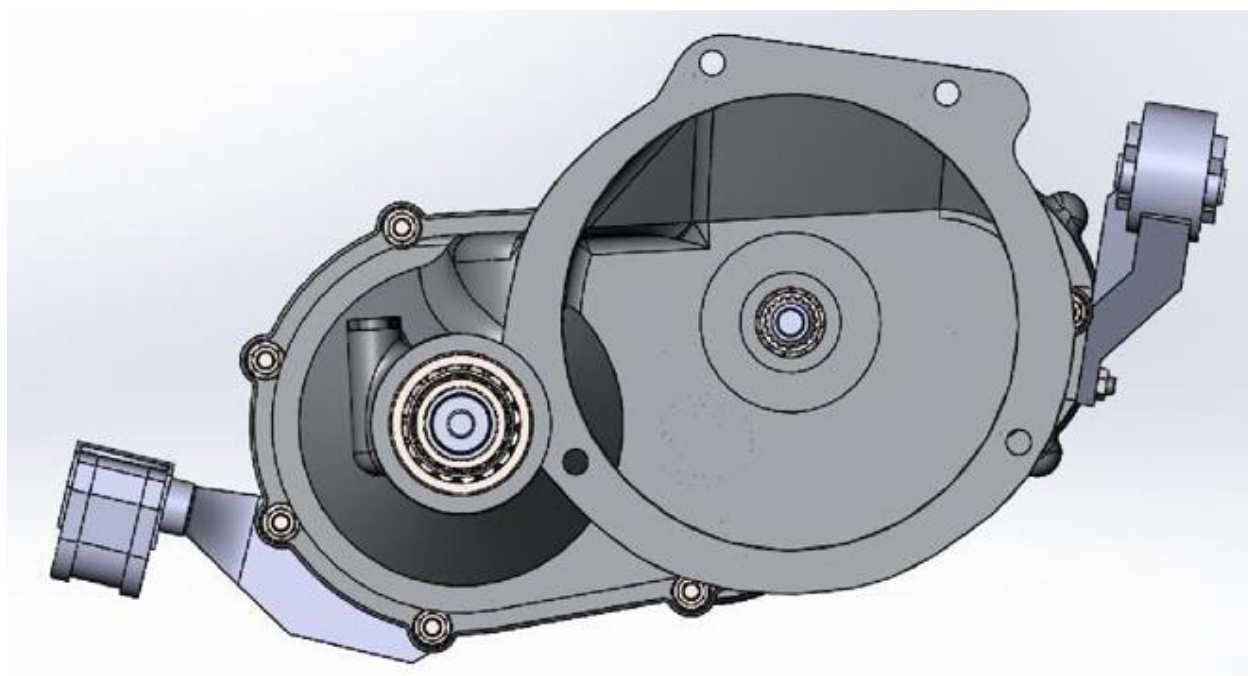


Рисунок 2.1 –Бесступенчатая коробка передач (вид спереди)

В данной конструкции картер коробки передач выполнен одной деталью вместе с картером сцепления. Соединение коробки передач с двигателем осуществляется с помощью болтового соединения, для этого на картере сцепления изготовлены четыре отверстия, концентрично отверстиям на двигателе [6].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

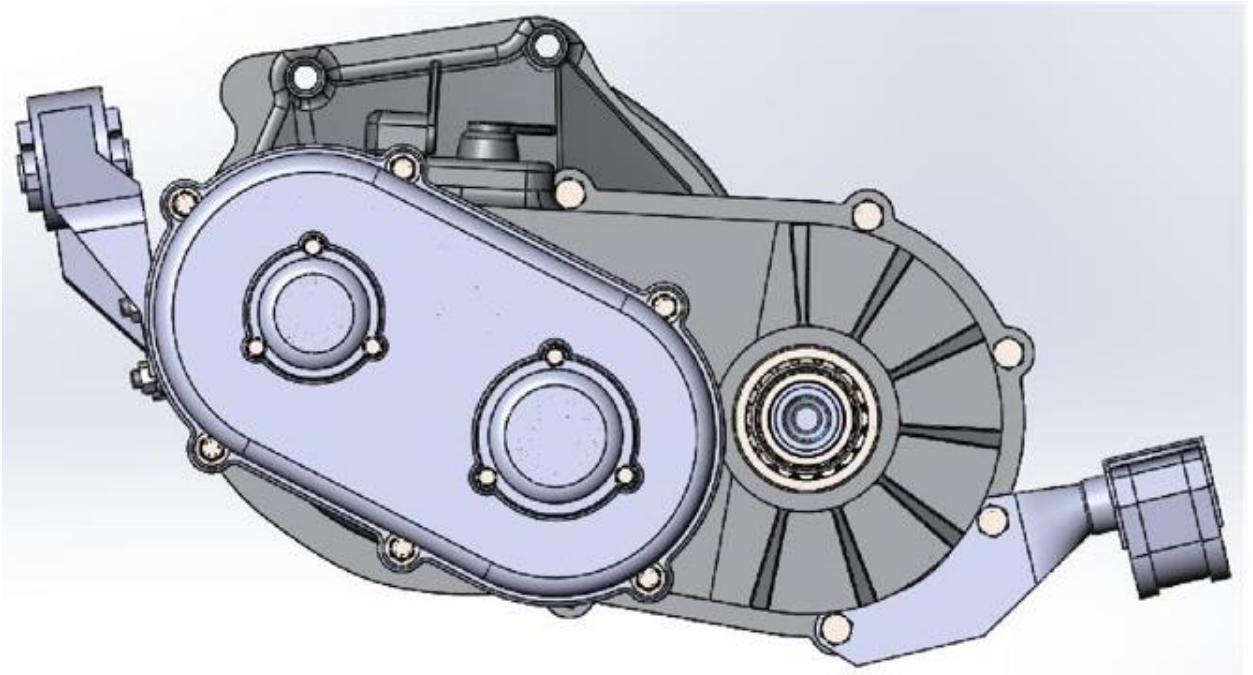


Рисунок 2.2 –Бесступенчатая коробка передач (вид сзади)

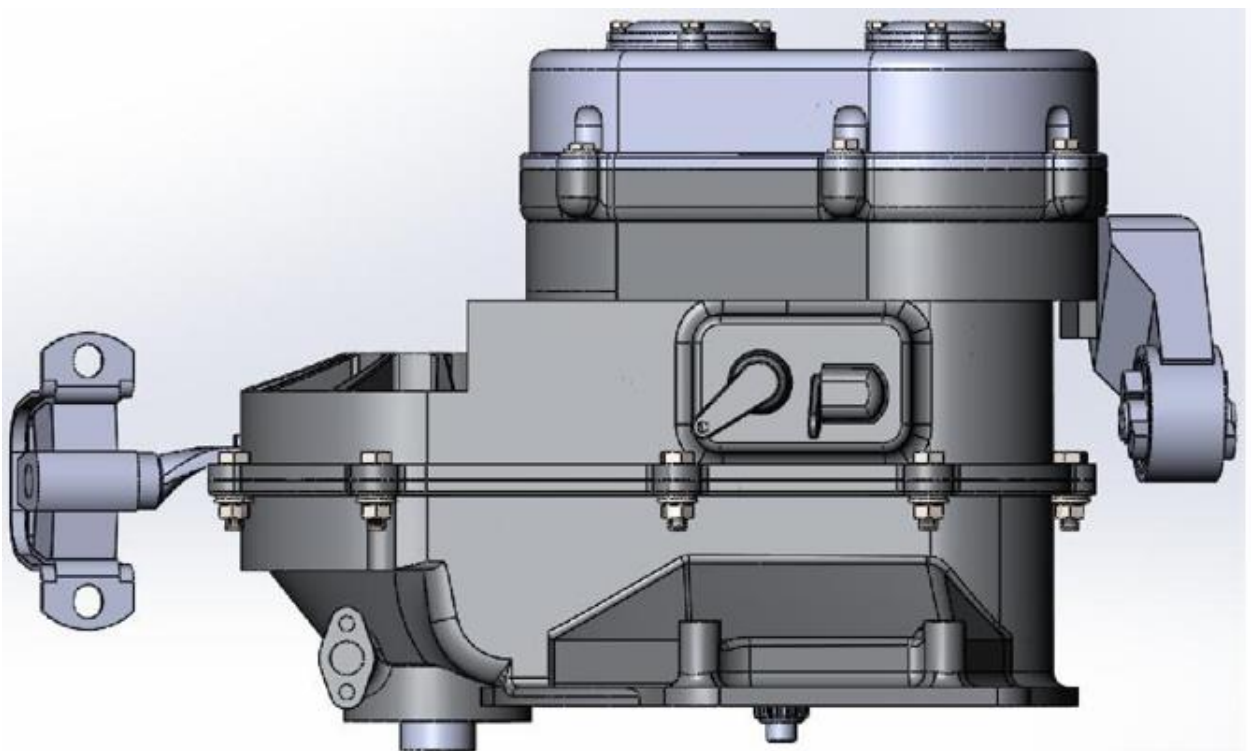


Рисунок 2.3 – Бесступенчатая коробка передач (вид сверху)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

30

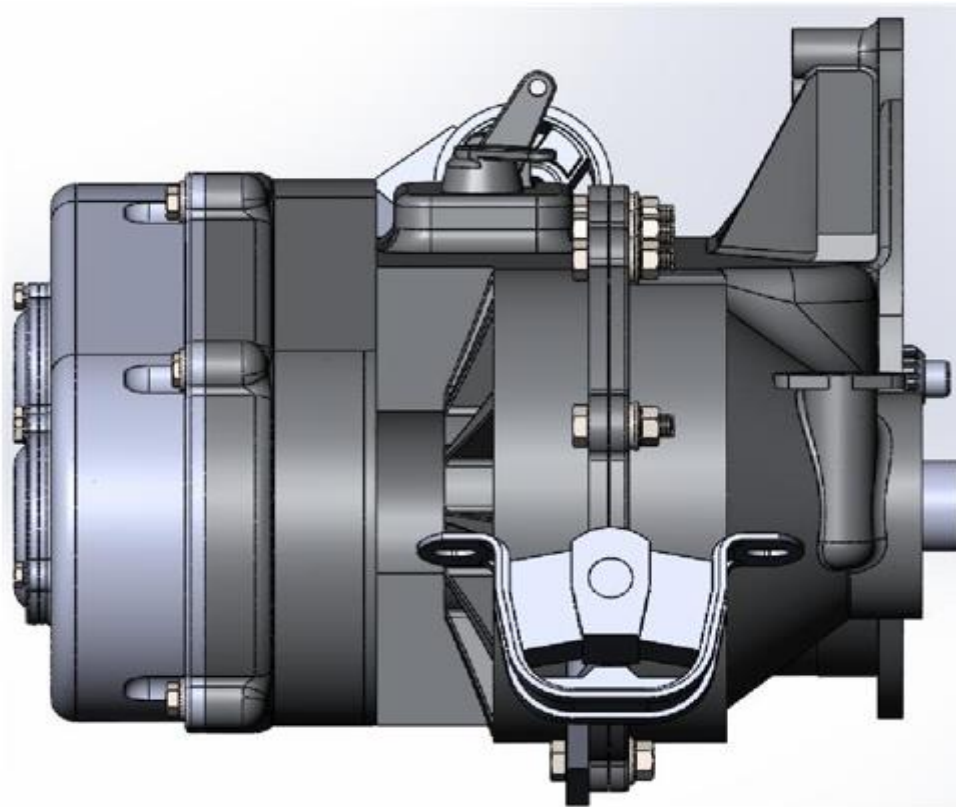


Рисунок 2.4 – Бесступенчатая коробка передач (вид слева)

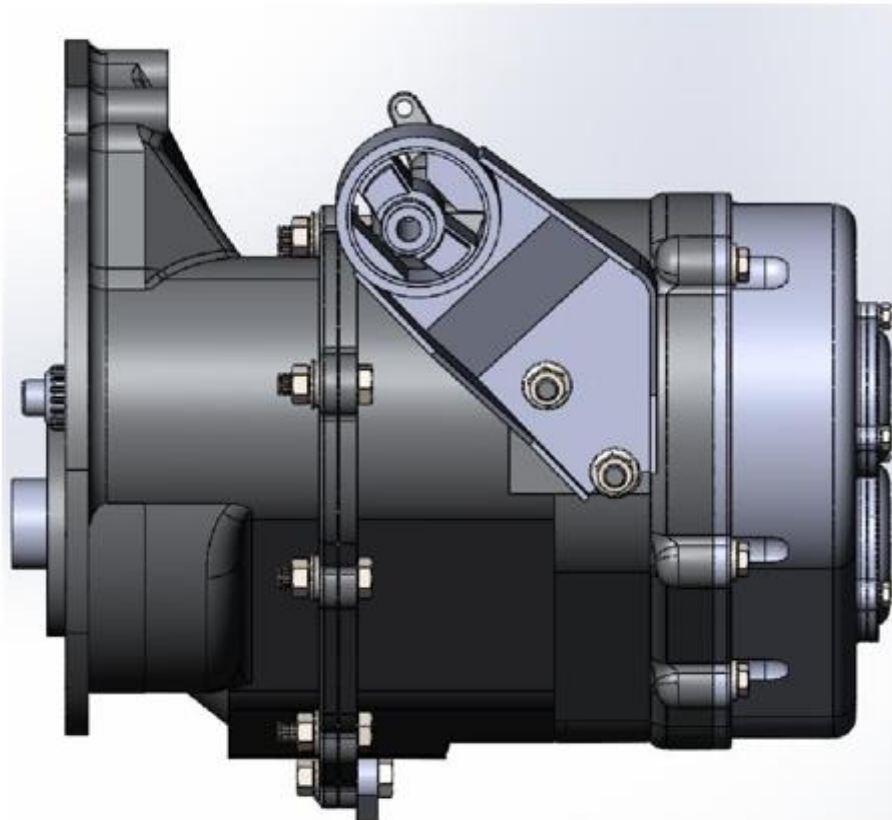


Рисунок 2.5 – Бесступенчатая коробка передач (вид справа)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

31

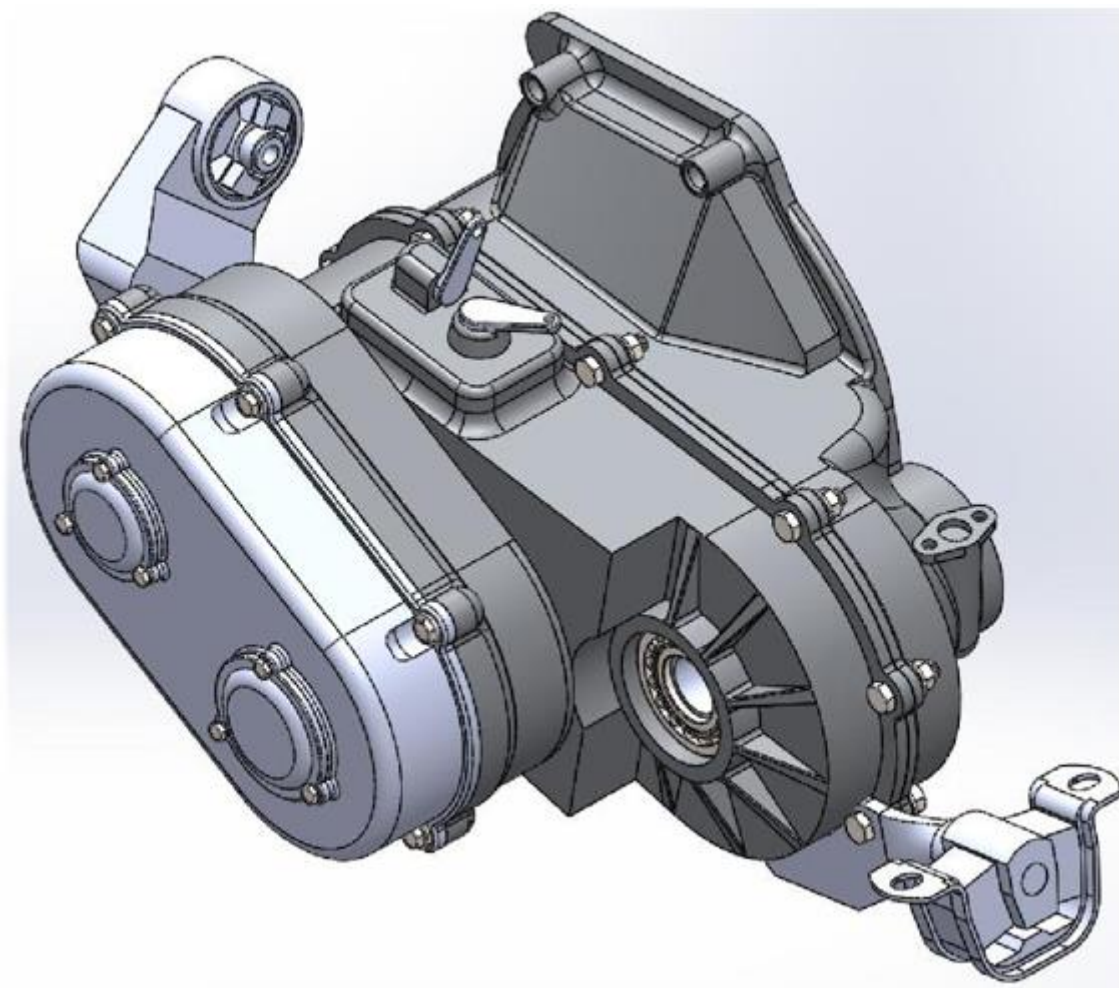


Рисунок 2.6 – Бесступенчатая коробка передач (изометрия)

Клиноременная передача установлена в отдельном корпусе, сзади коробки передач. Данное конструктивное решение выполнено для более удобной замены ремня вариатора и для повышения ресурса клиноременной передачи. Корпуса механизма реверса и главной передачи разделены, для того чтобы масло из смазочной системы не попадало в вариатор. Это обеспечивается манжетными уплотнениями [2].

В верхней части корпуса вариатора выполнен прилив для установки механизма переключения передач.

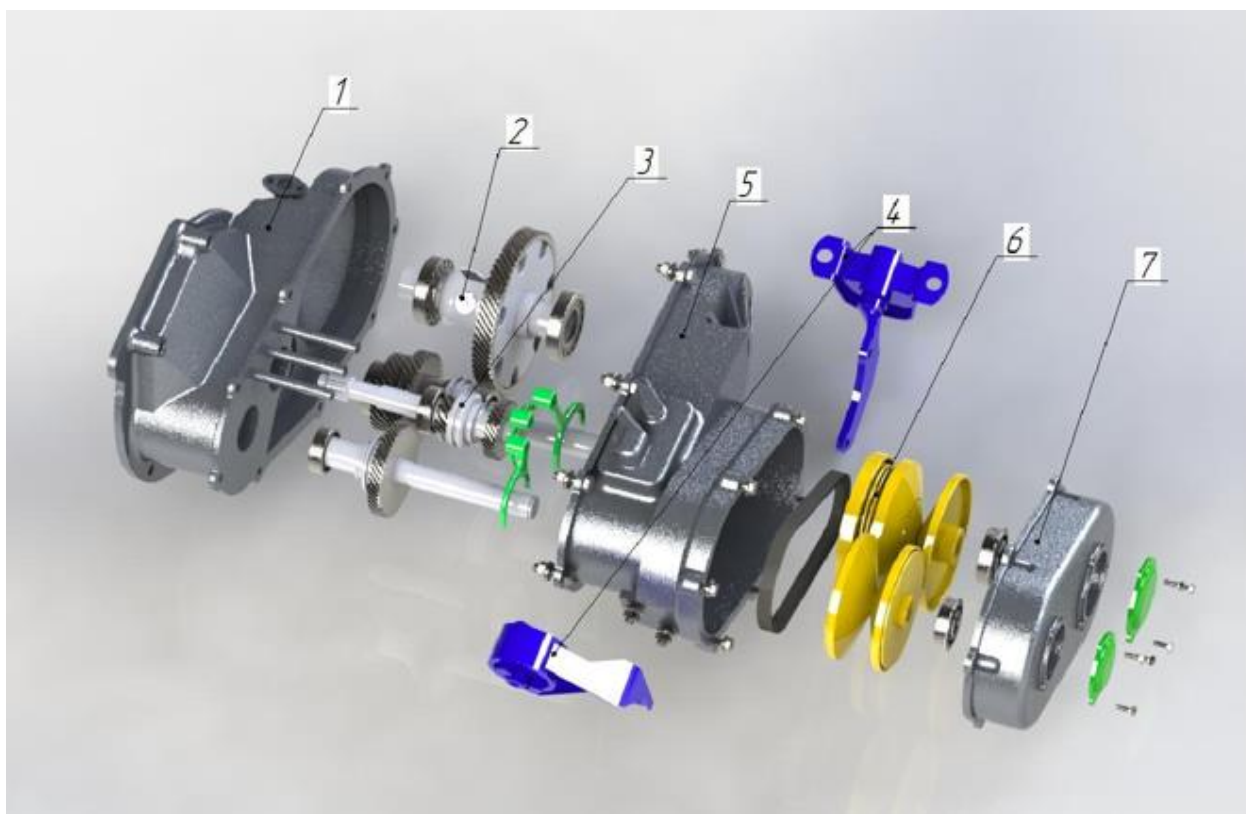


Рисунок 2.7 – Конструкция коробки передач: 1 – крышка коробки передач; 2 – цилиндрическая главная передача; 3 – механизм реверса вращения; 4 – кронштейны крепления к кузову автомобиля; 5 – корпус вариатора; 6 – клиноременная передача; 7 – крышка клиноременной передачи

При движении вперед, вращение передается напрямую через вариатор. При включении задней передачи, крутящий момент на главную передачу передается через цилиндрическую зубчатую передачу, а клиноременная передача полностью неподвижна [2].

Конструкция задней крышки вариатора позволяет легко открывать доступ к ремню вариатора (рисунок 2.8).

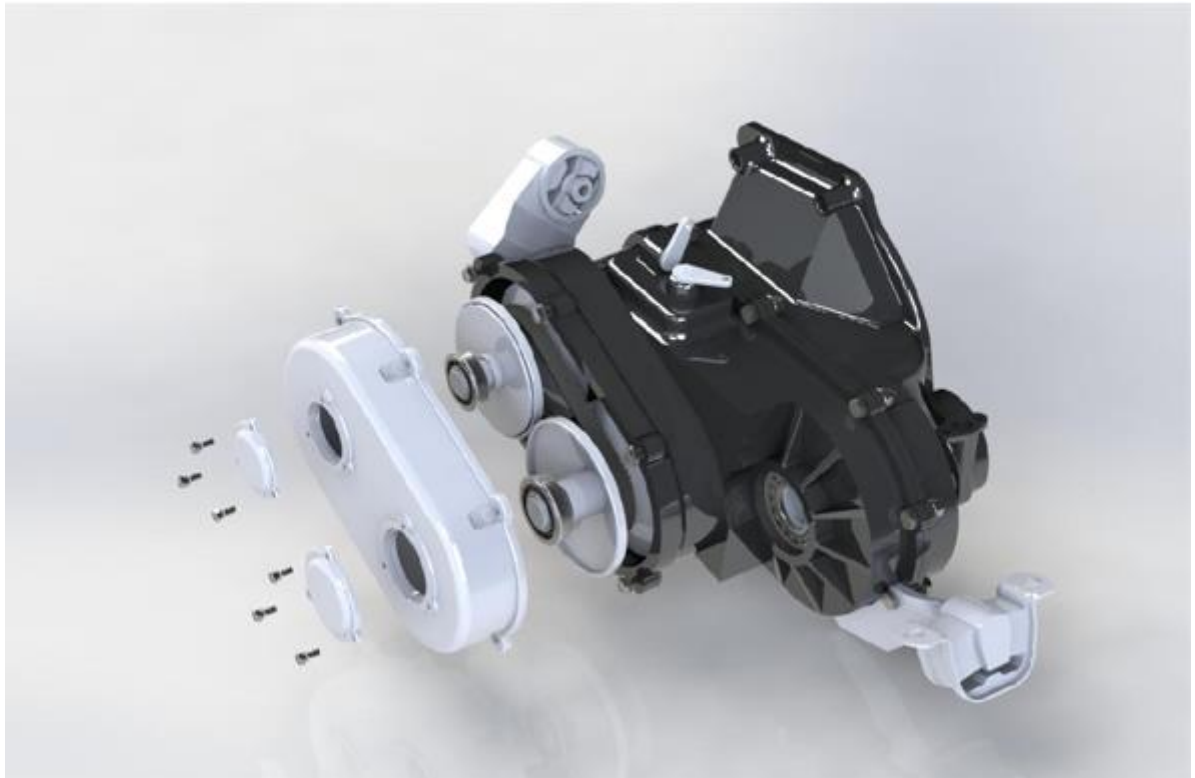


Рисунок 2.8 – Открытое положение задней крышки

Задняя крышка вариатора позволяет получить доступ к основным агрегатам коробки передач. Для того чтобы провести ремонт или периодическое обслуживание бесступенчатой трансмиссии, достаточно снять заднюю крышку вариатора. При этом открывается доступ к основным узлам, появляется возможность заменить ремень или шкивы вариатора [6].

Силовой агрегат располагается поперечно в подкапотном пространстве автомобиля. Его крепление к кузову осуществляется с помощью трех кронштейнов, которые сочетают в себе резиновые подушки для гашения вибраций. Два кронштейна крепятся к коробке передач, один – к двигателю [1].

Для передачи крутящего момента на колеса автомобиля используются шарниры равных угловых скоростей. Они соединяют полуосевые шестерни дифференциала и ступицы ведущих колес. У них есть преимущества по сравнению с карданной передачей, такие как, большие углы поворота и высокая надежность.

В конструкции бесступенчатой коробки передач применяется клиноременный вариатор. Передача вращения на колеса при включенной задней скорости, осуществляется с помощью зубчатой передачи, это позволяет повысить ресурс ремня вариатора. Главная передача располагается в одном корпусе с другими исполнительными механизмами. Это позволяет уменьшить габаритные размеры трансмиссии и снизить неподрессоренную массу автомобиля (рисунок 2.9). Крепление механизмов осуществляется с помощью специальных кронштейнов (рисунок 2.10) [6].

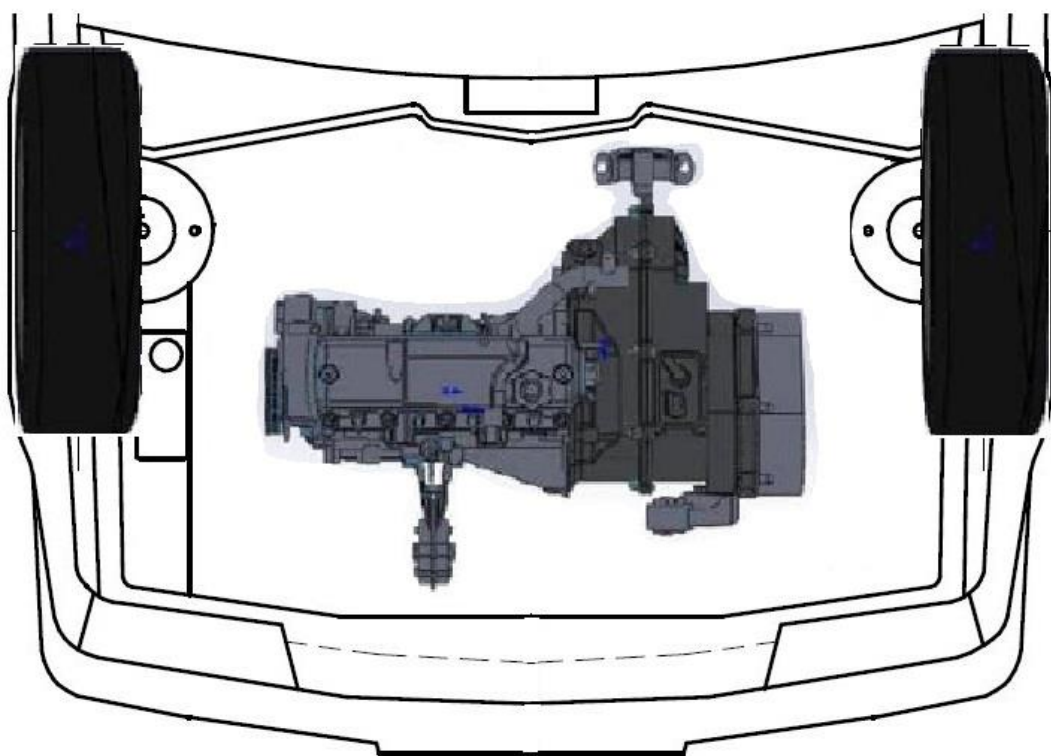


Рисунок 2.9 – Расположение силового агрегата на автомобиле

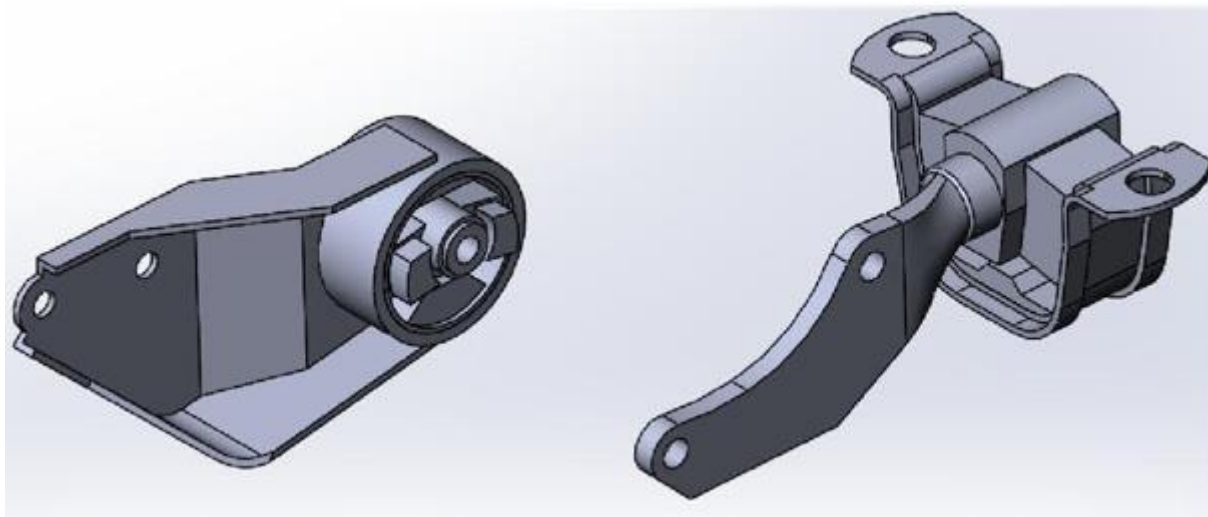


Рисунок 2.10 – Кронштейны крепления к кузову автомобиля

Для снятия ремня вариатора или замены шкивов необходимо снять крышки подшипников 2, которые крепятся к корпусу с помощью винтов 1 (рисунок 2.11).

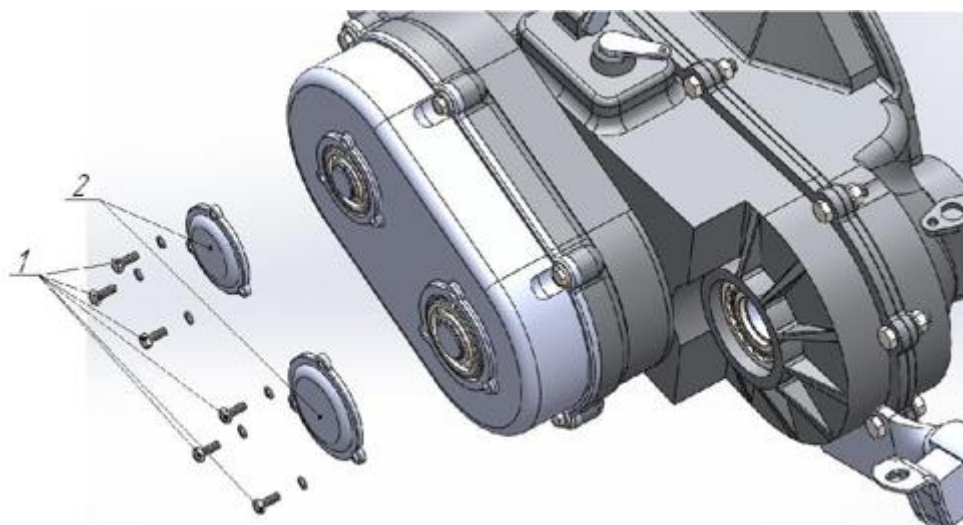


Рисунок 2.11 – Клиноременная передача: 1 – крепежные винты; 2 – крышки подшипников

Подшипники 4 фиксируются в крышке вариатора 3 с помощью стопорных колец 2. Крышка вариатора 3 крепится к корпусу коробки передач 5 с помощью винтов 1. (рисунок 2.12).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

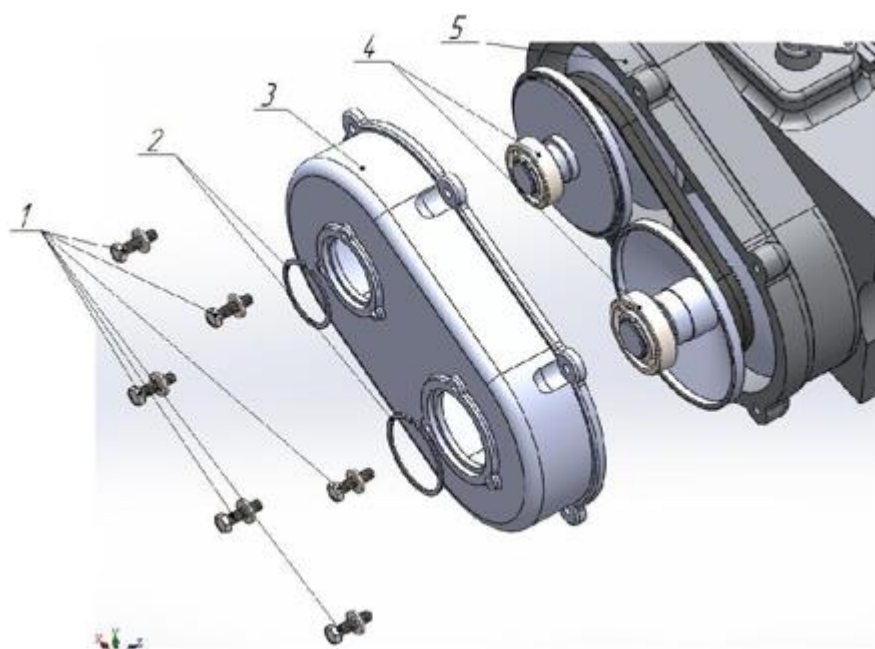


Рисунок 2.12 – Клиноременная передача: 1 – крепежные винты; 2 – стопорные кольца; 3 – крышка вариатора; 4 – подшипники качения; 5 – корпус вариатора

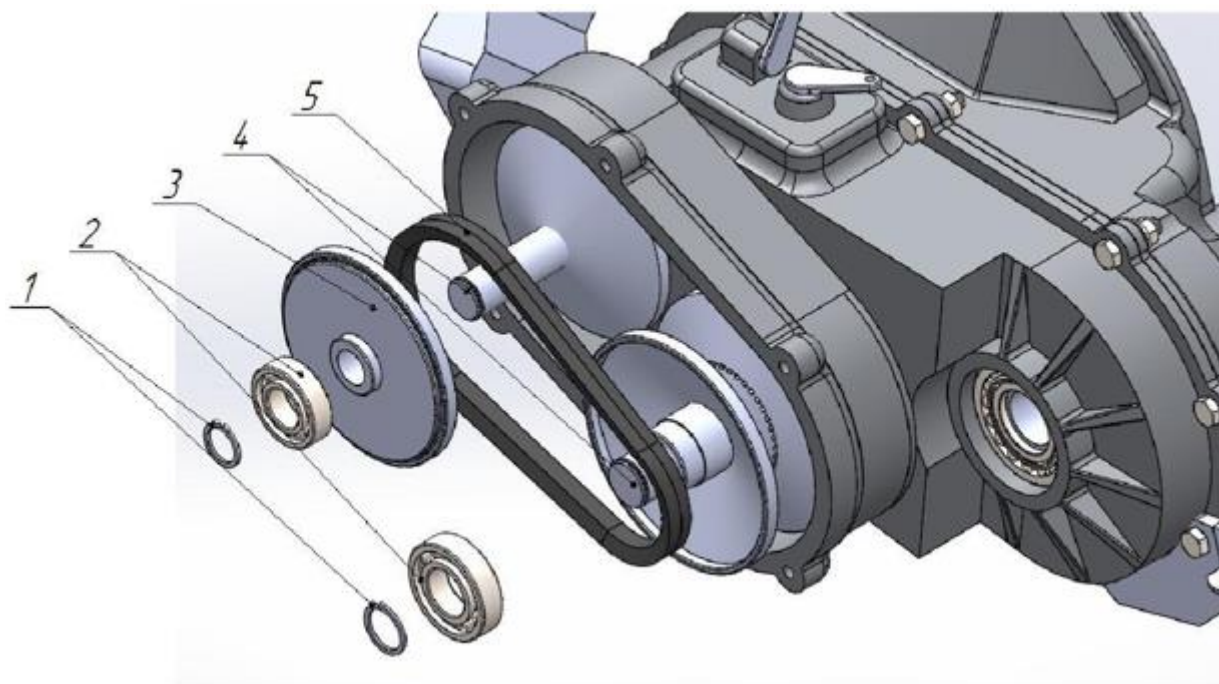
Для того чтобы снять ремень вариатора нужно снять стопорные кольца 1, которые фиксируют подшипники 2 на валах 4. Демонтировать подвижную половину ведущего шкива с центробежным механизмом 3, снять ремень 5 (рисунок 2.13).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

37



Ъ

Рисунок 2.13 – Клиноременная передача: 1 – стопорные кольца; 2 – подшипники качения; 3 – ведущий шкив с центробежным механизмом; 4 – ведущий и ведомые валы; 5 – ремень вариатора

Для проведения капитального ремонта вариатора, необходимо отсоединить коробку передач от двигателя, демонтировать крепежные устройства с кузова автомобиля. Извлечь шарниры равных угловых скоростей. Снять кронштейны 1 с корпуса вариатора, которые крепятся с помощью болтов 2 и гаек 3 (рисунок 2.14). После чего необходимо слить масло с картера, отсоединить датчик тахометра. Снять тяги включения задней передачи. Открутить болты 2, расположенные по периметру коробки передач. Проверить корпус на наличие трещин сколов, подтеков масла. Проверить состояние ремня вариатора, ведущих и ведомых шкивов. В случае обнаружения недопустимых дефектов, следует заменить поврежденные детали [2].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

38

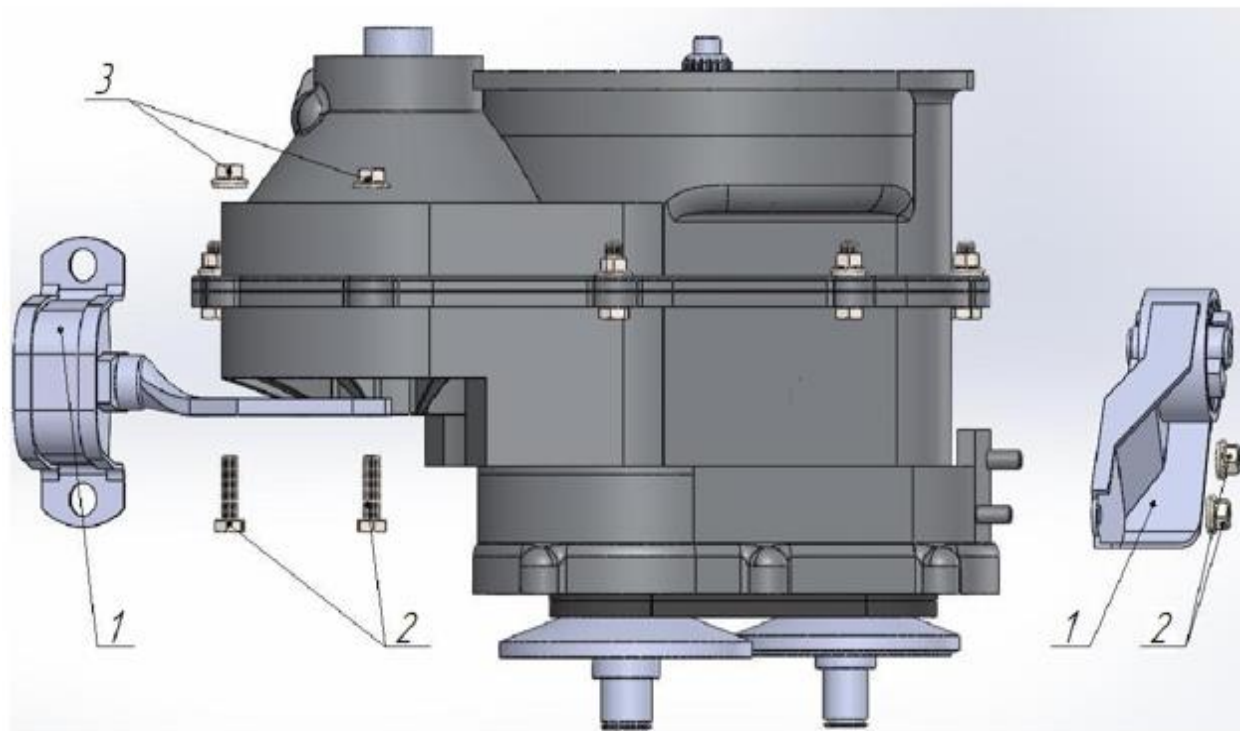


Рисунок 2.14 – Кронштейны крепления к кузову автомобиля: 1 – кронштейны; 2 – болты; 3 – гайки

Крышка коробки передач 1 крепится к корпусу 2 с помощью болтов 3 и гаек 4 (рисунок 2.15).

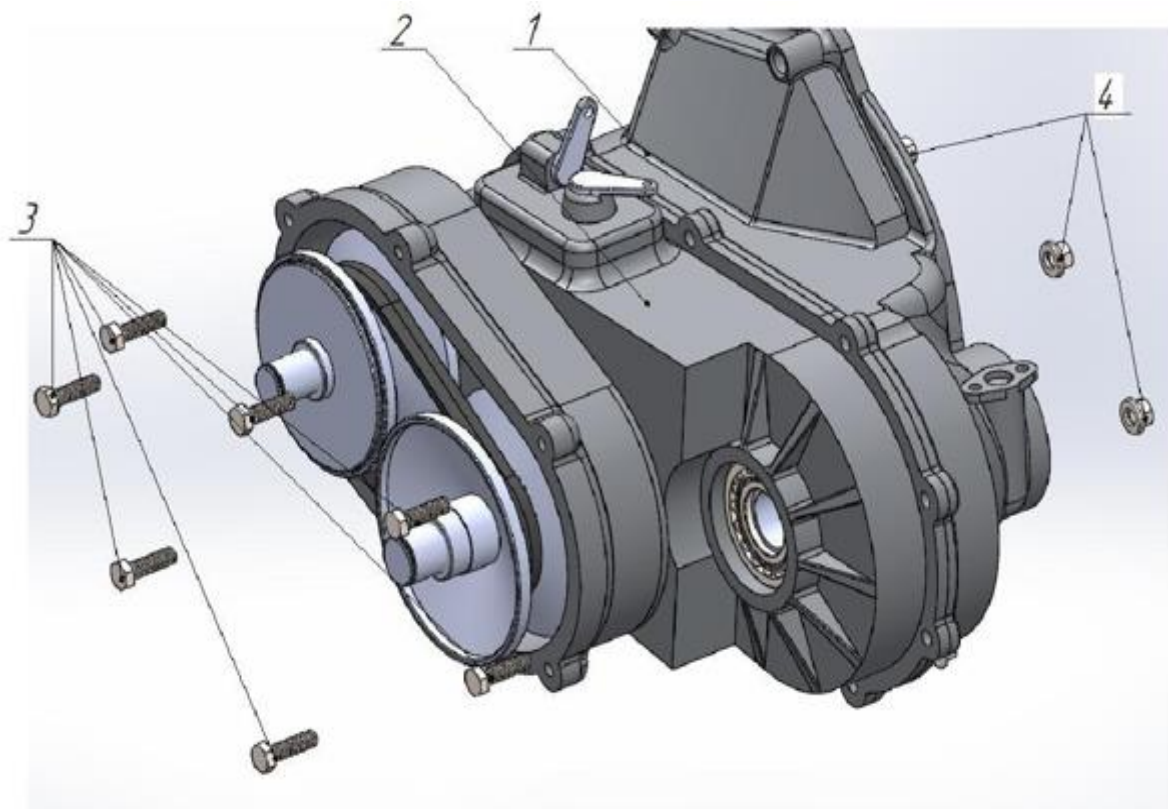


Рисунок 2.15 – Бесступенчатая коробка передач: 1 – крышка коробки передач; 2 – корпус; 3 – крепежные болты; 4 – гайки

При снятии крышки 3 появляется доступ к основным механизмам коробки передач. Опорой главной передачи и дифференциала 1 служат роликовые подшипники качения 2, которые в свою очередь располагаются в корпусе и крышке коробки передач 3 (рисунок 2.16).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

40

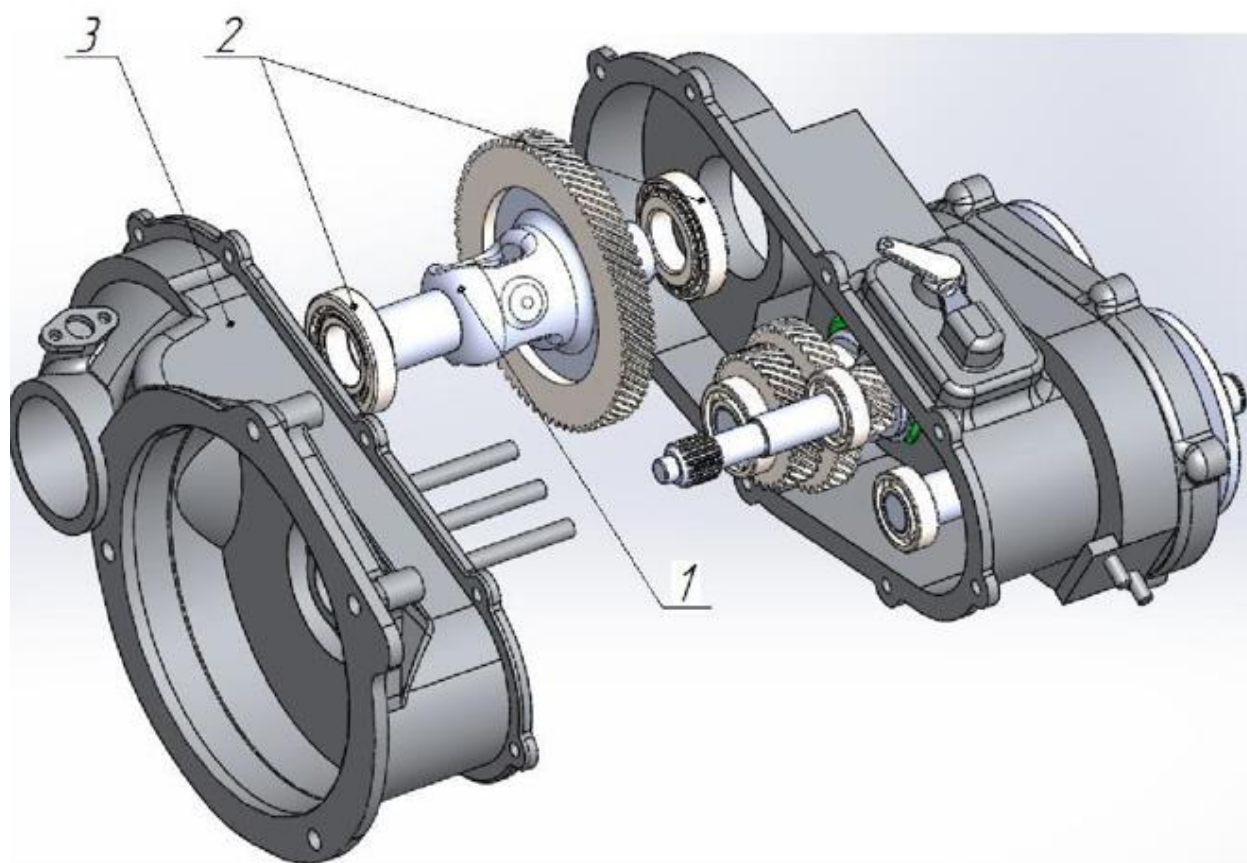


Рисунок 2.16 – Главная передача и дифференциал: 1 – главная передача и дифференциал; 2 – роликовые подшипники качения; 3 – крышка коробки передач

Первичный вал, установлен в подшипниках, которые располагаются на коленчатом валу двигателя и в корпусе вариатора 3. Вилки 2 служащие для активации зубчатых муфт при включении задней передачи, движутся по направляющим. Они управляются при помощи рычага из салона автомобиля, который связан тягами с механизмом переключения 4 (рисунок 2.17). Зубчатые муфты позволяют полностью исключить из работы вариатор при включении задней передачи. Это позволяет увеличить ресурс ремня [6].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

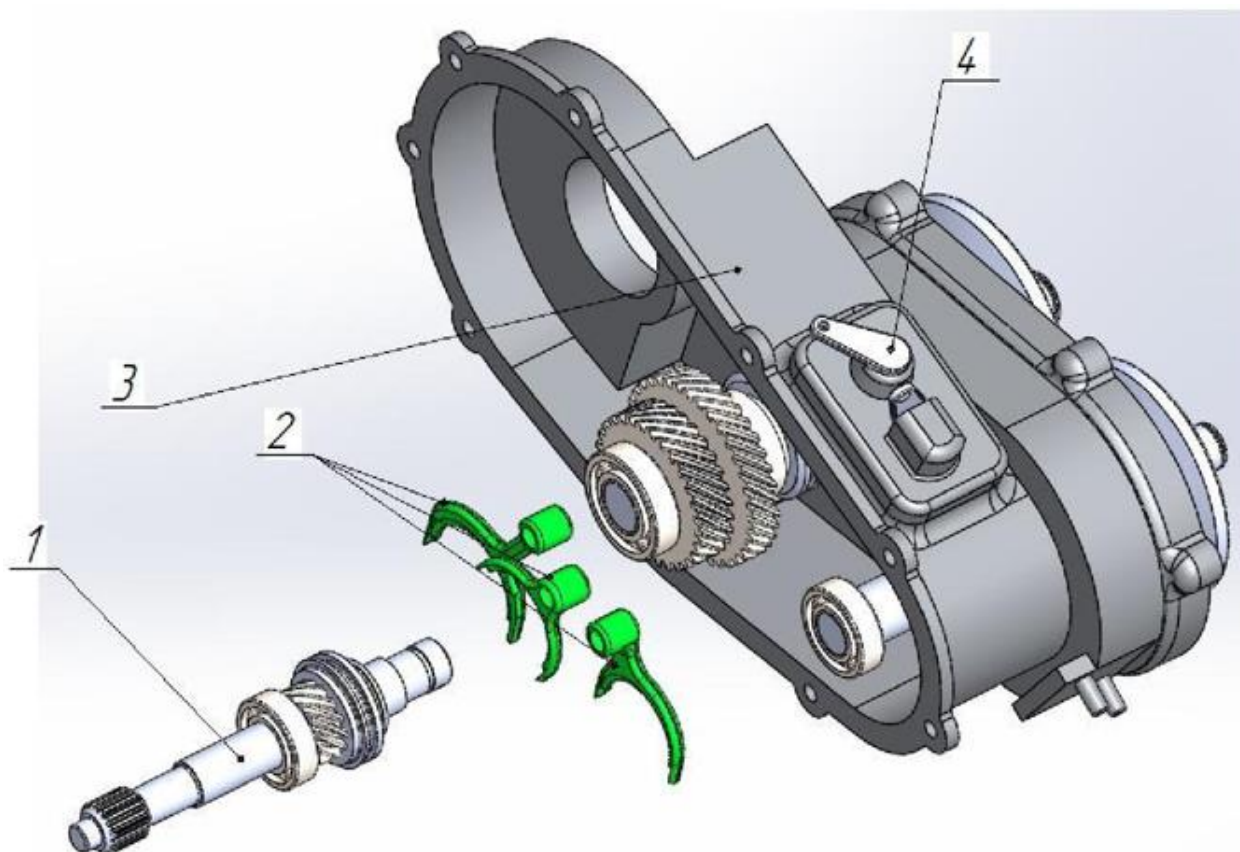


Рисунок 2.17 – Механизм включения задней передачи: 1 – первичный вал; 2 – вилки включения задней передачи; 3 – корпус вариатора; 4 – механизм переключения

В данной конструкции редуктора включения задней скорости предусмотрено три зубчатых муфты. Первая отвечает за выключение из работы вариатора и включение нейтральной передачи, она установлена на ведущем валу. Вторая расположена на первичном валу и активирует передачу реверсивного вращения на главную передачу (при выключенной первой муфте). Третья зубчатая муфта служит для полного исключения из работы клиноременной передачи, она располагается на ведомом валу вариатора [3].

Ведущий 4 и ведомый 5 валы вариатора установлены в корпусе 6 на подшипниках 1. Зубчатые колеса 2 соединяются с помощью зубчатых муфт 3 с валами 4 и 5, при включении задней передачи (рисунок 2.18).

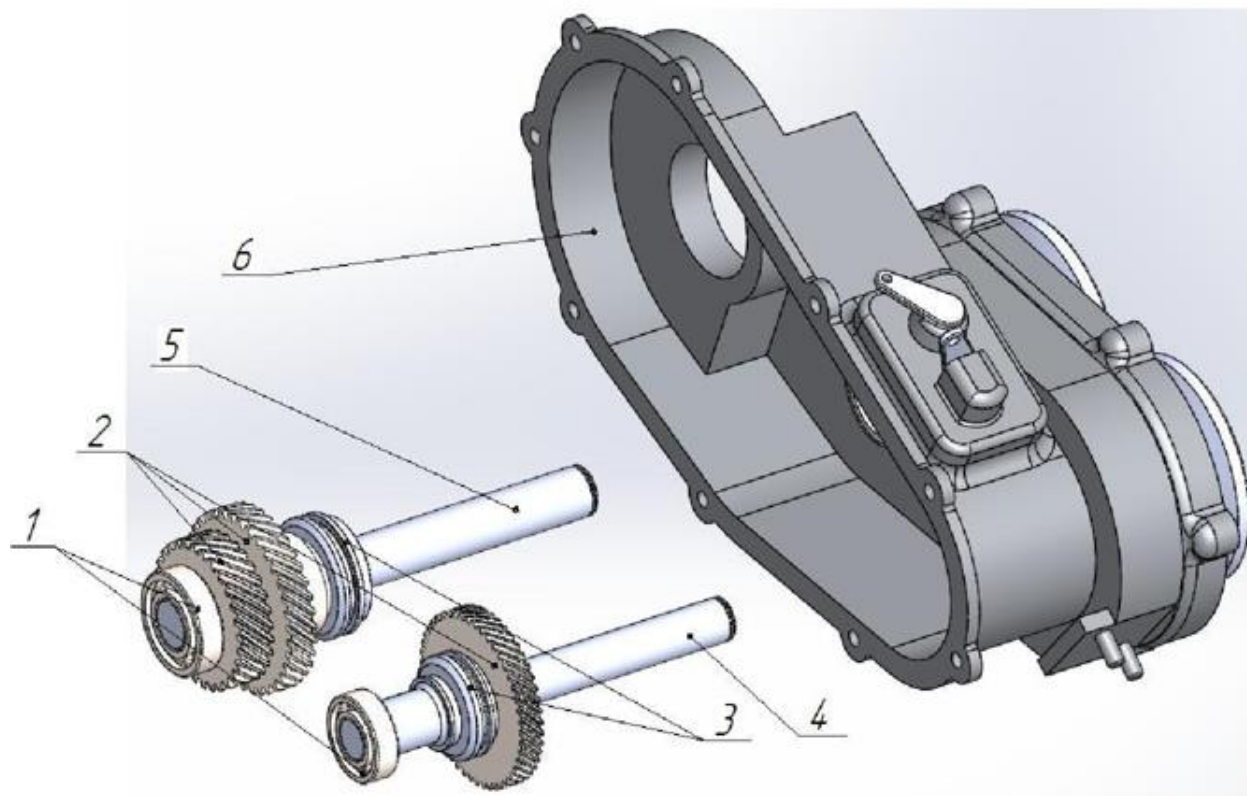


Рисунок 2.18 – Ведущий и ведомые валы: 1 – подшипники качения; 2 – зубчатые колеса; 3 – зубчатые муфты; 4 – ведущий вал; 5 – ведомый вал; 6 – корпус вариатора

Неподвижная половина ведомого шкива 1 установлена на вал 3 и фиксируется с помощью призматической шпонки 2. Подвижная половина 4 перемещается вдоль оси вала с помощью прямоугольных шлицев, выполненных на внутренней поверхности шкива и наружной поверхности вала. Ремень поддерживается в постоянном натяжении с помощью цилиндрической пружины 5 (рисунок 2.19).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

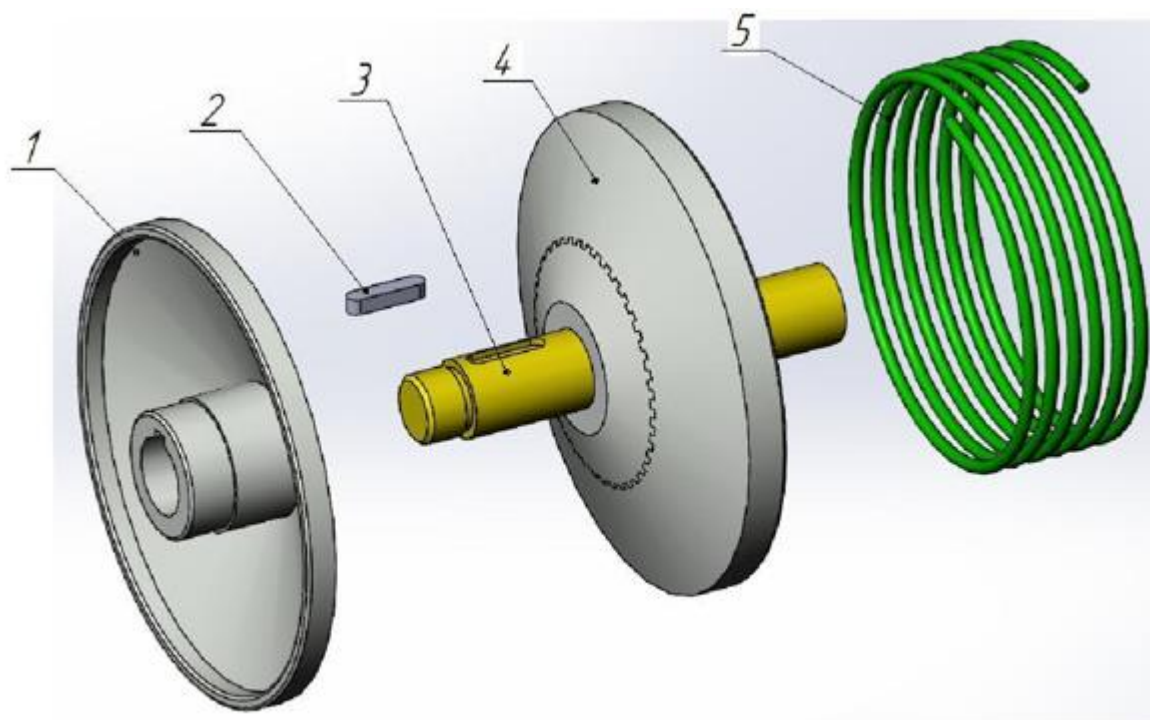


Рисунок 2.19 – Ведомый шкив вариатора: 1 – неподвижная половина; 2 – шпонка; 3 – ведомый вал; 4 – подвижная половина; 5 – цилиндрическая пружина

В момент, когда ступица 2 перемещаясь вдоль вала 1, становится напротив проточки 1, Штифты 3 под действием пружин 4 опускаются вниз (рисунок 2.20).

При этом внешняя секция освободится и продолжит движение в направлении ступицы под действием пружины 5 (рисунок 2.19). Тем самым, выталкивая ремень на больший диаметр и повышая передаточное отношение вариатора.

На ведомом валу выполнена проточка 1 для осуществления блокировки внешней секции 5. Блокирующие штифты 3 установлены в отверстия ступицы. На них установлены пружины 4 для обеспечения автоматической разблокировки внешней секции (рисунок 2.20).

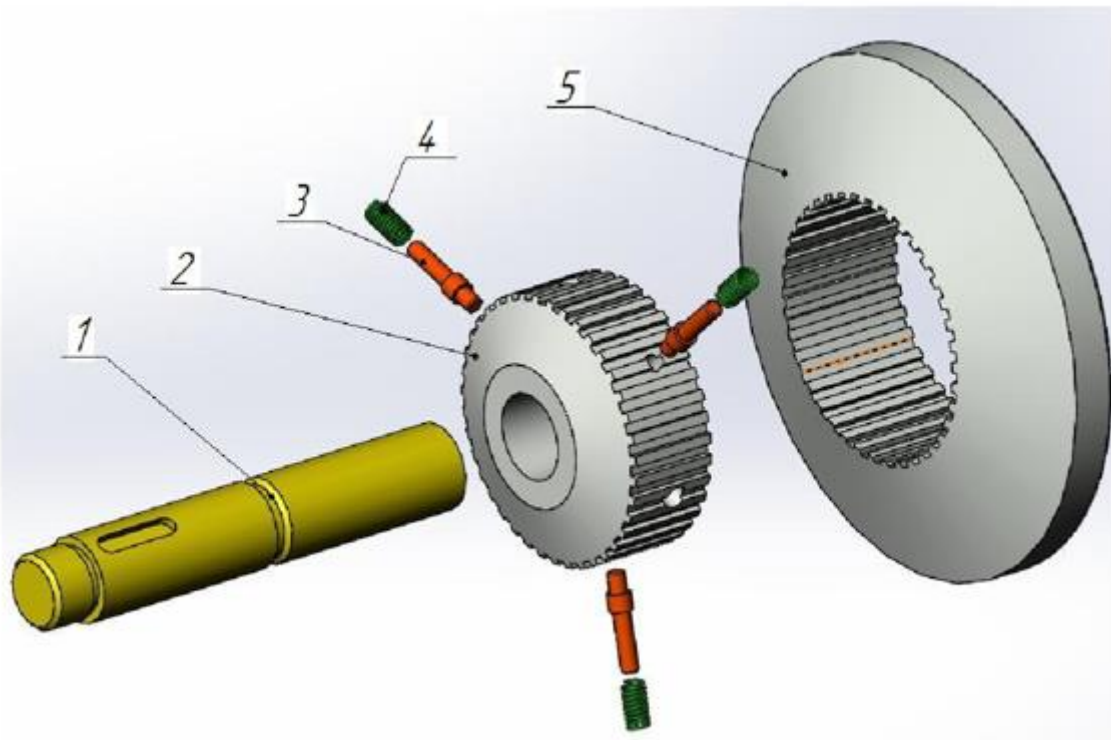


Рисунок 2.20 – Блокирующее устройство: 1 – проточка на валу; 2 – ступица; 3 – блокирующий штифт; 4 – цилиндрическая пружина; 5 – внешняя секция

Проточка на валу 1 выполняется на определенном расстоянии от торца вала. Это расстояние выбирается таким образом, чтобы блокировка и разблокировка внешней секции осуществлялась во время нахождения ремня на внешней секции. Это условие требуется для того, чтобы снизить износ ремня об острые торцы шлицевого соединения.

2.2. Кинематический расчет клиноременной передачи

Исходя из того, что клиноременная передача установлена между двигателем и главной передачей, крутящий момент и частота вращения на ведущем шкиве выбирается равной частоте и моменту на коленчатом валу двигателя с учетом передаточного отношения цилиндрической зубчатой передачи [2].

В качестве прототипа был выбран автомобиль «ВАЗ-2108». Для дальнейших расчетов понадобятся технические характеристики, приведенные в таблице 2.1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ

Лист

45

Таблица 2.1 – Технические характеристики автомобиля «ВАЗ-2108»

№	Техническая характеристика	Значение
1	Максимальный крутящий момент	142,16 Нм
2	Частота коленчатого вала при максимальном моменте	3000 мин ⁻¹
3	Максимальная мощность двигателя	66,7 кВт (90,7 л.с.)
4	Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	5700 мин ⁻¹
5	Полная масса автомобиля	1370 кг

На рисунке 2.22 представлен сборочный чертеж клиноременной передачи с указанием номеров расположения шкивов. Шкив 1 является ведущим, в то время как шкив 2 ведомым.

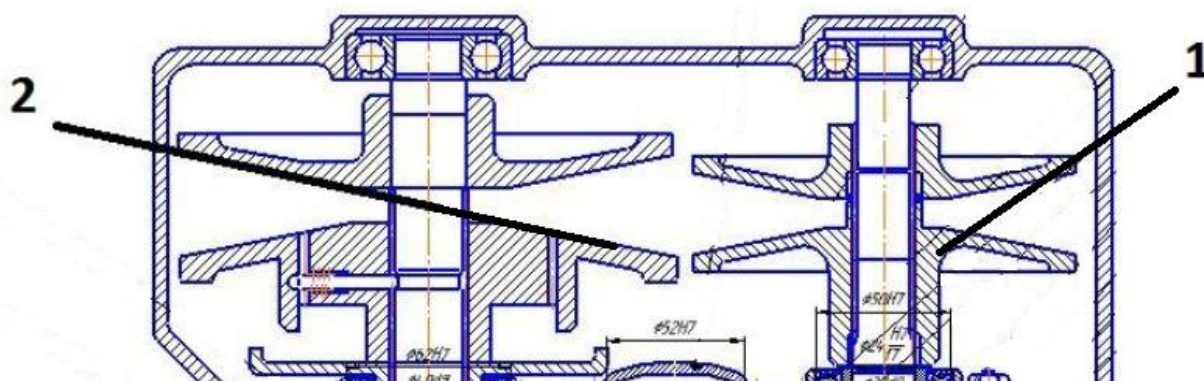


Рисунок 2.22 – Схема расположения шкивов в клиноременной передаче

Рассчитаем минимальный диаметр ведущего d_1 шкива по исходным данным. По величине крутящего момента на ведущем валу T_1 , находим диаметр ведущего d_1 шкива:

$$d_1 = C \sqrt[3]{T_1}, \quad (2.1)$$

где C – коэффициент толщины ремня. Зависит от марки ремня и размеров его поперечного сечения.

Минимальный диаметр ведущего шкива:

$$d_{ш1} = 15 \sqrt[3]{142,16} = 78 \text{ мм.}$$

Полученное значение $d_{ш1}$ округляется до ближайшего стандартного соответствующему требованию ГОСТ 20889-88 «Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия.» Принимаем $d_{ш1} = 80$ мм.

По полученному значению минимального диаметра ведущего шкива, находим скорость ремня [8, с. 97, ф. 4.24]:

$$V = \frac{\pi d_{ш1} n_1}{60000}, \quad (2.2)$$

где n_1 – скорость вращения ведущего шкива вариатора при максимальном моменте, мин^{-1} ($n_1 = 3000 \text{ мин}^{-1}$).

Скорость ремня:

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 3000}{60000} = 12,56 \text{ м/с.}$$

При выполнении расчета, должно быть выполнено условие: $V < 30$ м/с – для ремней нормального сечения; $V > 50$ м/с – для узких ремней.

Находим максимальный диаметр ведомого шкива:

$$d_{ш2} = d_{ш1} u (1 - \varepsilon), \quad (2.3)$$

где d_1 – минимальный диаметр ведущего шкива, мм ($d_1 = 80$ мм);

u – максимальное передаточное отношение вариатора ($u = 3$);

ε – относительное скольжение ремня ($\varepsilon = 0,015$).

Максимальный диаметр ведущего шкива:

$$d_{ш2} = 80 \cdot 3 \cdot (1 - 0,015) = 236,4 \text{ мм.}$$

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

Полученное значение d_2 округляется до ближайшего стандартного соответствующему требованию ГОСТ 20889-88 «Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия.» Принимаем $d_{ш2} = 240$ мм.

Уточнение передаточного отношения, исходя из выбора стандартных значений и учета относительного скольжения ремня [8, с. 97, ф 4.26]:

$$u = \frac{d_{ш2}}{d_{ш1}(1-\varepsilon)} \quad (2.4)$$

Уточненное передаточное отношение:

$$u = \frac{240}{80 \cdot (1 - 0,015)} = 3,046.$$

Дальнейший расчет ведется по уточненному значению передаточного отношения.

Определяем эффективное значение межосевого расстояния в зависимости от максимального диаметра ведомого шкива d_2 и передаточного отношения из условия обеспечения требуемого угла охвата ремнем шкивов [8, с. 97, ф 4.27]:

$$a_{\text{опт}} = C d_{ш2}, \quad (2.5)$$

где C – коэффициент, принимается в зависимости от передаточного отношения по таблице 4.4 [8, с. 98] ($C = 1$).

Значение межосевого расстояния:

$$a_{\text{опт}} = 1 \cdot 240 = 240 \text{ мм.}$$

Руководствуясь полученными значениями, находим длину ремня клиноременной передачи [8, с. 97, ф 4.28]:

$$L_p = 2a + \pi d_{\text{ср}} + \frac{\Delta^2}{a}, \quad (2.6)$$

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

$$\text{где } d_{\text{ср}} = \frac{d_{\text{ш1}} + d_{\text{ш2}}}{2}; \quad (2.7)$$

$$\Delta = \frac{d_{\text{ш2}} - d_{\text{ш1}}}{2}. \quad (2.8)$$

Длина ремня:

$$d_{\text{ср}} = \frac{80 + 240}{2} = 160 \text{ мм};$$

$$\Delta = \frac{240 - 80}{2} = 80 \text{ мм};$$

$$L_p = 2 \cdot 240 + 3,14 \cdot 160 + \frac{80^2}{240} = 1009,07 \text{ мм}.$$

Полученное значение L_p округляется до ближайшего стандартного соответствующему требованию ГОСТ 1284.1-89 «(ИСО 1081-80, ИСО 4183-80, ИСО 4184-80) Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля.» Принимаем $L_p = 1100$ мм.

Находим угол между ветвями ремня в начальном положении (при максимальном крутящем моменте) [8, с. 98, ф 4.30]:

$$\gamma = 2 \arcsin \frac{\Delta^2}{a}. \quad (2.9)$$

Угол между ветвями ремня:

$$\gamma = 2 \arcsin \frac{80^2}{240} = 44^\circ.$$

Во избежание проскальзывания ремня, находим угол охвата ремнем ведущего шкива и проверяем по условию [8, с. 98, ф 4.30]:

$$a = (180^\circ - \gamma) > 120^\circ. \quad (2.10)$$

Угол охвата ведущего шкива:

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

$$a = 180^\circ - 44 = 136^\circ.$$

Вывод: полученное значение угла охвата ведущего шкива соответствует условию: $a > 120^\circ$. Следовательно, крутящий момент полностью реализуется и отсутствует проскальзывание ремня.

2.3. Расчет шестерни на прочность

Рассчитает на прочность шестерню из рисунка 2.21.

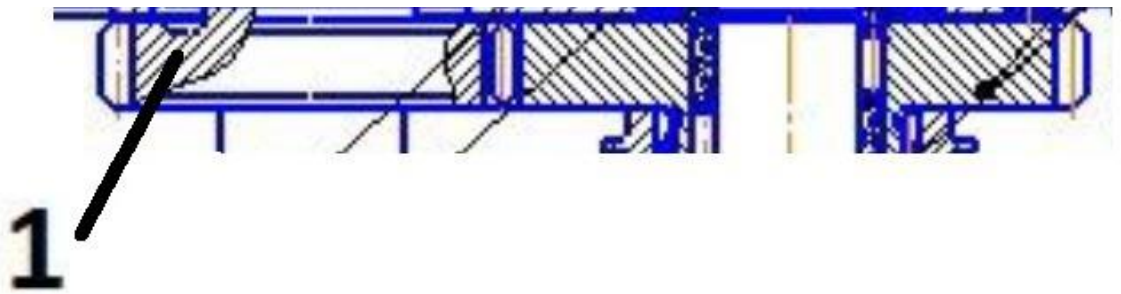


Рисунок 2.21 – Схема расположения шестерни

При расчете шестерен на прочность в их зубьях определяются напряжения изгиба и сжатия [10, с. 188]:

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,36 \frac{P}{b m_n \gamma} \leq [\sigma_{\text{изг}}], \quad (2.11)$$

где P – окружная сила, действующая на зубья шестерни,

$$P = \frac{T_{\text{max}} i_k}{r_0}; \quad (2.12)$$

m_n – нормальный модуль, мм;

b – ширина шестерни, мм;

γ – коэффициент формы зуба;

i_k – передаточное число включенной передачи ($i_k = 1,25$);

r_0 – радиус делительной окружности шестерни, мм ($r_0 = 44 \text{ мм} = 0,044 \text{ м}$);

T_{max} – максимальный крутящий момент, Нм ($T_{\text{max}} = 142,16 \text{ Нм}$);

z – число зубьев.

Тогда:

$$P = \frac{142,16 \cdot 1,25}{0,044} = 4038,64 \text{ Н.}$$

Зная значение максимального крутящего момента, принимаем $m_H = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$ [10, с. 188].

Ширина шестерни определяется как [10, с. 189]:

$$b = (5 \dots 8)m_H. \quad (2.13)$$

Тогда:

$$b = 7 \cdot 2 = 14 \text{ мм} = 0,014 \text{ м.}$$

Коэффициент формы зуба можно найти из выражения [10, с. 189]:

$$\gamma = 0,154 - \frac{1,23}{z_1} - \frac{3,33}{z_1^2}, \quad (2.14)$$

где z_1 – число зубьев меньшей шестерни зубчатой пары.

Тогда:

$$\gamma = 0,154 - \frac{1,23}{44} - \frac{3,33}{44^2} = 0,124.$$

Исходя из полученных данных найдем напряжение изгиба шестерни:

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,36 \cdot \frac{4038,64}{0,014 \cdot 0,002 \cdot 0,124} \leq [700 \text{ МПа}]$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 418,75 \text{ МПа} \leq [700 \text{ МПа}]$$

Вывод: полученное значение напряжения изгиба шестерни соответствует условию: $\sigma_{\text{изг}} \leq [700 \text{ МПа}]$. Следовательно, запас прочности обеспечен.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

2.4. Подбор подшипника

Мы уже выяснили выше, что окружная сила $P = 4038,64$ Н. Теперь определим радиальную и осевую силу [10, с. 206].

Радиальная сила:

$$R = P \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta'} \quad (2.15)$$

где α – угол зацепления зубьев, град ($\alpha = 20^\circ$);

β – угол наклона зубьев, град ($\beta = 0^\circ$).

Тогда:

$$R = 4038,64 \cdot \frac{0,364}{1} = 1470 \text{ Н.}$$

Осевая сила:

$$Q = P \operatorname{tg} \beta. \quad (2.16)$$

Тогда:

$$Q = 4038,64 \cdot 0 = 0.$$

Эквивалентная нагрузка, действующая на наиболее нагруженный подшипник опоры вала, равна [10, с. 209]:

$$P = XR + YQ, \quad (2.17)$$

где X – коэффициент, учитывающий, какое кольцо вращается ($\alpha = 20^\circ$);

Y – коэффициент, учитывающий неодинаковое влияние осевой и радиальной нагрузки на долговечность ($\beta = 0^\circ$).

Тогда:

$$P = 0,5 \cdot 1470 + 0,7 \cdot 0 = 735 \text{ Н.}$$

Удельная мощность двигателя [10, с. 30]:

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

$$y = \frac{0,9P_{max}}{m_a}, \quad (2.18)$$

где P_{max} – максимальная мощность, кВт ($P_{max} = 90,7$ л. с.);

m_a – полная масса автомобиля, кг ($m_a = 1370$ кг).

Тогда:

$$y = \frac{0,9 \cdot 90,7}{1370} = 0,06 \text{ л. с./кг.}$$

Динамическая грузоподъемность радиально-упорного подшипника:

$$C = \frac{P}{g} f, \quad (2.19)$$

где f – фактор долговечности [10, с. 30, табл. 1.15] ($f = 3$);

g – ускорение свободного падения, м/с² ($g = 9,8$ м/с²).

Тогда:

$$C = \frac{735}{9,8} \cdot 3 = 225 \text{ кгс.}$$

Полученным требованиям удовлетворяет подшипник 207 ГОСТ 8338-75.

2.5. Кинематический расчет зубчатых передач

На рисунке 2.23 представлен сборочный чертеж вариатора с указанием номеров расположения валов.

При движении вперед, вращение передается через зубчатую передачу, муфту синхронизатора, вариатор, главную передачу.

Вал 4 используется для реверса вращения, при включении задней передачи.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

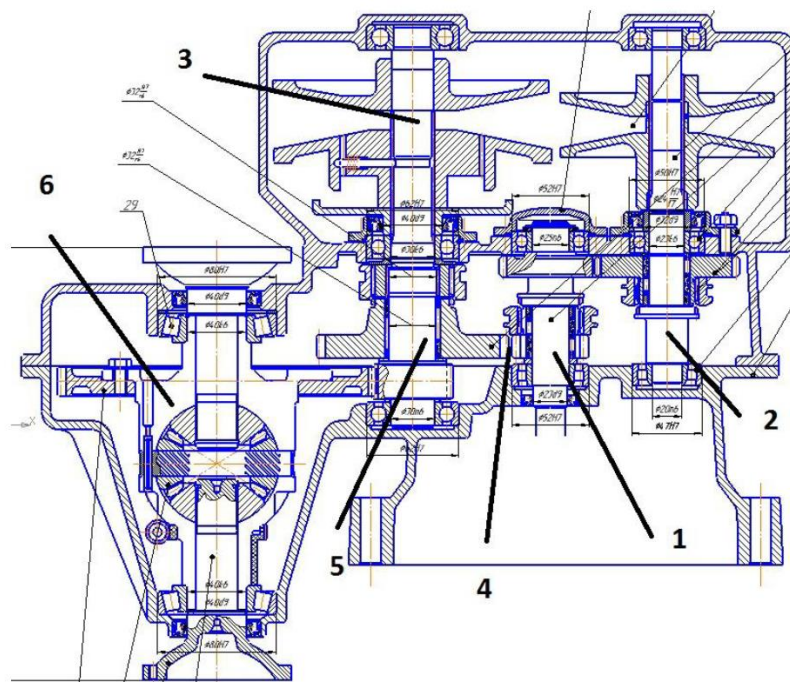


Рисунок 2.23 – Схема расположения валов в коробке передач

Определяем общий КПД привода [8, с. 6]:

$$\eta_0 = \eta_{пп} \eta_c \eta_{зщп} \eta_{пп} \eta_p \eta_{пп} \eta_{зщп}. \quad (2.20)$$

Принимаем по таблице 1.1 [8, стр. 6]:

$\eta_{пп} = 0,99$ – КПД пары подшипников;

$\eta_c = 0,98$ – КПД муфты синхронизатора;

$\eta_{зщп} = 0,97$ – КПД зубчатой цилиндрической передачи;

$\eta_p = 0,95$ – КПД ременной передачи;

Тогда:

$$\eta_0 = 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,85.$$

Определяем частоты вращения валов [10, с. 144]:

$$n_{\text{ВЫХ}} = \frac{n_{\text{ВХ}}}{i}, \quad (2.21)$$

где $n_{\text{ВЫХ}}$ – частота вращения выходного вала, мин⁻¹;

$n_{\text{ВХ}}$ – частота вращения входного вала, мин⁻¹;

i – передаточное число.

Тогда:

$$n_1 = n_{\text{ДВ}} = 3000 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{зцп}}} = \frac{3000}{1,25} = 2400 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_p} = \frac{2400}{3} = 800 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_5 = n_3 = 800 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_6 = \frac{n_5}{i_{\text{зцп}}} = \frac{800}{2,8} = 285,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем мощность на валах [10, с. 149]:

$$P_{\text{ВЫХ}} = P_{\text{ВХ}} \eta, \quad (2.22)$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ – мощность на входе в КПП, кВт;

$P_{\text{ВХ}}$ – мощность на выходе из КПП, кВт;

i – коэффициент полезного действия.

Тогда:

$$P_{\text{ДВ}} = 66,7 \text{ кВт};$$

$$P_1 = P_{\text{ДВ}} \eta_{\text{пп}} = 66,7 \cdot 0,99 = 66 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \eta_c \eta_{\text{зцп}} \eta_{\text{пп}} = 66 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 62,11 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \eta_{\text{пп}} \eta_p = 62,11 \cdot 0,99 \cdot 0,95 = 58,41 \text{ кВт};$$

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

$$P_5 = P_3 = 58,41 \text{ кВт};$$

$$P_6 = P_5 \eta_{пп} \eta_{зщп} = 58,41 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 56,09 \text{ кВт.}$$

Определяем вращающие моменты на валах [10, с. 139]:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i} \quad (2.23)$$

Тогда:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{66}{3000} = 210,1 \text{ Нм};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{62,11}{2400} = 247,1 \text{ Нм};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{58,41}{800} = 607,3 \text{ Нм};$$

$$T_5 = 9550 \cdot \frac{58,41}{800} = 607,3 \text{ Нм};$$

$$T_6 = 9550 \cdot \frac{56,09}{285,7} = 1874,9 \text{ Нм.}$$

По конструктивным и технологическим соображениям в редукторах применяют ступенчатые валы, имеющие различные диаметры отдельных ступеней. Предварительно диаметры консольных участков входного и выходного валов редуктора определяют по формулам [10, с. 209]:

$$d_i = (3 \dots 6) \sqrt[3]{T_i} \quad (2.24)$$

где d_i – диаметр вала, мм.

Тогда:

$$d_1 = (4 \dots 6) \sqrt[3]{210,1} = (23,78 \dots 35,67) \text{ мм};$$

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

$$d_2 = (4 \dots 6) \sqrt[3]{247,1} = (25,10 \dots 37,65) \text{ мм};$$

$$d_3 = (4 \dots 6) \sqrt[3]{607,3} = (33,87 \dots 50,81) \text{ мм};$$

$$d_6 = (3 \dots 5) \sqrt[3]{1874,9} = (37 \dots 61,65) \text{ мм}.$$

Диаметры участков этих валов для удобства посадки на вал подшипников качения, шкивов и других деталей назначаем по конструктивным и технологическим соображениям с учетом необходимой фиксации деталей на валу в осевом направлении округляем до ближайших стандартных соответствующих требованию ГОСТ 12080-66 «Концы валов цилиндрические. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты (с Изменениями N 1, 2, 3).» Принимаем:

$$d_{п1} = 30 \text{ мм};$$

$$d_{п2} = 30 \text{ мм};$$

$$d_{п3} = 40 \text{ мм};$$

$$d_{п6} = 45 \text{ мм}.$$

2.6. Требования к эксплуатации автомобиля с вариатором

При эксплуатации автомобиля с бесступенчатой трансмиссией необходимо руководствоваться рядом правил, которые прописаны в ГОСТ 25478-82. В этот стандарт включены правила по эксплуатации подвижного состава, инструкции завода изготовителя, правила дорожного движения. Автомобиль с бесступенчатой трансмиссией существенно отличается от автомобиля с механической коробкой передач. Главным отличием является отсутствие педали сцепления и изменение управления передаточным отношением трансмиссии [4].

Перед запуском двигателя необходимо убедиться, что автомобиль находится на стояночном тормозе, а рычаг управления коробкой передач – в нейтральном поло-

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

жении. Пуск двигателя необходимо производить только с помощью электростартера. Запрещается запускать двигатель с бесступенчатой трансмиссией путем буксировки. Это может привести к преждевременному выходу из строя клиноременной передачи.

Перед внешним осмотром коробки передач, необходимо очистить корпус с помощью щетки или скребка. Затем продуть все отверстия и полости сжатым воздухом. Подушки кронштейнов крепления коробки передач не должны иметь трещин и усталостного износа. На картере маховика не должно быть сколов, трещин, а на поверхностях установки подшипников – повреждений или износа. При осмотре крышки вариатора, нужно обратить внимание на масляную пробку и указатель уровня масла.

2.7. Диагностика автомобиля с вариатором

Диагностику бесступенчатой трансмиссии необходимо проводить каждые 50000 км пробега автомобиля. При появлении посторонних шумов, высокого нагрева корпуса вариатора, снижении разгона, необходимо проверить техническое состояние механизмов бесступенчатой трансмиссии [12].

Порядок проведения диагностики вариаторной коробки передач:

- заглушить двигатель;
- поставить автомобиль на ручной, либо стояночный тормоз;
- слить масло с вариаторной коробки передач через нижнее сливное отверстие;
- проверить масло визуально на наличие металлической стружки и цвета;
- снять крышку коробки передач для проверки состояния ремня вариатора;
- снять радиально-упорные подшипники с ведущего и ведомого валов с помощью съемника;
- снять стопорное кольцо с ведомого шкива;
- извлечь половину ведомого шкива из корпуса;
- снять ремень и проверить на наличие трещин, потертостей, дефектов, деформации. В случае наличия перечисленных – ремень подлежит замене;

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

– если ремень находится в удовлетворительном состоянии, необходимо проверить подшипники качения;

– проводится тщательная проверка колец, беговых дорожек, шариков и роликов.

При наличии трещин, цветов побежалости, следов защемления, выкрашивания, отслаивания, шелушения, раковин, а также царапин или глубоких рисок на беговых дорожках, шариках или роликах, надломов и сквозных трещин на сепараторе подшипники выбраковываются. При отсутствии указанных неисправностей шариковые подшипники проверяются;

– если имеются вышеперечисленные недостатки – подшипники требуется заменить;

– сборка вариатора осуществляется в обратной последовательности. После сборки необходимо залить промывочное масло, завести двигатель автомобиля, дать поработать 10-15 мин. После чего слить масло и залить новое. Уровень масла контролируется с помощью щупа.

2.8. Периодичность технического обслуживания [13]

Порядок проведения диагностики вариаторной коробки передач:

– ТО-1 – проводится через каждые 10000 км пробега;

– ТО-2 – проводится через каждые 50000 км пробега.

Второе техническое обслуживание ТО-2 включает в себя выполнение мероприятий и всех видов работ, проводимых при ТО-1.

Работы, выполняемые при первом техническом обслуживании ТО-1:

– мойка корпуса вариатора;

– внешний осмотр;

– проверка затяжки винтов крышка вариатора;

– проверка затяжки болтов креплений;

– проверка уровня масла.

Работы, выполняемые при первом техническом обслуживании ТО-1:

– выполняются все работы, указанные в ТО-1;

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

- снятие крышки вариатора и проверка подшипников качения;
- проверка натяжения ремня вариатора и его состояния.

2.9. Безопасность жизнедеятельности

К бесступенчатой трансмиссии предъявляется ряд требований, как в плане безопасной эксплуатации, так и в плане экологии. К экологическим требованиям можно отнести подтекание технологических жидкостей из коробки передач и попадания в почву. Чтобы этого избежать, необходимо периодически проверять состояние корпуса на наличие трещин и манжетных уплотнений. В данном разделе рассматриваются мероприятия, проводимые для обеспечения безопасности при изготовлении и эксплуатации вариатора [5].

Опасные факторы:

- вращающиеся части приводов и шарниров равных угловых скоростей в процессе работы могут нанести травму;
- на корпус вариатора, ведущий и ведомые валы, действует динамическая нагрузка, что увеличивает вероятность усталостной поломки и разрушения механизма. Что может привести к травмированию;
- значительный вес механизма обуславливает возможность травм при снятии с автомобиля;
- присутствие в коробке передач трущихся поверхностей приводит к нагреву корпусных деталей.

При эксплуатации автомобиля с бесступенчатой трансмиссией рекомендуется руководствоваться рядом правил:

- не допускайте превышения оборотов двигателя при начале движения;
- не превышайте разрешенную максимальную скорость движения автомобиля с бесступенчатой трансмиссией;
- учитывайте, что при буксировке прицепа или другого неисправного автомобиля кузов, тормоза, трансмиссия и шасси испытывают повышенные нагрузки и напряжения;

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

- не допускается раньше времени отпускать педаль тормоза при начале движения;
- помните, что повышение массы, а также повышение сопротивления качению и сопротивления воздуха, вызывают увеличенный расхода топлива;
- при длительных остановках или движении в условиях пробок, переводите ручку переключения передач в нейтральное положение, это позволит сэкономить топлива, снизив нагрузку на двигатель;
- при остановке на подъеме держите педаль тормоза нажатой или активируйте стояночный тормоз;
- если при движении начинается раскачивание кузова, следует уменьшить скорость, а при возможности – остановиться и перераспределить размещение груза.
- немедленно снижайте скорость, если заметили малейшее влияние кузова автомобиля. Ни в коем случае не пробуйте погасить влияние ускорением движения автомобиля;
- буксировать автомобиль с неисправной тормозной системой разрешается только на жесткой сцепке;
- чтобы тормозить двигателем, перед уклоном дороги нужно снизить нажатие на педаль подачи топлива;
- помните, что при повышенной нагрузке система охлаждения и двигатель могут перегреваться;
- если при высоких температурах воздуха придется преодолевать длительный подъем, внимательно следите за показаниями указателя температуры охлаждающей жидкости. Если стрелка указателя попадет в красную зону шкалы указателя, тогда остановитесь, переведите коробку передач в нейтральное положение и подождите несколько минут, чтобы двигатель остыл на холостых оборотах;
- при движении с полной нагрузкой, рекомендуется увеличить давление в шинах.
- следите за своевременной заменой масла, в противном случае может произойти износ механизмов;
- избегайте резкого трогания с места, разгона и торможения;
- избегайте резких поворотов и перестроений;

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

– в дальних поездках, останавливаясь для отдыха, обязательно съезжайте с дорожной поверхности.

Выводы по разделу два:

- 1) Описана конструкция бесступенчатой трансмиссии *Autotronic 722.8*. Показаны способы крепления бесступенчатой трансмиссии к автомобилю ВАЗ-2108.
- 2) Определены параметры клиноременной передачи: диаметр ведущего шкива $d_{ш1} = 80$ мм; диаметр ведомого шкива $d_{ш2} = 240$ мм; длина ремня $L_p = 1100$ мм; угол охвата ведущего шкива $\alpha = 136^\circ$.
- 3) Проведет расчет на прочность шестерни по напряжениям изгибов $\sigma_{изг} = 418,75$ МПа $\leq [700$ МПа], который показал, что запас прочности обеспечен.
- 4) Был подобран подшипник на первичный вал. Полученным требованиям удовлетворяет подшипник 207 ГОСТ ГОСТ 8338-75.
- 5) Проведет расчет зубчатых передач: определены основные диаметры валов: $d_{п1} = 30$ мм, $d_{п2} = 30$ мм, $d_{п3} = 40$ мм, $d_{п6} = 45$ мм.
- 6) Описан полный список мероприятий по эксплуатации, диагностике и техническому обслуживанию автомобиля с разрабатываемым вариатором. Указана периодичность проведения технического обслуживания и выполняемые работы.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе расчёта данного были проработаны следующие вопросы:

Выполнен анализ бесступенчатых трансмиссий, применяемых на автомобилях, доказана целесообразность применения вариатора *Autotronic 722.8*.

В конструкторской части описаны составные части вариатора, произведены кинематические расчеты зубчатых передач, клиноременной передачи.

В инструкции обозначен порядок действий при диагностике, эксплуатации и техническом обслуживании автомобиля с вариатором.

Внедрение в конструкцию автомобиля ВАЗ-2108 вариаторной коробки передач повлечет за собой удорожание его эксплуатации, но улучшит тягово-скоростные свойства автомобиля. По сравнению с механической коробкой передач, эксплуатация проектируемого автомобиля дешевле, т.к. улучшается топливная экономичность.

Исходя из проделанной работы можно сделать вывод о том, что цель выпускной квалификационной работы достигнута.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Автомобили: Конструкции, конструирование и расчет. Трансмиссия: [Учеб. пособ. для спец. «Автомобили и тракторы» / А.И. Гришкевич, В.А., Вавуло, А.В. Карпов и др.]; Под ред. А.И. Гришкевича. - Мн.: Высш. шк., 1985 - 240 с
- 2 Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи и вариаторы/ Проппин Б.А., Ревков Г.А. – издание 3, переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.И
- 3 Иванов, В.В., Иларионов, В.А., Морин М.М., Мاستиков, В.А. Основы теории автомобиля и трактора. Учеб. пособие для механич. специальностей вузов. М., «Высш.школа», 1970. 224 с.
- 4 Механические вариаторы скорости / Я. И. Есипенко – Киев: Государственное издательство технической литературы УССР 1961. – 219 с.
- 5 Правила техники безопасности для предприятий автомобильного транспорта, М.: Транспорт, 2010, 70 с.
- 6 Устройство автоматических коробок передач и трансмиссий / А.А. Косенков – Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2003. – 416 с.
- 7 ГОСТ 1284.1-89 (ИСО 1081-80, ИСО 4183-80, ИСО 4184-80) Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля (с Изменением N 1) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 11с.
- 8 Конструирование деталей и узлов технологических и транспортных машин: Учебное пособие для вузов / В.Ф. Пантелеев, С.А. Кулишенко, В.В., Сенькин, П.А. Соколов, Е.А. Чуфистов / Под общей редакцией В.Ф. Пантелеева. – Пенза, 2003. – 196 с.
- 9 ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия – М.: ИПК Издательство стандартов, 1988 – 17с.
- 10 Конструирование и расчет наземных транспортно технологических средств: учебное пособие / А.В. Губарев, А.Г. Уланов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 565 с.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

- 11 ГОСТ 12080-66. Концы валов цилиндрические. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты (с Изменениями N 1, 2, 3) – М.: ИПК Издательство стандартов, 1994 – 18с.
- 12 Техническое обслуживание автомобилей. Книга 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта / И.С. Туревский – Форум, Инфра-М/ 2008 – 256 с.
- 13 Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие/ В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
- 14 СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
- 15 ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам. – М.: Стандартиформ, 2011 – 10 с.
- 16 ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные. – М.: Стандартиформ, 2007 – 3 с.
- 17 ГОСТ 2.305-68 ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения. – М.: Стандартиформ, 1996 – 5 с.
- 18 ГОСТ 2.306-68 ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах. – М.: Стандартиформ, 2007 – 7 с.
- 19 ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – М.: Стандартиформ, 2007 – 3 с.
- 20 ГОСТ 2.311-68 ЕСКД. Изображение резьбы. – М.: Стандартиформ, 2007 – 3 с.
- 21 ГОСТ 8338-75 (СТ СЭВ 3795-82) Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры (с Изменением N 1) – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990 – 12с.
- 22 ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы. – М.: Стандартиформ, 2007 – 10 с.
- 23 ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии. – М.: Стандартиформ, 2007 – 5 с.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

- 24 ГОСТ 1139-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски (с Изменениями N 1, 2) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005 – 13с.
- 25 ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия (с изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) – М.: Стандартиформ, 2008 – 41 с.
- 26 ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправками) – М.: Стандартиформ, 2009 – 26 с.
- 27 Анухин В . И . Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 219 с.

					<i>ЮУрГУ-23.03.02.2020.016.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>66</i>