

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Масалов Владимир Николаевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 16.07.2022 22:33:38  
Уникальный программный ключ:  
f31e6db16690784ab6b50e564da26971fd24641c

С.И. Головин  
А.А. Жосан  
М.М. Ревякин

# Устройство автомобиля

Часть 7 КПП и раздаточные коробки



УДК 62-97/-98  
ББК 39.33-01

Составители: к.т.н., доцент С.И. Головин, к.т.н., доцент А.А. Жосан, к.т.н., доцент М.М. Ревякин.

Рецензенты:

профессор кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный Государственный Университет», доктор технических наук Агеев Евгений Викторович

заведующий кафедрой механизации технологических процессов в АПК Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кандидат технических наук Булавинцев Роман Алексеевич.

Г61 Устройство автомобиля. Часть 7 КПП и раздаточные коробки / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2020. – 93 с.

Учебно-методическое пособие по изучению конструкции автомобилей предназначено бакалаврам, обучающимся по направлениям подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 23.03.01 – Технология транспортных процессов, а также специалистам, обучающимся по специальности 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства.

© С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин 2020.  
© Издательство Орловский ГАУ, 2020.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Коробка переключения передач .....	7
1.1 Назначение и типы коробок переключения передач .....	7
1.1.1 Условные изображения, принятые для построения кинематических схем .....	9
1.1.2 Ступенчатая коробка с ручным переключением передач.....	14
1.1.3 Автоматическая трансмиссия .....	15
1.1.4 Бесступенчатые коробки передач с гибким приводным механизмом (вариаторы) .....	17
1.1.5 Полуавтоматические многоступенчатые коробки передач .....	18
1.1.6 Гидрообъемные и электромеханические передачи .....	19
1.2 Кинематическая схема четырехступенчатой коробки передач, включаемая перемещением шестерен.....	19
1.3 Ступенчатые коробки передач .....	24
1.4 Механизмы включения и удержания передач во включенном состоянии .....	27
1.4.1 Синхронизаторы.....	28
1.4.2 Процесс синхронизации .....	28
1.5 Конструкция ступенчатых коробок передач.....	36
1.5.1 Диапазон передаточных чисел.....	37
1.5.2 Число передач и плотность ряда передаточных чисел.....	38
1.5.3 Уровень шума, создаваемого при работе .....	38
1.5.4 Легкость управления.....	39
1.5.5 Двухвальные коробки передач .....	39
1.5.6 Трехвальные коробки передач.....	44
1.5.7 Многовальные коробки передач.....	47
1.6 Внутренние элементы и механизмы коробки передач .....	51

1.6.1 Подшипниковые узлы коробок передач, системы смазки ступенчатых коробок передач.....	53
1.7 Основные неисправности и сервисное обслуживание коробок передач .....	54
2 Раздаточные коробки передач .....	57
2.1 Дополнительные и раздаточные коробки передач.....	57
2.2 Взаимосвязь между трансмиссионной проходимостью и управляемостью автомобиля .....	60
2.3 Раздаточная коробка с заблокированным приводом.....	62
2.4 Раздаточная коробка с дифференциальным приводом и механической блокировкой межосевого дифференциала .....	65
2.5 Конструкция раздаточной коробки с симметричным и несимметричным дифференциалом.....	69
2.5.1 Симметричный межосевой дифференциал трехосного автомобиля с двумя задними ведущими осями .....	72
2.6 Самоблокирующиеся дифференциалы.....	73
2.6.1 Самоблокирующийся червячный дифференциал .....	74
2.6.2 Самоблокирующийся дифференциал повышенного трения .....	81
2.6.3 Гидравлические блокирующие устройства дифференциалов.....	84
Заключение .....	87
Список использованной литературы.....	88

## ВВЕДЕНИЕ

Коробка переключения передач (КПП) – это механизм, который преобразует крутящий момент, передающийся ведущим колесам от коленчатого вала двигателя, по величине и направлению. Именно с помощью коробки передач автомобиль способен двигаться вперед и назад, а его двигатель – отключаться от ведущих колес. Изменение силы тяги и величины крутящего момента на ведущих колесах автомобиля производится путем зацепления шестерен с различным числом зубьев в механизме коробки переключения. Кроме того, при переключении коробки передач в нейтральное положение, обеспечивается “отключение” двигателя автомобиля и сцепления от остальных механизмов трансмиссии. Это может быть полезно, например, при движении автомобиля накатом или при стоянке на перекрестке в ожидании разрешающего сигнала светофора.

Коробки переключения передач бывают:

1. Механические (МКПП) – такие коробки отличаются высоким коэффициентом полезного действия при наименьшем весе. Обеспечивают более динамичный разгон автомобиля и экономичный расход топлива.

2. Автоматические (АКПП) – эти коробки отличаются простотой использования, но вместе с тем довольно “задумчиво” переключают передачи и заметно увеличивают расход топлива.

3. Роботизированные – представляют собой некий симбиоз механической и автоматической коробки переключения передач. По сути, это механическая коробка передач с электронным управлением включения сцепления, однако такой вид коробки передач уступает в четкости переключений коробке-автомату.

4. Бесступенчатые (вариаторы) – от всех вышеперечисленных видов коробок передач отличается отсутствием непосредственно самих передач. То есть передаточное число в нем изменяется плавно, без ступеней. Однако ши-

рокому применению вариаторов в автомобилях препятствует то обстоятельство, что в силу конструктивных особенностей, в большинстве случаев, ремень передачи крутящего момента не выдерживает высоких мощностей современных автомобильных двигателей.

# 1 КОРОБКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

## 1.1 Назначение и типы коробок переключения передач

Эту главу посвятим коробкам переменных передач и раздаточным коробкам – той части трансмиссии автомобиля, которая не только передает крутящий момент от двигателя к ходовой части, но и по желанию водителя или в автоматическом режиме может изменять этот крутящий момент и по величине, и по направлению.

В Учебном пособии довольно часто применяется термин «крутящий момент», надеюсь, что вы имеете представления о том, что это такое. Очень коротко, для пояснения. Гайку затягивают гаечным ключом, прилагая усилие к его рукоятке. Если рукоятка ключа короткая, то для обеспечения требуемой затяжки резьбового соединения потребуется большее по величине усилие, а если рукоятка длинная – прилагаемое усилие будет меньшим.

Для того чтобы автомобиль стронуть с места, крутящего момента, создаваемого двигателем недостаточно. Проведем простой опыт (см. рисунок 1.1).

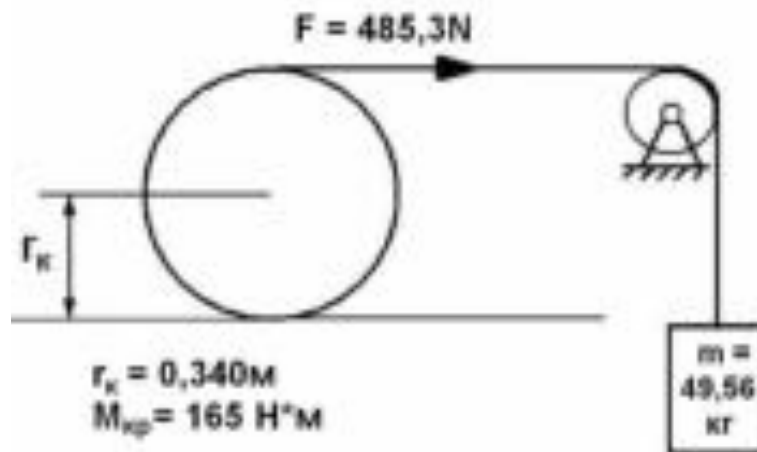


Рисунок 1.1 – Схема расчета массы груза, способного создать на колесе крутящий момент, равный моменту, снимаемому с коленчатого вала двигателя.

Допустим, двигатель создает крутящий момент на коленчатом валу равный 165 Ньютон на метр. На автомобиле установлены колеса 235/70 R14. Это

значит, что ширина шины 235 мм, а высота профиля шины – 70% от ширины, что равно 165 мм. Посадочный размер обода 14 дюймов.

Подсчитаем радиус колеса. Учитывая, что дюйм равен 25,4 миллиметра, получим около 340 мм. На таком плече (радиусе колеса) двигатель способен создать тяговое усилие всего то 485,3 Ньютон, что, согласно приведенной схеме, равносильно усилию, создаваемому грузом массой около 50 килограмм. Ну и как вы думаете, сможет ли груз, подвешенный указанным на схеме образом, сдвинуть с места автомобиль, массой около 1500 килограмм? Но автомобиль надо не просто сдвинуть с места, но и разогнать до весьма приличной скорости в 100 километров в час за 7,5...11,0 секунд. А это уже зависит от мощности двигателя.

Значит, для того, чтобы стронуть с места и разогнать автомобиль нам потребуется довольно большое тяговое усилие на ведущем колесе. Радиус колеса не меняется, следовательно, для получения большого тягового усилия нам потребуется увеличить крутящий момент. Вот эта задача и стоит перед коробкой переменных передач. Первая передача, при включении которой автомобиль трогается с места, обеспечивает самый высокий крутящий момент. Но скорость движения на первой передаче невысокая. Значит, увеличивая крутящий момент, мы потеряли в скорости. Естественно, ведь увеличение крутящего момента невозможно было получить из ничего. Выигрывая в одном – проигрываем в другом, таков закон сохранения количества движений.

Подумайте, а можно ли с помощью коробки переключения передач увеличить мощность? Конечно же, нет. Мощность – аналог работоспособности. Мы увеличили усилие, но потеряли во времени, следовательно, груз-то мы подняли больший по массе, но на это мы потратили больше времени. Значит, работоспособность (мощность) осталась прежней.

Теперь попробуем уяснить как, меняя скорость вращения, мы можем изменить величину крутящего момента.

Для начала необходимо научиться читать и составлять кинематические схемы. Это все вы должны были изучить в курсе технического черчения или



технической механики, но на всякий случай повторим...

### **1.1.1 Условные изображения, принятые для построения кинематических схем**

Что же такое кинематическая схема?

Если вам предложить к рассмотрению чертеж коробки передач, то, наверное, не многие смогут безошибочно определить, как происходит переключение передач, и какие из множества деталей принимают участие в передаче крутящего момента при этом положении рычага переключения передач. Значительно проще понять принцип работы, если с чертежа убрать мелкие детали, которые, конечно же, играют важную роль в работе узла, но серьезно затрудняют чтение чертежа.

Для построения кинематической схемы воспользуемся условным изображением зубчатых колес, валов и их опор, переключающих устройств, упуская сальниковые уплотнения, стопорные детали и тому подобное (см. рисунок 1.2).

Вал – вращающаяся деталь механизма. Через вал может передаваться крутящий момент.

Ось – неподвижная деталь механизма. Следовательно, через ось крутящий момент передать невозможно.

На оси может быть установлено зубчатое колесо. Для обеспечения его вращения ступица зубчатого колеса должна быть снабжена подшипником. В автомобилях применяются подшипники скольжения и качения. Подшипник может быть шариковым, шариковым упорным, роликовым цилиндрическим или роликовым коническим. Применяют подшипники двухрядные сферические, которые могут быть шариковыми и роликовыми. На кинематических схемах тип подшипников не указывается.

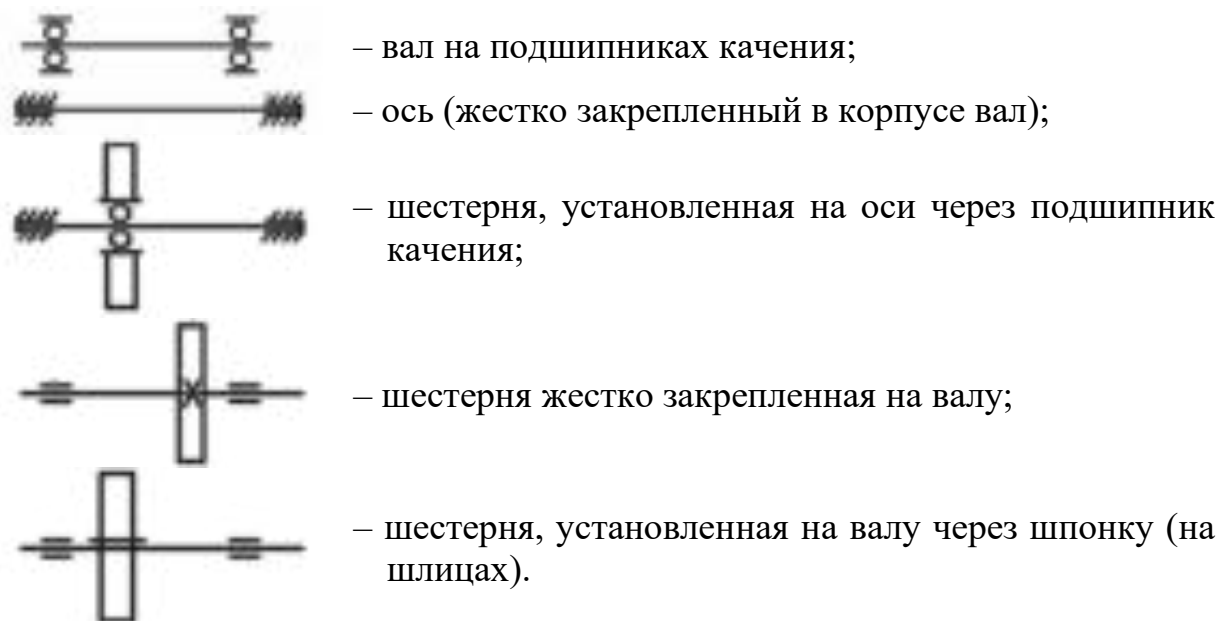


Рисунок 1.2 – Условные изображения, принятые для построения кинематических схем.

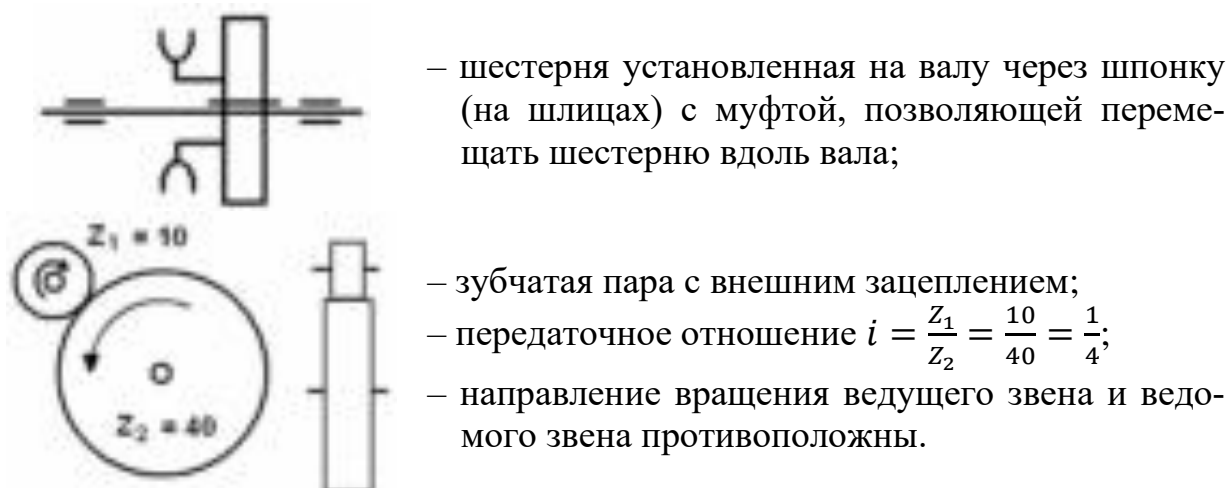


Рисунок 1.3 – Условные изображения, принятые для построения кинематических схем (продолжение).

Шестерня на валу может быть установлена на шпонке или на шлицах, причем, передача крутящего момента может происходить как от вала к шестерне, так и в обратном направлении. В некоторых случаях (см. рисунок 1.3) необходимо обеспечить подвижность такого соединения вдоль вала, при этом от колеса к валу должна сохраняться способность к передаче крутящего момента.

Для перемещения зубчатого колеса вдоль оси или вала применяется муфта – специально выполненное устройство с проточкой для установки

управляющей вилки. С помощью вилки происходит продольное перемещение зубчатого колеса по валу.

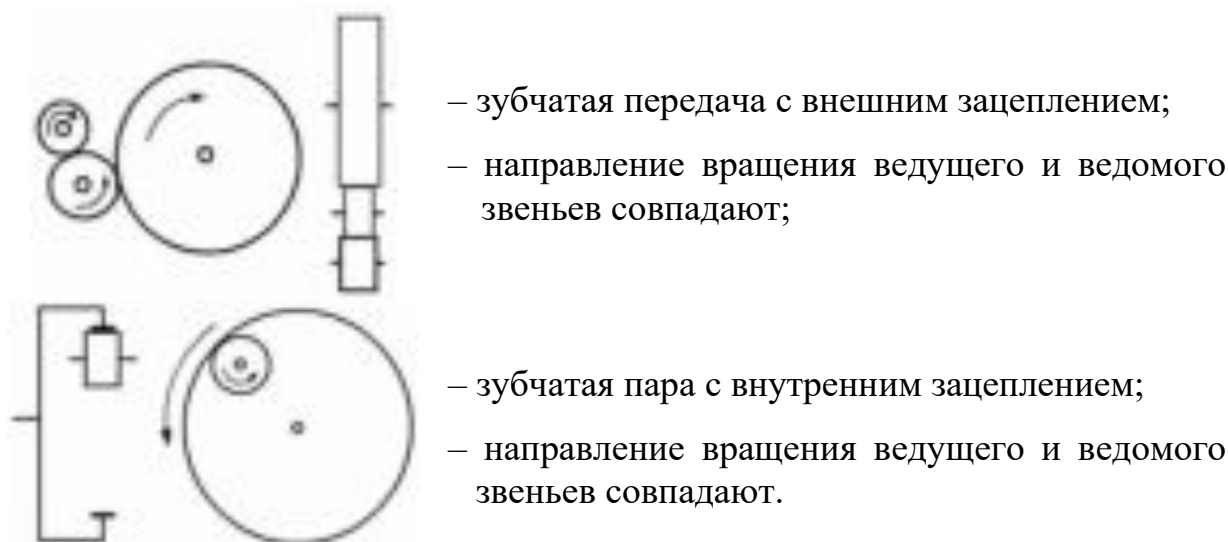
Переключение передачи может производиться не только перемещением самого зубчатого колеса, но и перемещением зубчатой муфты, которая соединена с валом через шпонку или шлицы, а зубчатое колесо на валу может свободно вращаться. В этом случае на колесе и на подвижной муфте выполнены зубчатые венцы, через которые при соединении колеса с муфтой будет передаваться крутящий момент.

Сопрягающиеся зубчатые колеса могут иметь различное количество зубьев, однако форма зубьев у сопрягающихся колес должна быть одинакова. Форма зуба определяется параметром зубчатой передачи, которое носит название «модуль зуба».

Передаточное отношение зубчатой пары определяется количеством зубьев, которые имеет шестерня (малое зубчатое колесо) и большое зубчатое колесо. Передаточное отношение может обозначаться латинской буквой ( $i$ ) или буквосочетанием ( $U_I; U_{II}; U_{III} \dots U_i$ ). Римская цифра возле латинской буквы  $U$  означает передачу в коробке переменных передач.

Если крутящий момент передается от шестерни (малого зубчатого колеса) к большому зубчатому колесу – происходит снижение скорости вращения. В приведенном выше примере в случае передачи крутящего момента от шестерни к колесу произойдет снижение скорости вращения ведомого звена в четыре раза, при этом произойдет увеличение крутящего момента также в четыре раза.

Вы заметили, что при прямом соединении зубьев ведущего и ведомого звена происходит реверсирование, то есть изменение направления движения на противоположное. Если же возникает необходимость придать ведомому звену совпадающее по направлению с ведущим звеном вращение (см. рисунок 1.4), в зубчатое зацепление вводят промежуточное звено. Такая схема наиболее часто применяется в коробках передач для обеспечения движения автомобиля назад.



- зубчатая передача с внешним зацеплением;
- направление вращения ведущего и ведомого звеньев совпадают;
- зубчатая пара с внутренним зацеплением;
- направление вращения ведущего и ведомого звеньев совпадают.

Рисунок 1.4 – Условные изображения, принятые для построения кинематических схем (продолжение).

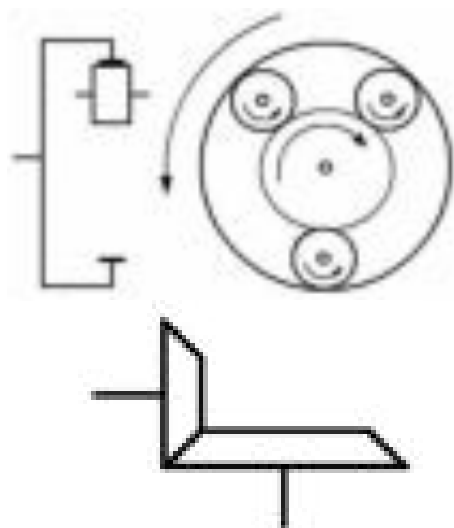
Одинаковое по направлению вращение получается, если в зацеплении находятся два зубчатых колеса, причем одно с наружным зубчатым венцом, а второе – с внутренним зубчатым венцом. Однако такое зацепление в коробках передач применяется редко. Исключение – планетарная передача, которая состоит из целого набора зубчатых колес с наружным и внутренним зацеплением.

Планетарные передачи нашли широкое применение в автоматической трансмиссии, в раздаточных коробках передач в качестве межосевого дифференциала, если возникает необходимость неравномерного распределения крутящего момента между ведущими осями внедорожника.

О планетарных передачах мы подробно будем говорить при изучении автоматических коробок передач. Пока же остановимся только на обзорной информации.

На верхнем рисунке 1.5 изображена однорядная планетарная передача, имеющая одно малое центральное колесо, которое обычно называют «солнечным»; три сателлита, или как их называют «планетарных» зубчатых колеса (шестерен); большого центрального колеса, которое принято называть «эпициклическим».

И последний вид зубчатых колес, о которых мы хотим рассказать в этом параграфе, – конические зубчатые передачи.



– планетарная передача (одно из трех звеньев ведущее, второе – ведомое, третье должно быть остановлено);

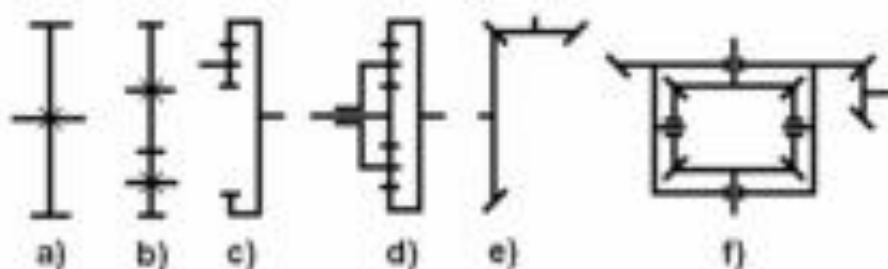
– зубчатая коническая передача (такой тип передачи применяется в качестве главной при продольном расположении двигателя, а также в дифференциалах).

Рисунок 1.5 – Условные изображения, принятые для построения кинематических схем (продолжение).

В коробках передач такой вид зубчатых передач не применяется. Исключение – применение конических зубчатых колес в коробках передач, объединенных в одном корпусе с главной передачей. И то, только если возникает необходимость развернуть крутящий момент под углом в  $90^\circ$ .

Теперь мы должны договориться об условном изображении зубчатых колес, чтобы не рисовать на кинематических схемах само зубчатое колесо.

На рисунке 1.6 показано условное изображение зубчатых передач, применяемое в кинематических схемах.



а – зубчатое колесо, жестко соединенное с валом; б – цилиндрическая зубчатая передача с наружным зацеплением; в – цилиндрическая зубчатая передача с внутренним зацеплением; г – планетарный ряд (планетарный редуктор); д – коническая зубчатая передача; е – главная передача с симметричным дифференциалом.

Рисунок 1.6 – Условные изображения, принятые для построения кинематических схем (окончание).

Теперь предлагаем провести сравнительный анализ ступенчатой коробки передач с ручным и автоматическим переключением передач.

### **1.1.2 Ступенчатая коробка с ручным переключением передач**

На транспортном средстве, снабженном двигателем, трансмиссия выполняет следующие функции:

- Осуществляет связь между двигателем и ведущими колесами;
- Позволяет эту связь быстро разъединить или плавно соединить, то есть передавать крутящий момент от двигателя к ведущим колесам без ударных нагрузок. Эту роль в трансмиссии играет муфта сцепления.
- Позволяет изменять передаточные отношения трансмиссии для обеспечения приемлемых тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля и подобрать крутящий момент, передаваемый от двигателя к ведущим колесам в зависимости от дорожных условий и пожеланий водителя.

Часть этих функций возложена на коробку передач.

В ручной ступенчатой коробке передач, выбор передаточных чисел производится водителем введением в зацепление одной из нескольких комбинаций шестерен с различными передаточными отношениями. При ступенчатом изменении от одного передаточного отношения к другому требуется серия дополнительных действий: выключение сцепления, выведение ранее включенной шестерни (блокирующей муфты) из зацепления, введение в зацепление шестерни (блокирующей муфты) следующей передачи и плавное включение сцепления. Последовательность этих действий, особенно в случае управления автомобилем в условиях сложного городского движения, вызывает утомление водителя и отвлекает его от наблюдения за дорожной обстановкой.

На рисунке 1.7 схематически изображена коробка передач с ручным их переключением, устанавливаемая на переднеприводной автомобиль с продольным расположением двигателя.

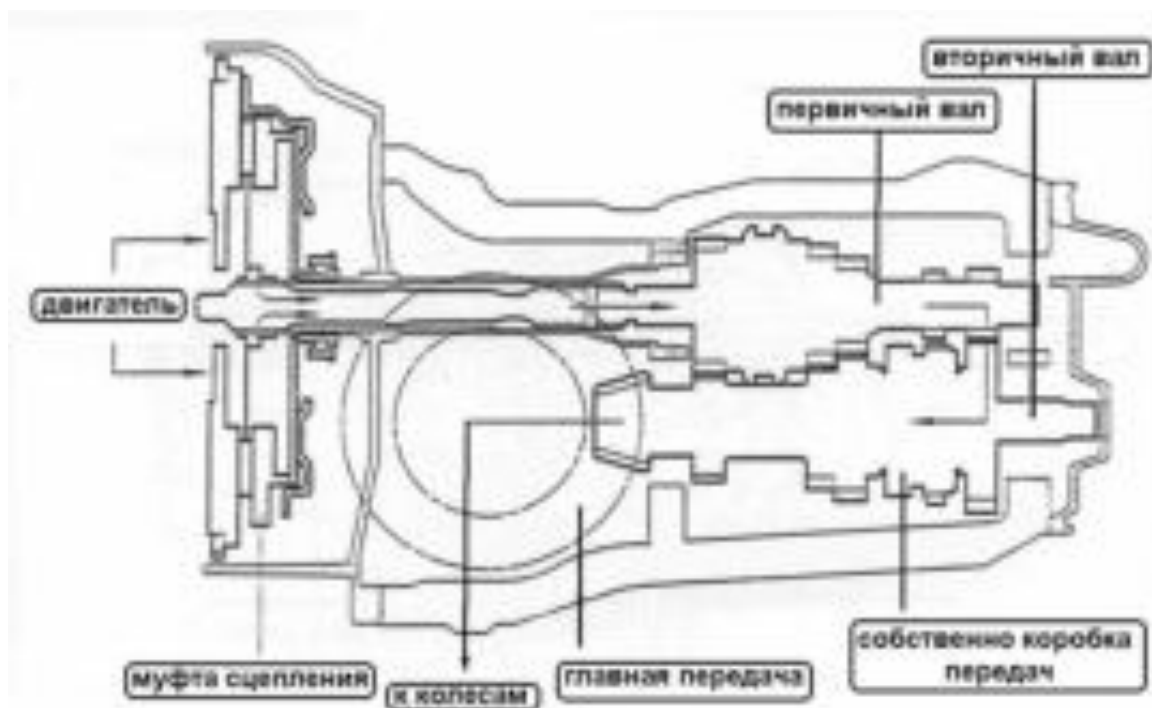


Рисунок 1.7 – Схематическое изображение двухвальной коробки передач с ручным их переключением.

Крутящий момент от маховика двигателя через муфту сцепления передается на первичный вал коробки передач, вторичный вал у приведенной для примера двухвальной коробки передач, расположен под первичным. В состав коробки передач входят зубчатые колеса и блокирующие муфты с синхронизаторами, на конце вторичного вала установлена ведущая коническая шестерня главной передачи, находящейся в постоянном зацеплении с зубчатым колесом, передающим вращение через дифференциал к колесам.

### 1.1.3 Автоматическая трансмиссия

Автоматическое переключение передач означает, что её применение позволяет водителю получить свободу от обязанностей производить повторяющиеся и утомительные действия, связанные с выбором и изменением передаточного отношения.

Гидротрансформатор автоматической трансмиссии заменяет фрикцион-

ную муфту сцепления. Это значительно облегчает труд водителя и предупреждает появление усталости и стресса, вызванного вождением в сложных городских транспортных потоках. Кроме того, автоматическая трансмиссия позволяет быстро и безошибочно выбрать необходимую передачу крутящего момента от двигателя к ведущим колесам во всех ситуациях.

Переключения производятся автоматически при оптимальном выборе времени и отсутствия разрыва передачи крутящего момента. Таким образом, автоматическая трансмиссия позволяет двигателю действовать в диапазоне его наилучшей производительности, экологичности и экономичности.

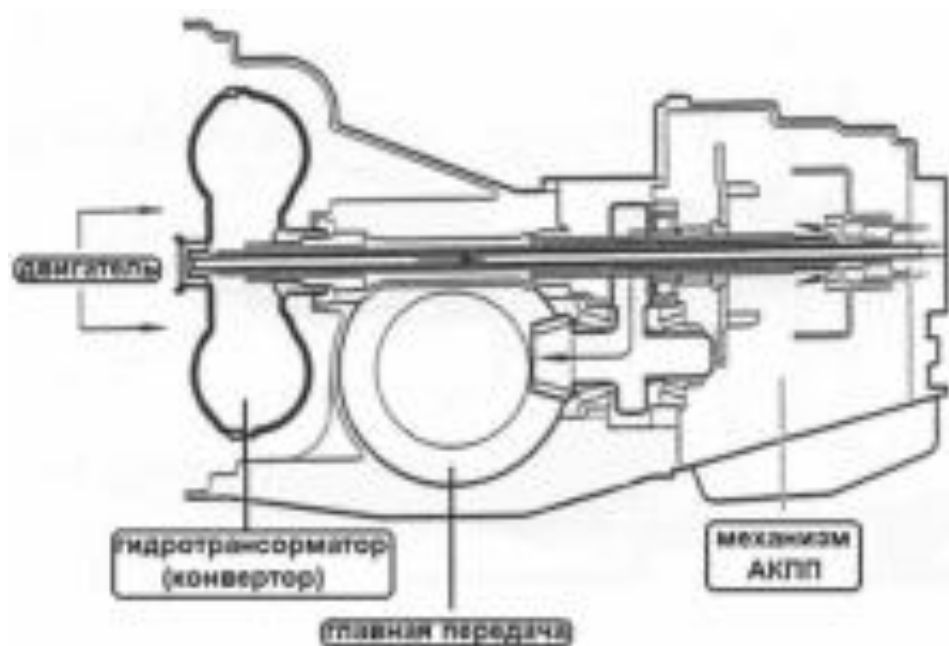


Рисунок 1.8 – Схематическое изображение автоматической трансмиссии.

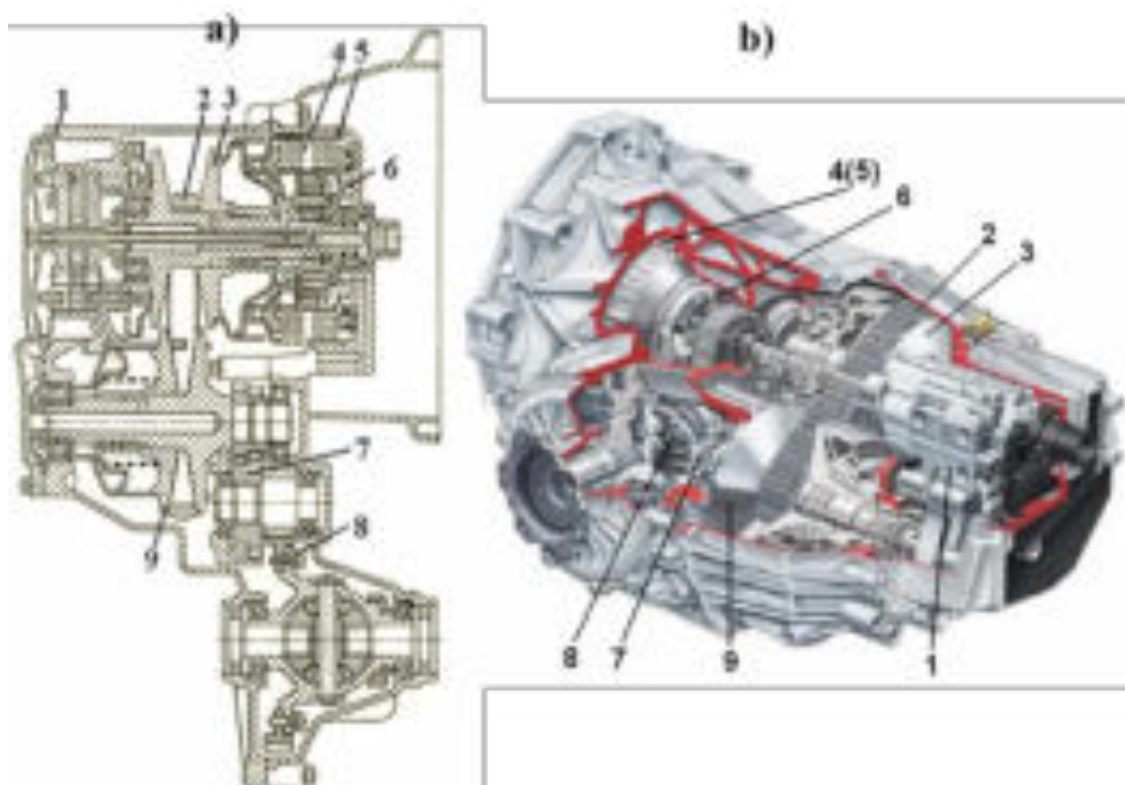
На рисунок 1.8 схематически изображена автоматическая трансмиссия, у которой вместо фрикционной муфты устанавливается гидротрансформатор, осуществляющий гибкую гидравлическую связь с механизмами автоматической трансмиссии. В состав автоматической трансмиссии входят планетарные передачи (ряды), и автоматически включаемые тормоза, и муфты. Финальная передача автоматической трансмиссии соединена с конической ведущей шестерней главной передачи, а её ведомое колесо, присоединенное к дифференциалу, передает крутящий момент на колеса.



#### **1.1.4 Бесступенчатые коробки передач с гибким приводным механизмом (вариаторы)**

Из всех типов бесступенчатых передач наиболее широкое внедрение получили гидродинамические (гидротрансформаторы), которые применяются в сочетании с автоматически управляемой ступенчатой коробкой – гидромеханические передачи. Все зарубежные фирмы, выпускающие легковые автомобили, предлагают устанавливать на своих автомобилях гидромеханические передачи по заказам потребителя за дополнительную плату. Продолжающееся совершенствование гидромеханических передач в направлении повышения КПД и соответственно топливной экономичности автомобиля приведет к более широкому применению этих передач на автомобилях различного назначения.

Бесступенчатые передачи фрикционного типа (см. рисунок 1.9) (вариаторы с гибкой связью) вначале появились на автомобилях малого класса («FIAT UNO», «HONDA CIVIC» и др.), затем, с изобретением клиновых сегментных ремней, соединенных тонкими несущими металлическими лентами, вариаторы стали устанавливаться и на автомобили среднего класса. Интенсификация разработки бесступенчатых передач этого типа рядом ведущих европейских автомобильных фирм («VAG», «Ford» и др.) и некоторыми японскими автомобилестроительными концернами («Honda» «Mazda» и др.) позволяет ожидать, что применение таких передач уже в ближайшие годы расширится.



1 – насосный узел и гидравлический распределитель; 2 – клиновой ремень (сегментная цепь); 3 – ведущий регулируемый конический шкив; 4 – фрикционная блокирующая муфта переднего хода; 5 – тормоз каретки водила заднего хода; 6 – планетарная передача переключения переднего и заднего хода; 7 – финальная цилиндрическая передача; 8 – главная передача со стыкованным с ней дифференциалом; 9 – ведомый регулируемый конический штифт.

Рисунок 1.9 – Бесступенчатая коробка передач (вариатор) автомобиля с поперечным а и продольным б расположением двигателя.

### 1.1.5 Полуавтоматические многоступенчатые коробки передач

На большегрузных автомобилях-тягачах, работающих в составе автопоезда, устанавливаются многоступенчатые коробки передач с числом ступеней 12-24. Ручное переключение передач в такой коробке вызывает затруднение. В большинстве конструкций многоступенчатых коробок передач их переключение водитель выполняет с помощью рычага, снабженного кнопкой или флажком для выбора повышающего или понижающего режима. В конце 80-х

годов появлялись конструкции многоступенчатых коробок передач, где процесс переключения передач частично автоматизирован на основе применения микропроцессорной техники. На панели приборов высвечивается порядковый номер включенной передачи, а их переключение производится джойстиком. На городских маршрутных автобусах широкое применение получили как ступенчатые полуавтоматические, так и бесступенчатые автоматические коробки передач с микропроцессорным управлением.

### **1.1.6 Гидрообъемные и электромеханические передачи**

На строительной и карьерной технике широкое применение получили гидрообъемные и электромеханические передачи. В гидрообъемной передаче двигатель соединен с гидравлическим насосом высокой производительности. Гидромоторы устанавливаются на колеса, а также на агрегаты исполнительных механизмов. Достоинства гидрообъемной передачи: сравнительно высокий КПД, реверсивность, большой диапазон передач. Гидрообъемные передачи позволяют, не применяя сложных механических передающих устройств, осуществлять как вращательное, так и поступательное движение рабочих органов. Электромеханические передачи применяются в основном на автомобилях большой грузоподъемности. В частности, они установлены на всех автомобилях БелАЗ грузоподъемностью 75 т и выше.

## **1.2 Кинематическая схема четырехступенчатой коробки передач, включаемая перемещением шестерен**

На рисунок 1.10 представлена кинематическая схема четырехступенчатой трехвальной коробки передач с переключением способом введения в зацепление зубчатых колес. Давайте немного подробнее рассмотрим, как же производится переключение передач с целью увеличения крутящего момента,

передаваемого от двигателя через ведущий вал 1 коробки передач на её ведомый вал 16.

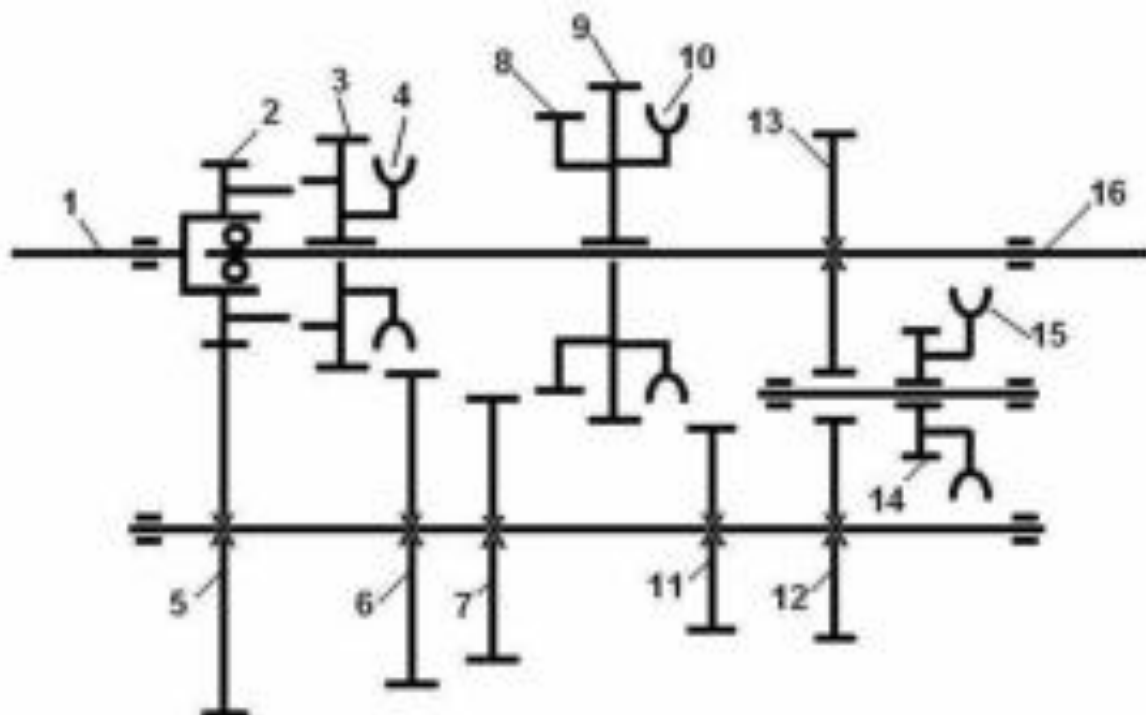


Рисунок 1.10 – Кинематическая схема четырехступенчатой трехвальной коробки передач.

На схеме показана коробка переключения передач в нейтральном положении. Это значит, что у стоящего на месте автомобиля при заведенном двигателе ведущий вал 1, связанный с коленчатым валом двигателя через фрикционную муфту сцепления, вращается, а ведомый вал 16, связанный через карданную передачу с редуктором ведущего моста, не вращается.

Рассмотрим передачу крутящего момента при включении первой передачи (см. рисунок 1.11).

Крутящий момент через ведущий вал 1 и его зубчатый венец 2, сделанный как одно целое с валом 1 передается на ведущее зубчатое колесо 5 блока шестерен промежуточного вала.

Вспомнив, что значит символ (X), изображенный в точке соединения шестерни с валом, мы поймем, что шестерня 5 вращает не только промежуточный вал, но и все промежуточные шестерни 6, 7, 11 и 12, установленные на ней. Представим, что водитель рычагом переключения передач, соединенным

через тяги с муфтой 10, переместит шестерню 9 вправо, введя в зацепление зубья шестерен (зубчатых колес) 11 и 9. Вспомните, как обозначаются подвижные шестерни, связанные с валом через шпонку или шлицы. Значит, зубчатое колесо 9 вошло в зацепление с шестерней 11 и принимает через неё крутящий момент от промежуточного вала.

В свою очередь, зубчатое колесо 9, соединенное с выходным валом через шлицы, передает ему крутящий момент. Обратите внимание, что выходной вал коробки передач, который называют «вторичным валом», не имеет жесткого соединения с первичным валом. Вторичный вал имеет две опоры. Выходной конец вторичного вала опирается через подшипник качения на корпус коробки, а второй конец вала через подшипник, установленный в выточке первичного вала, опирается на него.

Промежуточный вал, выполненный как одно целое с набором шестерен, опирается на корпус коробки через два подшипника, установленных по обоим концам вала. Тип подшипников на кинематической схеме обычно не указывается.

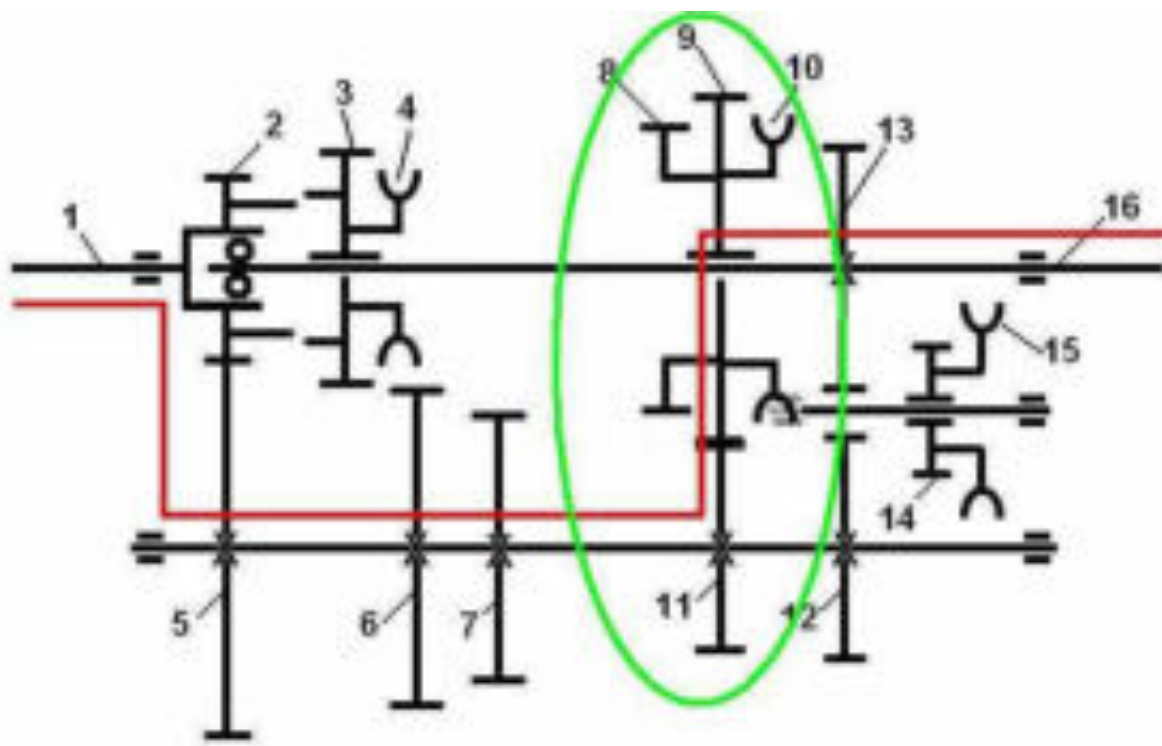


Рисунок 1.11 – Передача крутящего момента при включении первой передачи.

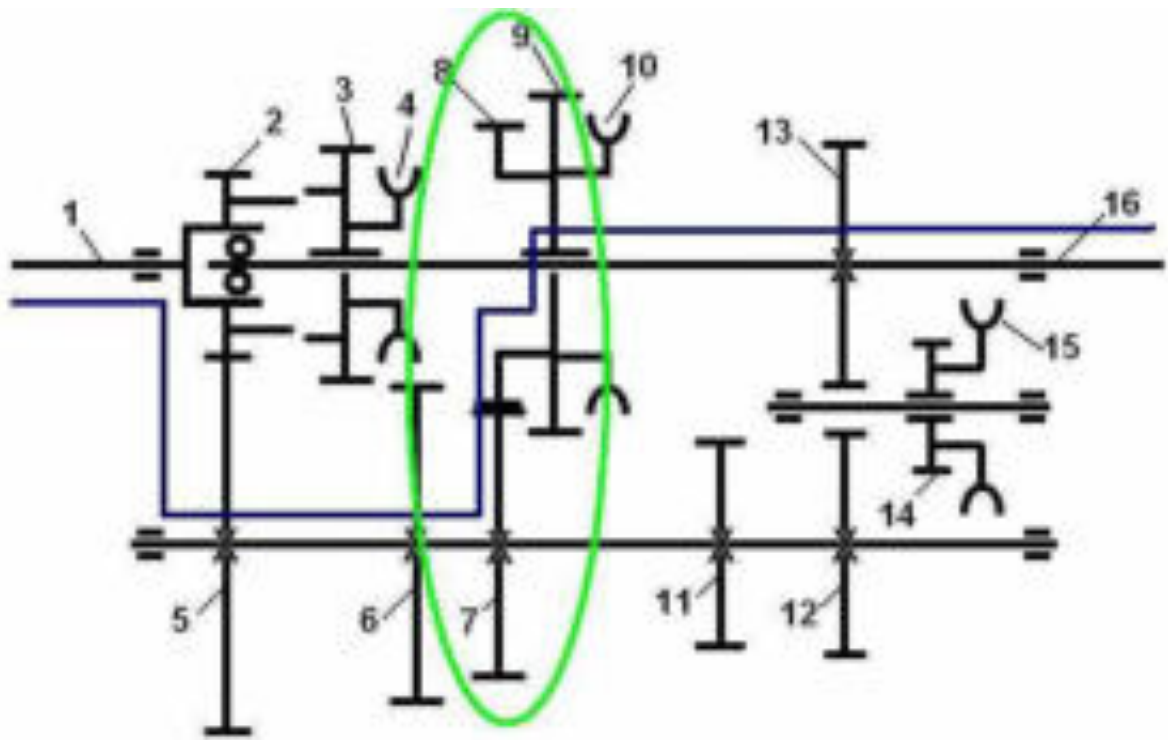


Рисунок 1.12 – Передача крутящего момента при включении второй передачи.

Теперь рассмотрим передачу крутящего момента при включении второй передачи. Включение производится перемещением зубчатого колеса 9 (см. рисунок 1.12) влево до введения в зацепление с промежуточной шестерней 7. В этом случае крутящий момент, подаваемый через входной (первичный) вал 1 коробки передач и его зубчатый венец 2, передается на зубчатое колесо 5, выполненное заодно с промежуточным валом. Далее через зубчатое колесо 7 крутящий момент передается на шестерню 8, выполненную заодно с зубчатым колесом 9. Судя по схеме, зубчатое колесо 7, соответствующее второй передаче, имеет больший диаметр, чем зубчатое колесо 11, через которое осуществляется передача крутящего момента на первой передаче. Здесь же видно, что диаметр шестерни 8 меньше диаметра соседнего зубчатого колеса 9. Это значит, что при одной и той же скорости вращения входного звена (ведущего вала 1) на второй передаче ведомый вал 16 будет вращаться быстрее, чем это происходит на первой передаче. Однако крутящий момент, снимаемый с ведомого вала 16 на второй передаче, меньше крутящего момента, снимаемого с того же вала при включении первой передачи.

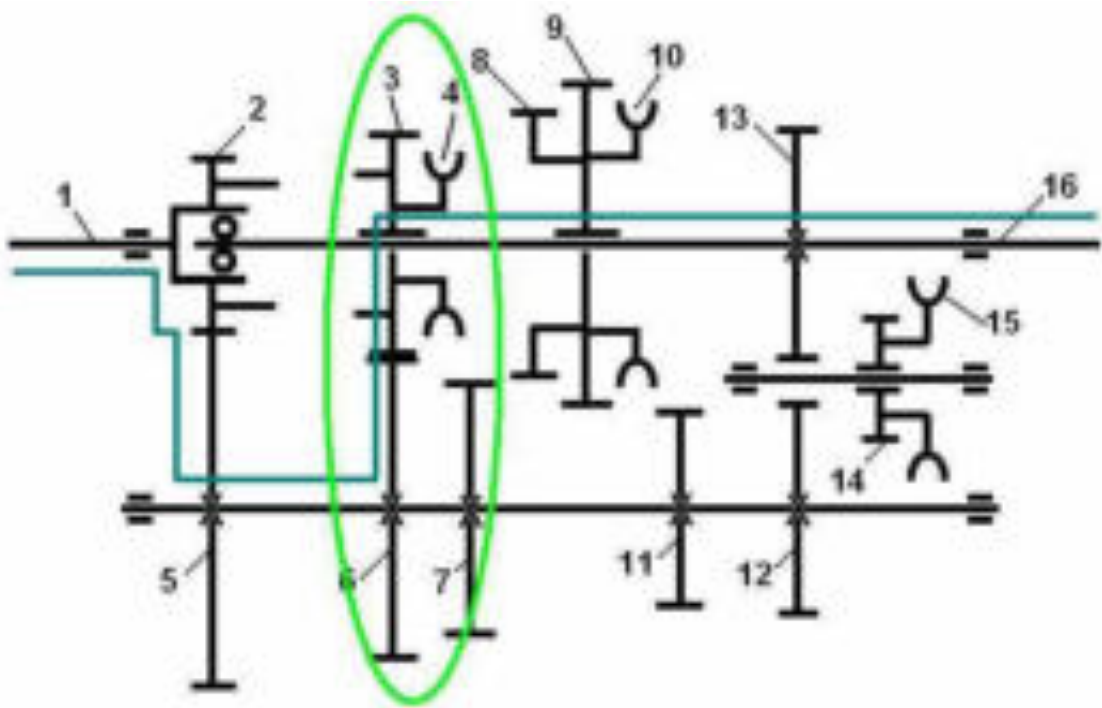


Рисунок 1.13 – Передача крутящего момента при включении третьей передачи.

Рассмотрим, как происходит передача крутящего момента на третьей передаче. С помощью муфты 4 (см. рисунок 1.13) переведем шестерню 3 вправо до введения в зацепление с промежуточным зубчатым колесом 6. Надеюсь, что вы сами сможете описать передачу крутящего момента на третьей передаче.

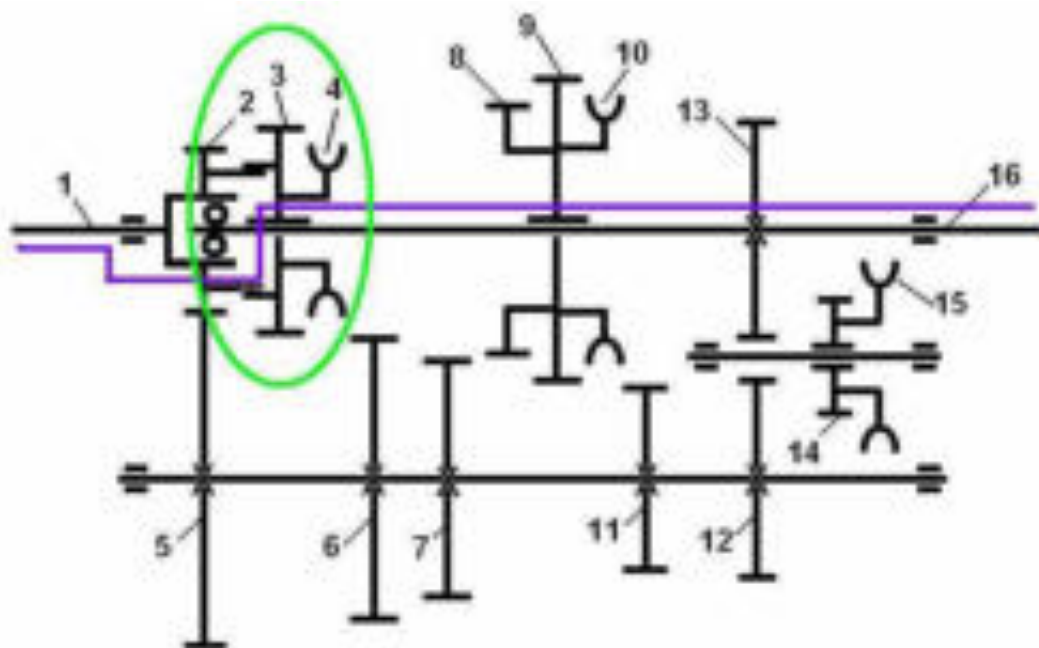


Рисунок 1.14 – Передача крутящего момента при включении четвертой передачи.

В четырехступенчатой коробке переключений передач самая высокая передача – четвертая (см. рисунок 1.14). Эта передача называется «прямой». Ведомый и ведущий вал на прямой передаче вращаются с одной скоростью, следовательно, крутящий момент, передаваемый коробкой на прямой передаче, не меняет своей величины и направления.

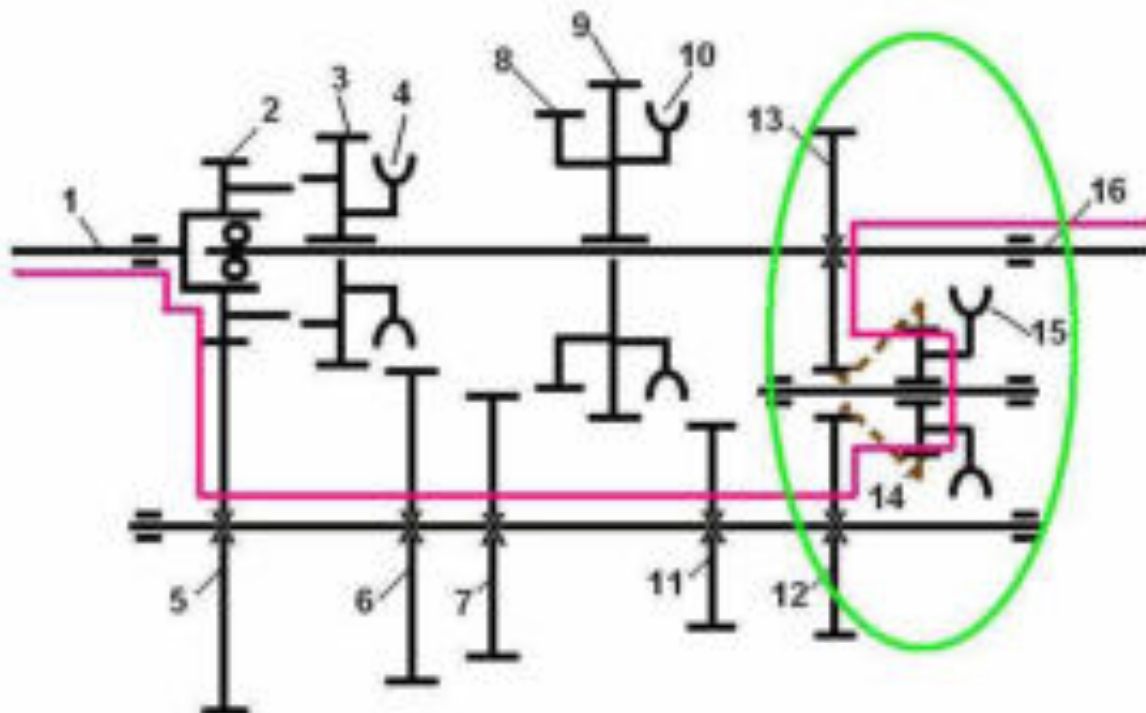


Рисунок 1.15 – Передача крутящего момента при включении заднего хода.

Задняя передача (см. рисунок 1.15) включается перемещением влево подвижной шестерни заднего хода 14 за муфту 15 введением в зацепление, которая занимает промежуточное положение между шестернями 12 и 13. Вспомните рассмотренный выше пример, изображенный на рисунке 1.04, когда передача крутящего момента производится через дополнительную промежуточную шестерню.

### 1.3 Ступенчатые коробки передач

Рассмотренный выше тип коробки передач не в полной мере отражает конструкцию автомобильной КПП, так как включение любой передачи будет



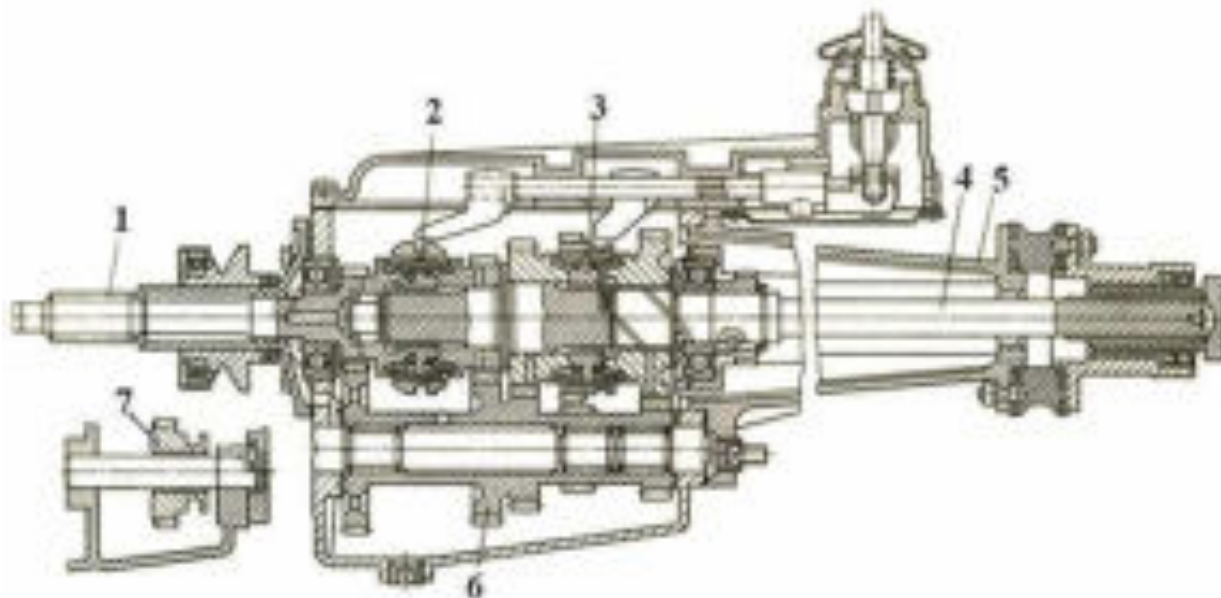
сопровождаться соударением зубьев шестерен. Так как вторичный вал 16 (см. рисунок 1.10) через редуктор ведущего моста связан с колесами, то при движении автомобиля шестерни 3, 8 и 9, соединенные с валом 16 через шлицы, будут вращаться. Шестерни 6, 7, 11 и 12, жестко связанные с промежуточным валом, через шестерню 5 получают вращение от первичного вала 1, сделанного заодно целое с шестерней 2. Если выключить муфту сцепления, то есть прекратить передачу крутящего момента, отсоединив коленчатый вал двигателя от первичного вала коробки передач, вал 1 вместе с её зубчатым венцом 2 остановятся. Вместе с ними остановится и промежуточный вал вместе со всеми, соединенными с ним шестернями. Но шестерни 3, 8 и 9, а так же шестерня заднего хода 13 соединенные с вторичным валом, при движении автомобиля будут вращаться, поэтому ввести их в зацепление с неподвижными шестернями будет затруднительно.

В автомобильной коробке переключения передач все шестерни, кроме шестерни заднего хода, находятся в постоянном зацеплении с шестернями промежуточного вала. Рычагом переключения передач перемещаются не сами шестерни, а зубчатые блокирующие муфты, соединяющие шестерни с вторичным валом. Эти муфты, снабжены синхронизаторами – устройствами, позволяющими перед включением зубчатой блокирующей муфты разогнать соответствующую шестерню до скорости вращения зубчатой муфты, а затем произвести безударное соединение зубьев шестерни и муфты.

КПП с ручным приводом в технической литературе обозначается как «М/Т», что дословно означает не механическая трансмиссия, как это часто обычно трактуется, а как мануальная (ручная) трансмиссия.

Мы изучили кинематическую схему трехвальной четырехступенчатой коробки передач. Настало время познакомить вас с чертежом трехвальной четырехступенчатой коробки передач. Для примера рассмотрим коробку передач автомобиля «Волга ГАЗ-24». Почему именно её. Ответ простой. Наверняка в вашем образовательном учреждении таковая имеется либо в виде разрезного макета, либо используемая в качестве тренажера для разборочно-сборочных

работ в вашей мастерской.



1 – первичный вал; 2 – муфта переключения третьей-четвертой передач; 3 – муфта включения первой-второй передач; 4 – вторичный вал; 5 – удлинитель коробки передач; 6 – блок промежуточных шестерен; 7 – промежуточная подвижная шестерня заднего хода.

Рисунок 1.16 – Трехвальная четырехступенчатая коробка передач автомобиля ГАЗ-24.

Корпус коробки передач (см. рисунок 1.16) пристыкован к картеру сцепления, а первичный вал 1 коробки передач соединен с ведомым диском муфты сцепления. Через зубчатый венец первичного вала крутящий момент передается на блок шестерен 6, установленный на жестко закрепленной в корпусе коробки оси. Для обеспечения свободного вращения и снижения трения блок шестерен вращается вокруг неподвижной оси на игольчатых подшипниках.

Все зубчатые колеса, размещенные на вторичном валу, тоже имеют возможность свободно вращаться на нем, так как посажены на вал через подшипники скольжения. Для поступления смазки к подшипникам скольжения в ступицах шестерен выполнены отверстия, а на ответной части вала – спиральная канавка, которая растаскивает поступающее масло вдоль всей поверхности подшипника скольжения.

Включение передач производится перемещением зубчатых муфт, снабженных синхронизирующими устройствами, которые предназначены для безударного включения передач.

#### **1.4 Механизмы включения и удержания передач во включенном состоянии**

В настоящее время включение передач при помощи подвижных зубчатых колес (кареток) применяется только на грузовых автомобилях и только для включения первой передачи и передачи заднего хода, так как их включение производится в условиях, когда автомобиль неподвижен. Ограниченное применение подвижных зубчатых колес для включения передач объясняется двумя причинами:

- при включении ударная нагрузка от сил инерции ведомого диска сцепления и вращающихся с ним деталей коробки передач приходится на один или два зуба включаемых колес, что приводит к быстрому износу торцов зубьев, появлению на торцах зубьев сколов, трещин, а иногда к поломкам зубьев;
- для включения передачи требуется переместить каретку на всю длину зуба, что приводит к увеличению длины коробки передач, следовательно, и ее массы.

Применение в коробках передач зубчатых колес постоянного зацепления привело к необходимости использования для включения передач кулачковых или зубчатых муфт. В этом случае ударные нагрузки при включении распределяются между всеми зубьями или кулачками сцепляемых механизмов, что, однако, не снижает шума при включении и не облегчает процесса включения.

### **1.4.1 Синхронизаторы**

Полностью исключают ударную нагрузку и шум в процессе включения передач синхронизаторы. В современных ступенчатых коробках передач применяют синхронизаторы, выравнивающие угловые скорости соединяемых элементов перед включением передач. Коробки передач могут быть полностью синхронизированы, когда все передачи включаются при помощи синхронизаторов, но для включения низших передач наряду с синхронизаторами на высших передачах могут применяться кулачковые или зубчатые муфты, а также подвижные зубчатые колеса (каретки).

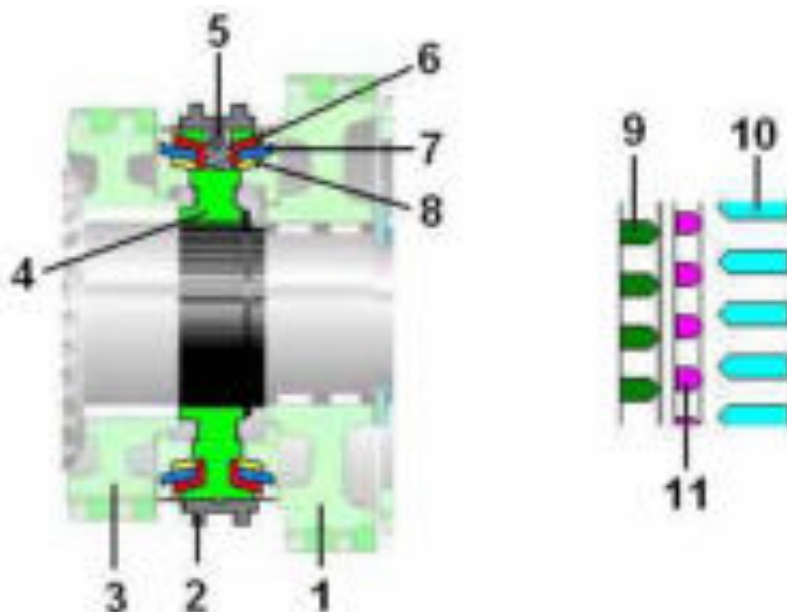
В современных автомобилях используют только инерционные синхронизаторы, которые блокируют возможность включения зубчатой муфты до тех пор, пока кинетическая энергия деталей, вращающихся вместе с ведомым диском сцепления (при выключенном сцеплении и нейтральном положении коробки передач), не будет поглощена работой трения в синхронизаторе. Этот период времени необходим для полного выравнивания угловых скоростей синхронизируемых элементов.

Синхронизаторы могут быть одностороннего (для включения одной передачи) и двустороннего действия для включения двух передач.

### **1.4.2 Процесс синхронизации**

Выравнивание частот вращения муфты синхронизатора и шестерни включаемой передачи производится за счет сил трения, создаваемых трехконусным синхронизатором. Блокирующий венец синхронизатора допускает завершение процесса включения передачи только после выравнивания скоростей вращения муфты синхронизатора и шестерни включаемой передачи.

### Нейтральное положение (см. рисунок 1.17)

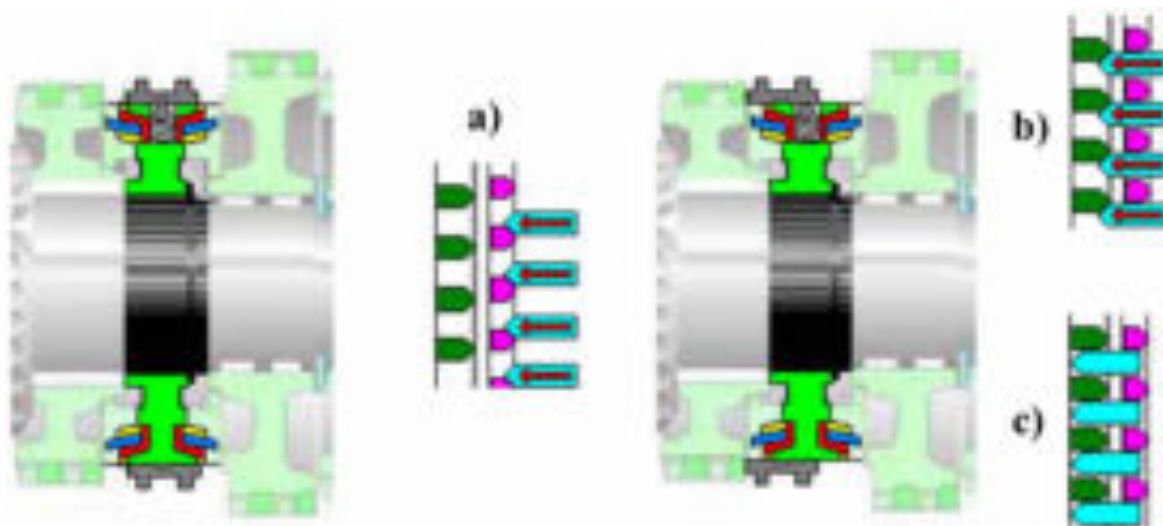


1 – шестерня-каретка первой передачи; 2 – скользящая муфта включения передач; 3 – шестерня-каретка второй передачи; 4 – ступица муфты синхронизатора; 5 – сухарь фиксатора скользящей муфты; 6 – наружное кольцо с блокирующими зубцами; 7 – промежуточное кольцо; 8 – внутреннее кольцо; 9 – зубчатый венец на шестерне; 10 – зубцы блокирующего кольца; 11 – зубчатый венец скользящей муфты.

Рисунок 1.17 – Схематическое изображение синхронизатора включения первой-второй передач.

При нейтральном состоянии скользящая муфта 2 синхронизатора и его кольца 6, 7 и 8 находятся в исходном положении. При этом ни одна из шестерен 1 и 3 передач не связана с вторичным валом, так как могут свободно вращаться на игольчатых подшипниках. Ступица 4 муфты синхронизатора неподвижно соединена с вторичным валом шлицами. Скользящая муфта 2 надета на шлицы ступицы 4 скользящей посадкой, то есть скользящая муфта может перемещаться вдоль наружных шлицов муфты 4 в продольном направлении. В нейтральном положении скользящую муфту удерживает шариковый сухарь-фиксатор 5, установленный в пазах ступицы 4.

**Начало включения** (см. рисунок 1.18а).



а) – начало включения; б) – синхронизация вращения; в) – конечное положение после включения

Рисунок 1.18 – Процесс синхронизации и включения передачи.

Посредством вилки включения передачи скользящая муфта 2 синхронизатора перемещается по наружным шлицам ступицы 4 в сторону включаемой шестерни-каретки. При этом сухари фиксатора 5 смещаются муфтой в осевом направлении и прижимаются к пакету колец синхронизатора.

**Начало синхронизации** (см. рисунок 1.18б).

В результате прижатия колец сухарем фиксатора их рабочие поверхности и конус шестерни вступают в контакт, и начинается процесс выравнивания частот вращения вторичного вала и включаемой шестерни-каретки. Под воздействием сил трения наружное кольцо синхронизатора поворачивается на ширину зуба. При этом блокирующий венец этого кольца препятствует дальнейшему перемещению муфты синхронизатора в сторону включаемой шестерни. При вращении вторичного вала и шестерни-каретки включаемой передачи с одинаковой частотой трение между коническими поверхностями колец и шестерни-каретки исчезает. Благодаря скошенным поверхностям зубьев муфта синхронизатора поворачивает наружное кольцо в положение, при котором его зубцы занимают свои места между зубцами венца скользящей муфты. При этом блокировка снимается, и скользящая муфта синхронизатора может

передвинуться под давлением сухарей дальше.

**Включение передачи** (см. рисунок 1.18с).

Скошенные поверхности зубцов венца скользящей муфты проворачивают шестерню-кадетку в необходимое положение, и зубцы внутреннего венца скользящей муфты входят в полное зацепление с наружным зубчатым венцом синхронизации шестерни-кадетки.

Таким образом, обеспечивается геометрическое соединение вторичного вала с шестерней включаемой передачи. Теперь крутящий момент передается не за счет трения между коническими поверхностями колец синхронизатора, а через зубчатые венцы шестерни-кадетки и скользящей муфты. Шарик-фиксатор сухаря, сжимая пружину, выходит из проточки на внутренней поверхности скользящей муфты и пакет колец освобождается от прижимающего действия сухаря. Теперь во включенном положении скользящая муфта удерживается за счет фиксаторов, расположенных на штоках вилок включения передач и за счет специальной конической формы зубьев венца шестерни-кадетки.

Инерционный синхронизатор включает следующие элементы:

- **выравнивающий** – фрикционный элемент, поглощающий энергию касательных сил инерции вращающихся масс. На рисунке 1.19 позициями 2, 5 и 9 показаны элементы, которые участвуют в выравнивании угловых скоростей синхронизируемых звеньев. При перемещении скользящей муфты 3 вдоль зубьев наружного венца 8 ступицы синхронизатора 10 сухари фиксатора 9 смещаются вместе со скользящей муфтой, сжимая пружину 5, расположенную между фрикционным кольцом 2 и ступицей 10 синхронизатора. Выравнивание угловых скоростей происходит за счет трения, возникающего в результате прижатия конической части фрикционного кольца 2 к ответной конической части зубчатого венца первичного вала 1, или зубчатого венца шестерни третьей передачи 6. На рисунке 1.20 показана конструкция современного трехэлементного синхронизатора, применяемого для включения первой и второй передач. Элементов, участвующих в выравнивании угловых скоростей сопрягаемых звеньев в такой конструкции больше. Так для включения первой

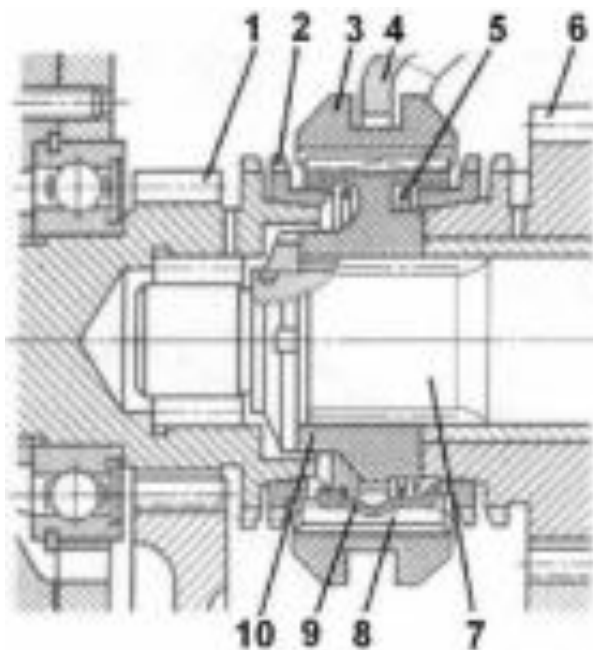
передачи, на коническую часть зубчатого венца шестерни 10 воздействуют внутреннее 9, промежуточное 8 и блокирующее кольцо 7. Причем, в выравнивании скоростей участвуют все поверхности указанных четырех элементов синхронизатора. Выравнивание скоростей происходит за счет трения между конической поверхностью шестерни-каретки первой передачи и конической поверхностью карбонового кольца 9, которое выступами (усиками) на торце вставлено в проточки корпуса 6 синхронизатора. Промежуточное кольцо 8 вращается вместе с шестерней-кареткой 10, так как своими усиками вставлено в углубления, находящиеся над конической поверхностью синхронизации. Блокирующее кольцо 7, имеющее внутреннюю коническую поверхность трения, надето на промежуточное кольцо 8. При перемещении скользящей муфты 5 в сторону шестерни-каретки первой передачи упорные сухари 11, перемещаемые скользящей муфтой 5, давят на торцевую поверхность блокирующего кольца 7, которое прижимает промежуточное кольцо 8, вместе с внутренним карбоновым кольцом 9 к торцевой поверхности шестерни-каретки 10. Рассмотренный синхронизатор применяют для включения первой и второй передач (см. рисунок 1.21). Для включения 3, 4, 5 и 6 передач, а так же передачи заднего хода применяют синхронизаторы более простой конструкции.

На рисунке 1.22 вы можете увидеть синхронизатор, у которого выравнивание угловых скоростей сопрягаемых деталей происходит за счет трения наружной поверхности блокирующего кольца 5 и 2, сделанного из латуни покрытой слоем молибденом, и внутренней конической поверхностью скользящей муфты 3. Скорость вращения шестерней-кареток 1 и 6 при движении автомобиля на третьей и выше передачах довольно высока, хотя крутящий момент, передаваемый шестернями-каретками на этих передачах ниже, чем на первой и второй передачах. Это позволяет использовать более простую конструкцию синхронизатора, не содержащего деталей их дорогостоящих высокотехнологичных материалов.

Перемещение скользящего кольца 3 вилкой 7 вдоль зубьев корпуса син-



хронизатора 4, например, в сторону шестерни каретки 6, приводит к соприкосновению конических поверхностей скользящей муфты 3 и блокирующего кольца 5. На внутренней поверхности блокирующего кольца выполнены три выступа, входящих в соответствующие пазы шестерни-каретки.

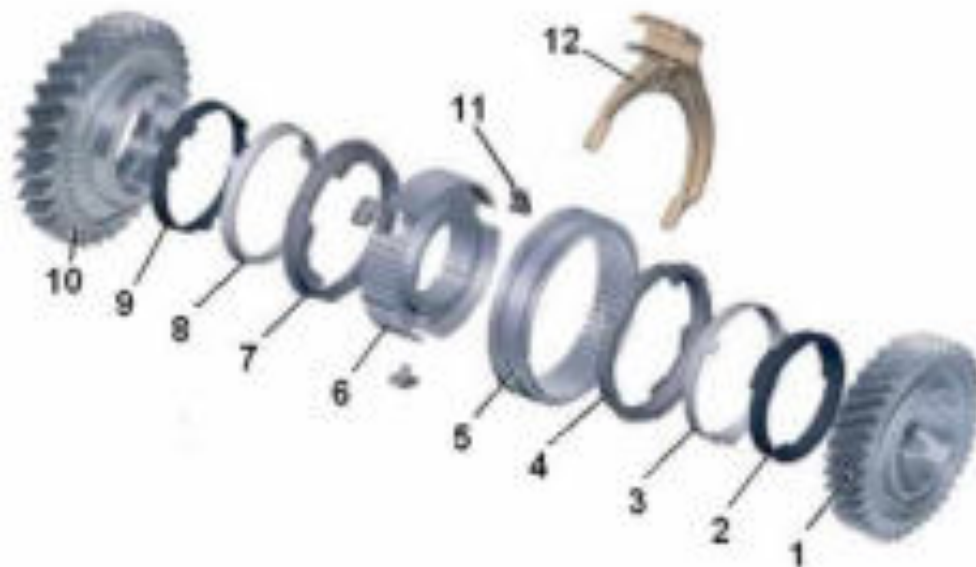


1 – первичный вал-шестерня с зубчатым венцом синхронизации, передающим во включенном состоянии крутящий момент на скользящее кольцо; 2 – фрикционное кольцо синхронизатора; 3 – скользящая муфта переключения передач; 4 – вилка переключения передач; 5 – пружина синхронизатора; 6 – зубчатое колесо-каретка третьей передачи с зубчатым венцом синхронизации, через который во включенном состоянии передается крутящий момент на скользящую муфту; 7 – вторичный вал; 8 – внутренний зубчатый венец скользящей муфты; 9 – сухарь фиксатора скользящей муфты; 10 – ступица синхронизатора с наружным зубчатым венцом.

Рисунок 1.19 – Муфта безударного включения передач, снабженная синхронизаторами.

- **блокирующий** – устройство, препятствующее входу в контакт зубьев скользящей муфты с зубчатым венцом шестерни-каретки, до полного выравнивания их угловых скоростей. Блокирующая муфта 7 (см. рисунок 1.20) с наружным зубчатым венцом совместно с упорными сухарями 11 и промежуточным кольцом 8 не позволяют скользящей муфте 5 перекрыть зубья венца

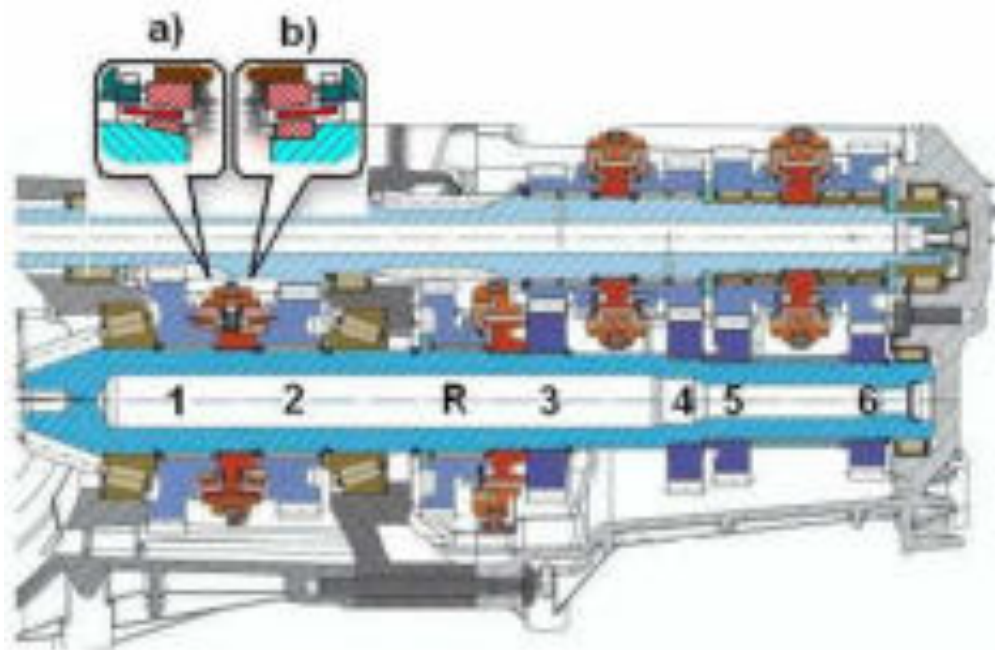
шестерни каретки, пока скорость вращения всех элементов не выровняется. В упрощенной конструкции синхронизатора (см. рисунок 1.22) введению в зацепление до выравнивания угловых скоростей препятствует блокирующее кольцо 5.



1 – шестерня-каретка второй передачи с зубчатым венцом и синхронизации; 2 – внутреннее карбоновое кольцо, надеваемое на выточку шестерни-каретки второй передачи; 3 – промежуточное кольцо второй передачи; 4 – блокирующее кольцо второй передачи; 5 – скользящая муфта 1-2 передачи; 6 – корпус синхронизатора; 7 – блокирующее кольцо первой передачи; 8 – промежуточное кольцо первой передачи; 9 – внутреннее карбоновое кольцо первой передачи, с конической поверхностью трения; 10 – шестерня-каретка первой передачи с зубчатым венцом и конической поверхностью синхронизации; 11 – упорный сухарь, снабженный шариковым фиксатором; 12 – вилка включения первой-второй передач.

Рисунок 1.20 – Усиленный синхронизатор первой-второй передач.

- **включающий** – внутренний зубчатый венец скользящей муфты 5 (см. рисунок 1.20) совместно с наружными зубчатыми венцами ступицы синхронизатора 6, блокирующей муфты 7 и зубчатого венца шестерни-каретки 10 при перекрытии скользящей муфтой 5 всех зубьев вышеперечисленных звеньев, обеспечивают передачу крутящего момента от ведущего звена к ведомому.



a) – с тремя промежуточными элементами на первой передаче; b) – с двумя промежуточными элементами на второй передаче.

Рисунок 1.21 – Коробка передач с усиленными синхронизаторами.



1 – шестерня-каретка четвертой передачи с зубчатым венцом синхронизации; 2 – блокирующее кольцо из латуни с наружным слоем молибдена включения четвертой передачи; 3 – скользящая муфта с двумя коническими поверхностями на её внутренней стороне; 4 – корпус синхронизатора; 5 – блокирующее кольцо из латуни со слоем молибдена третьей передачи; 6 – шестерня-каретка третьей передачи с зубчатым венцом синхронизации; 7 – вилка включения третьей-четвертой передач.

Рисунок 1.22 – Коробка передач с усиленными синхронизаторами.

Предварительная синхронизация скоростей вращения соединяемых звеньев исключает ударную нагрузку и шум в процессе включения передач. Практически все ступенчатые коробки передач снабжены синхронизаторами, выравнивающие угловые скорости соединяемых элементов перед включением передач переднего хода. На муфте включения задней передачи синхронизатор может не устанавливаться, так как включение заднего хода производится только после остановки автомобиля.

### **1.5 Конструкция ступенчатых коробок передач**

К ступенчатой коробке передач с ручным переключением предъявляются следующие требования:

- обеспечение приемлемых тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля при заданной внешней характеристике двигателя;
- бесшумность при работе и переключении передач;
- легкость управления;
- высокий КПД;

Как было упомянуто выше, большинство легковых и грузовых автомобилей встречающееся на дорогах России снабжено ступенчатыми коробками передач. На переднеприводных автомобилях с поперечным расположением двигателя, как правило, применяются двухвальные коробки передач с числом передач 4...5, а на заднеприводных автомобилях – в основном трехвальные коробки передач. Полноприводные автомобили могут снабжаться как двух, так и трехвальными коробками. Большинство передач снабжено синхронизаторами, обеспечивающими безударное введение в зацепление зубчатых муфт. Высшая передача в двухвальных коробках, как правило, повышающая, а в трехвальных – прямая.

Трехвальные коробки передач используют не только на легковых автомобилях, выполненных по классической схеме, но и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности, а также небольших автобусах.

Большинство современных легковых автомобилей укомплектовано коробками с числом передач (ступеней) не менее пяти. В грузовых автомобилях малой грузоподъемности применяются четырех и пятиступенчатые коробки (например, автомобили «Газель»). В грузовых автомобилях средней грузоподъемности ранее применялись четырехступенчатые коробки, но в последние десятилетия перешли на применение – пяти, и шести ступенчатых коробок, имеющие синхронизацию на всех, за исключением задней, передачах.

Многовальные коробки передач устанавливаются на автомобилях большой грузоподъемности для увеличения числа передач и с целью улучшения тяговых и экономических свойств. В основе конструкций многовальных коробок передач лежит четырех, пяти, или шести ступенчатая трехвальная коробка передач, в общем картере с которой размещен повышающий редуктор (делитель) или понижающий редуктор (демультипликатор), а иногда в одном картере с коробкой передач размещаются и делитель, и демультипликатор. При применении многовальных коробок число передач может быть от 8 до 24. Многоступенчатые коробки передач чаще всего устанавливают на автомобилях-тягачах, работающих с прицепным составом.

Для анализа и оценки конструкций коробок передач служит ряд оценочных параметров, которые определяются требованиями, предъявляемыми к коробкам передач различного типа.

### **1.5.1 Диапазон передаточных чисел**

Одним из важных оценочных параметров коробки передач является отношение передаточного числа низшей и высшей передач. Это отношение называется диапазоном передаточных чисел или диапазоном коробки передач.

В легковых автомобилях и автобусах малой вместимости (минивэнах) созданных на их базе  $D=3...4$ ; в грузовых автомобилях в зависимости от грузоподъемности и назначения  $D = 5...8$ . Такой же диапазон имеют автобусы средней и большой вместимости с механической коробкой передач; автомобили-

тягачи и автомобили высокой проходимости имеют диапазон  $D=9...13$ . В этих же пределах расположен диапазон передаточных чисел коробки передач для автомобилей технологического назначения, у которых должна быть предусмотрена скорость порядка 2...3 км/ч. Устойчивое движение с такой скоростью может быть обеспечено только при большом значении передаточного числа низшей передачи. Низкая скорость движения может быть получена и другим путем, установкой раздаточной коробки с понижающей передачей.

### **1.5.2 Число передач и плотность ряда передаточных чисел**

Плотность ряда характеризуется отношением передаточных чисел двух соседних передач. Чем больше число передач в коробке, тем выше плотность ряда, тем в большей степени выполняется требование обеспечения высоких тяговых и экономических свойств автомобиля. В современных конструкциях коробок передач показатель плотности ряда передач стремятся выполнять в пределах 1,1...1,5, причем на высших, синхронизированных передачах показатель плотности должен приближаться к нижнему значению.

Помимо повышения тяговых и экономических свойств, большая плотность ряда позволяет синхронизаторам работать в более благоприятных условиях, так как для выравнивания угловых скоростей соединяемых элементов, скорости которых мало различаются, требуется меньшая работа трения. Благодаря этому синхронизаторы могут быть простой конструкции, меньших размеров без применения дорогостоящих материалов при достаточной надежности. Сравните синхронизаторы, показанные на рисунках 1.18 и 1.19.

### **1.5.3 Уровень шума, создаваемого при работе**

Этот параметр зависит от качества, точности изготовления и типа зубчатых пар, жесткости валов и картера коробки передач. Коробки передач, при-

меняемый на автомобилях ГАЗ-21 (3110) имеют довольно большой удлинитель 5 (см. рисунок 1.16), который при движении создает высокий уровень шума. Зубчатые пары в коробке передач должны быть точно подогнаны. Меньший уровень шума обеспечивают косозубые и шевронные зубчатые колеса, которые, кроме того, обладают большей прочностью.

При недостаточной жесткости валов (осей) нарушается зацепление между зубьев, что сопровождается повышением уровня шума. Картер коробки передач не должен резонировать, то есть иметь собственные колебания, совпадающие с колебаниями валов и осей коробки передач, так как резонансные составляющие значительно увеличивают уровень шума. Придать картеру достаточную жесткость можно путем создания рациональной формы или орebrения поверхности её корпуса, которое не только увеличивает жесткость её конструкции, но и улучшает теплоотвод.

Параметром оценки уровня шума коробки передач может служить её КПД, так как шум всегда сопровождается потерей энергии.

#### **1.5.4 Легкость управления**

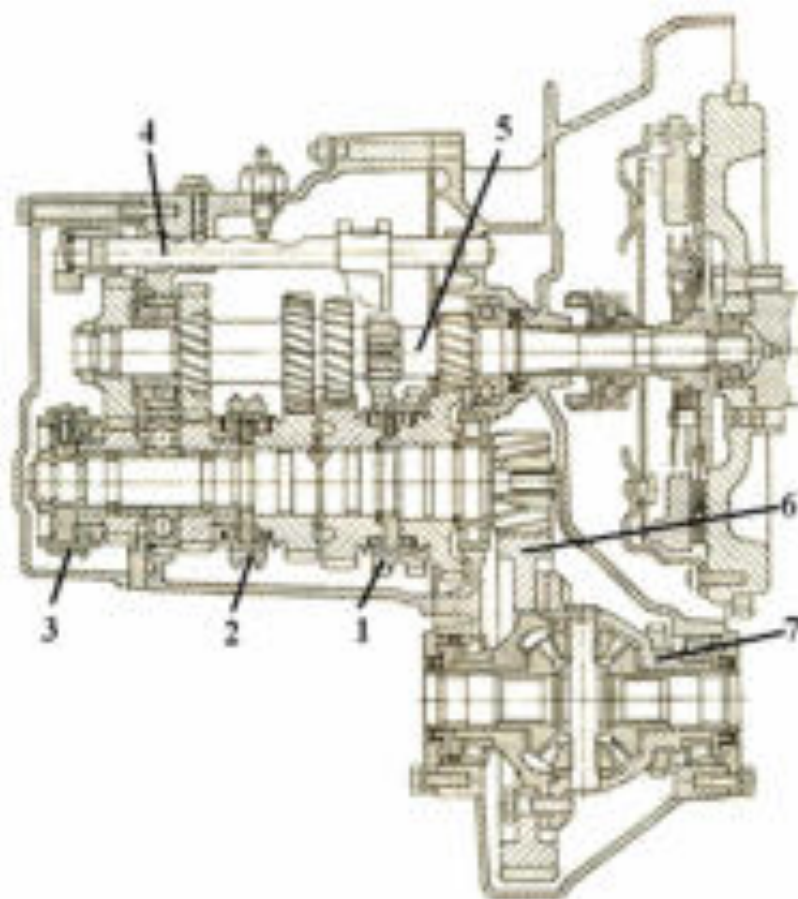
Оценочными показателями являются как усилие, прилагаемое водителем к рычагу управления, так и сложность манипуляций, которая зависит от сложности самой конструкции коробки передач и её привода (синхронизаторы, электрические и пневматические приводы, автоматизация управления ступенчатой коробкой передач).

Ознакомившись с основными требованиями, предъявляемыми к конструкции коробок передач со ступенчатым их переключением, приступим к изучению конструкций существующих коробок передач.

#### **1.5.5 Двухвальные коробки передач**

Такие коробки применяют для переднеприводных и заднеприводных (с

задним расположением двигателя) автомобилей. Конструктивно их совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом. Для примера можно рассмотреть конструкцию пятиступенчатой, полностью синхронизированной двухвальной коробки передач (см. рисунок 1.23) переднеприводного легкового автомобиля семейства ВАЗ, устанавливаемой при поперечном расположении двигателя.



1 – синхронизатор включения первой-второй передач; 2 – синхронизатор включения третьей-четвертой передач; 3 – механизм включения пятой передачи; 4 – шток с вилкой включения передачи заднего хода; 5 – первичный (ведущий) вал; 6 – финальная (главная) передача; 7 – дифференциал.

Рисунок 1.23 – Пятиступенчатая двухвальная коробка передач переднеприводного автомобиля с поперечным расположением двигателя.

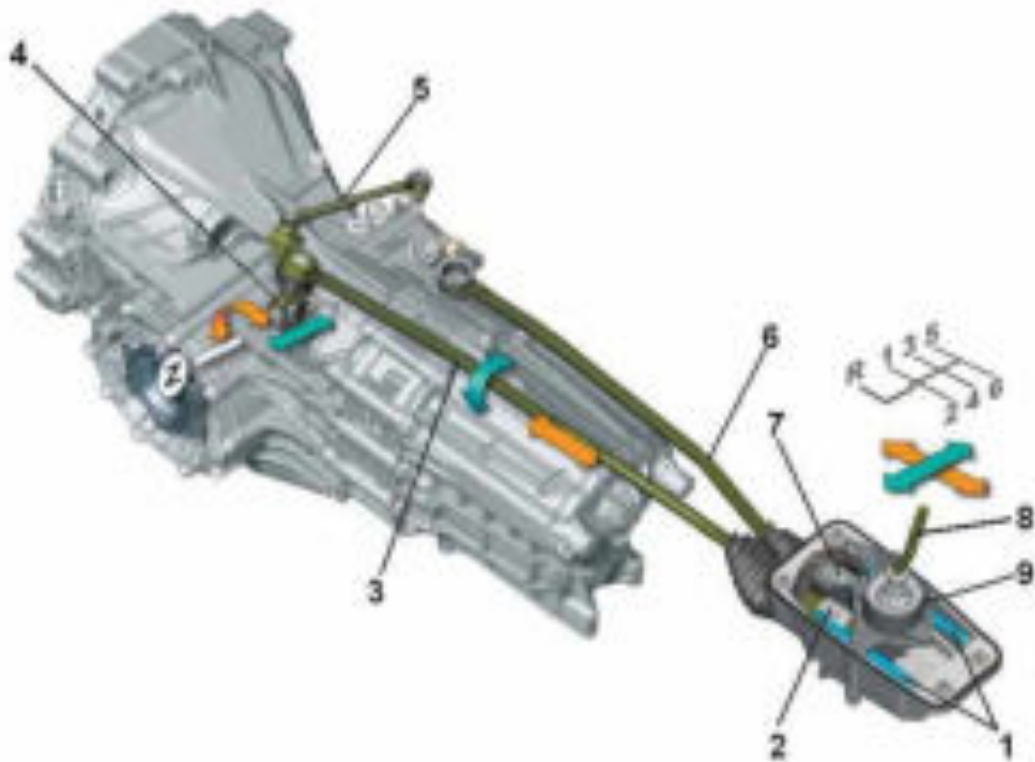
При таком расположении двигателя обычно применяется цилиндрическая главная передача, или между главной передачей и ведомым валом ко-



робки передач установлена дополнительная косозубая цилиндрическая передача, называемая финальной. В коробке автомобиля ВАЗ ведущая шестерня главной передачи, расположенная на конце ведомого вала коробки передач. Венец цилиндрического зубчатого колеса 6 главной передачи корпус межколесного дифференциала 7.

На ведущем валу 5 расположены четыре косозубые цилиндрические шестерни, выполненные заодно с ним, находящиеся в постоянном зацеплении с зубчатыми венцами четырех передач. На конце ведущего вала консольно установлена косозубая ведущая шестерня пятой (повышающей) передачи. Первая и вторая передачи включаются синхронизатором 1, а третья и четвертая – синхронизатором 2. Оба синхронизатора двустороннего действия и конструктивно схожи с синхронизатором, изображенным на рисунке 1.20, только карбона, конечно же, не применяется. Пятая передача включается односторонним синхронизатором 3, расположенным консольно на ведомом валу КПП. Задняя передача включается путем введения в зацепление прямозубой промежуточной шестерни между ведущей цилиндрической прямозубой шестерней, расположенной на ведущем валу, и прямозубым венцом синхронизатора первой-второй передачи. Перемещение промежуточной шестерни производится вилкой, установленной на штоке 4.

Привод включения передач поперечно расположенной коробки имеет некоторые особенности. Выбор передач продольно расположенной коробки происходит в результате поперечного перемещения рычага с помощью поворачивающей штанги 3 (см. рисунок 1.24), а включение зубчатого зацепления – в результате продольного его перемещения с помощью толкающей штанги 6. Штанги включения у продольно расположенной коробки передач проходят вдоль кузова почти параллельно. В поперечно расположенной коробке (см. рисунок 1.25) штанги, с помощью которых производят выбор и включение передач, перекрещиваются.



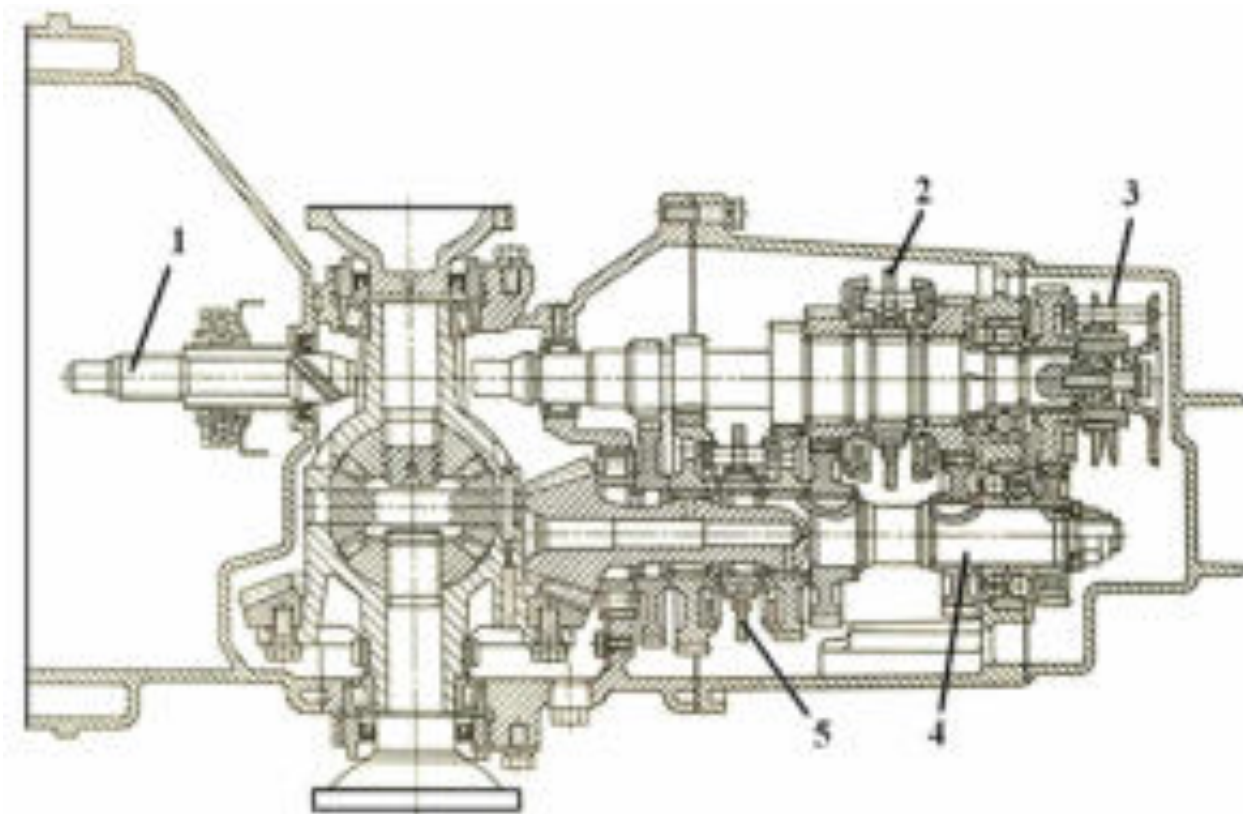
1 – ползья; 2 – регулировочный узел включения передач; 3 – поворачивающая штанга; 4 – рычаг вала управления движением вилок включения передач; 5 – соединительная штанга; 6 – толкающая штанга; 7 – крепление подшипника рычага переключения передач; 8 – рычаг переключения передач; 9 – подшипниковый узел рычага переключения передач.

Рисунок 1.24 – Наружный механизм переключения передач автомобиля с продольным расположением двигателя.



1 – поворачивающая штанга; 2 – толкающая штанга.

Рисунок 1.25 – Наружный механизм переключения передач автомобиля с поперечным расположением двигателя.



1 – первичный (ведущий) вал; 2 – синхронизатор включения первой-второй передач; 3 – синхронизатор включения пятой передачи; 4 – вторичный вал; 5 – синхронизатор включения третьей-четвертой передач.

Рисунок 1.26 – Двухвальная коробка передач автомобиля с продольным расположением двигателя.

Конструкция двухвальной пятиступенчатой коробки передач при переднем продольном расположении двигателя приведена на рисунке 1.26. В этом случае два синхронизатора 2 и 5 размещены два на ведущем валу и один – на ведомом. Размещение синхронизатора на двух валах позволяет несколько сократить длину коробки. При продольном расположении двигателя и пристыкованной к нему КПП применяется коническая или гипоидная главная передача. Управление коробкой передач при переднем расположении двигателя, например у Москвича 2141 - непосредственное. При заднем расположении двигателя и коробки (продольно) управление коробкой дистанционное (например, ЗАЗ-968).

В финальной передаче двухвальных коробок передач крутящий момент

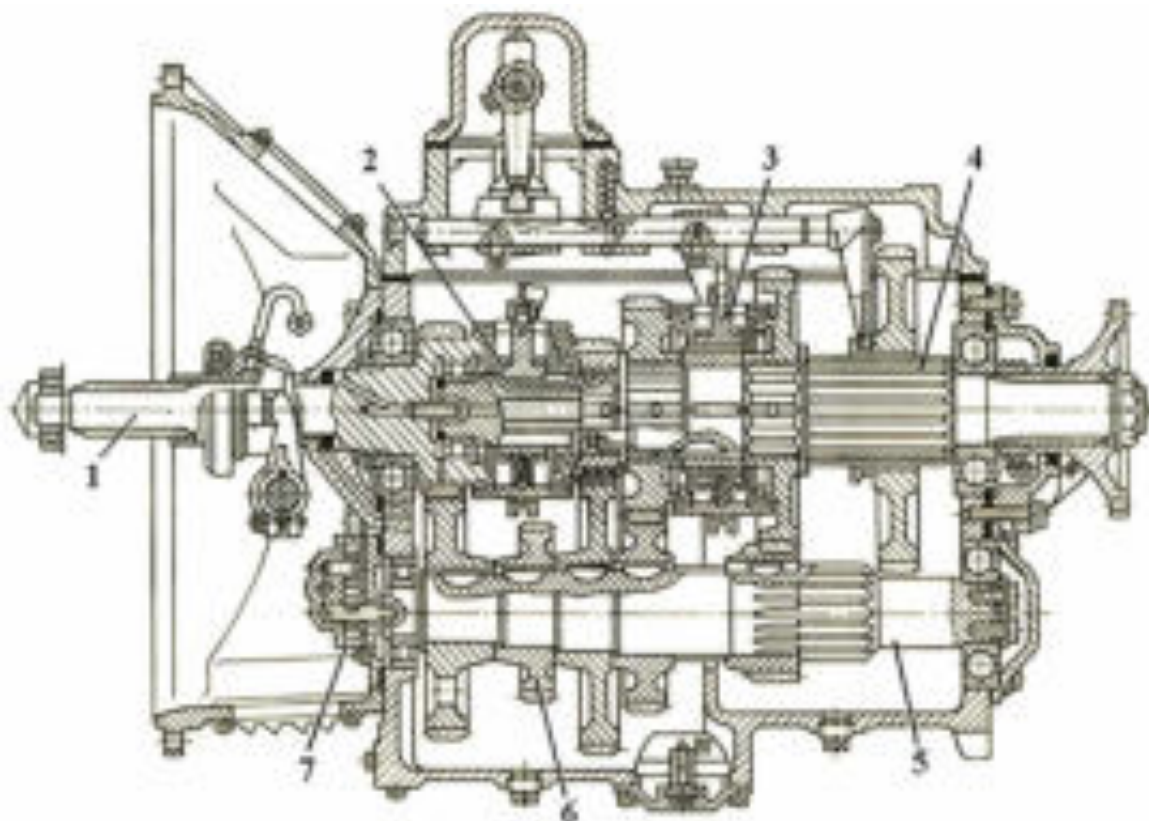
передается двумя зубчатыми колесами или с помощью двухступенчатого редуктора. В первом случае передаточное число зубчатой пары не должно превышать некоторого предела, близкого к четырем, так как дальнейшее увеличение передаточного числа приводит к увеличению размеров коробки и повышению уровня шума. Во втором случае двухступенчатая финальная передача может иметь большее передаточное число.

Передаточное число высшей передачи в двухвальных коробках, как правило, не делают равным единице, число зубьев сопрягаемых зубчатых колес отличается на 1...2, что позволяет обеспечить хорошую прирабатываемость, так как зубья ведомой шестерни при каждом обороте входят в зацепление не с ранее кон тактирующим зубом, а со следующим за ним зубом. В большинстве конструкций высшая передача – повышающая, а прямая передача отсутствует.

Основные достоинства двухвальных коробок передач – простота конструкции, малая масса, сравнительно высокий КПД.

### **1.5.6 Трехвальные коробки передач**

Рассмотренная ранее четырехступенчатая коробка передач автомобиля ГАЗ-24 является трехвальной. Кроме легковых автомобилей трехвальные коробки применяют и на грузовиках. Число ступеней в таких коробках обычно не более шести, а управление коробкой может осуществляться при помощи одной штанги, которая имеет возможность совершать вращательные (для выбора передачи) и поступательные (для включения передачи) движения. Отличительной особенностью трехвальной коробки передач является наличие прямой передачи, на которой автомобиль движется большую часть общего пробега.



1 – первичный (ведущий) вал; 2 – синхронизатор четвертой (прямой) и пятой (повышающей) передачи; 3 – синхронизатор второй-третьей передачи; 4 – шлицевая часть ведущего вала, используемая для включения первой и задней передач; 5 – промежуточный вал; 6 – шестерня отбора мощности; 7 – масляный насос системы смазки коробки передач.

Рисунок 1.27 – Трехвальная коробка передач грузового автомобиля МАЗ-5335.

На рисунке 1.27 представлена трехвальная пятиступенчатая коробка передач грузового автомобиля МАЗ-5335. Здесь первая передача включается перемещением прямозубой шестерни вдоль шлицов 4 ведомого вала, а передача заднего хода производится перемещением той же самой прямозубой шестерни 4 в зацепление с шестерней промежуточного блока, получающего вращение от косозубой шестерни второй передачи. На рисунке блок промежуточных шестерен не показан. Зубчатые колеса остальных передач – косозубые, находятся в постоянном зацеплении и включаются при помощи двух синхронизаторов. В этой коробке прямая передача – четвертая. Высшая, пятая передача – повы-

шающая (передаточное число меньше единицы). Высшая передача должна использоваться для движения по хорошим дорогам и при движении автомобиля с не полностью загруженным кузовом. Это позволяет обеспечить работу двигателя с меньшей частотой вращения, тем самым, увеличив его ресурс. Диапазон коробки  $D = 8$ . В пятиступенчатой коробке передач такой диапазон не обеспечивает достаточной плотности ряда, поэтому необходимо увеличивать размеры синхронизаторов, выполняющих повышенную работу трения из-за большой разницы угловых скоростей синхронизируемых зубчатых колес.

Ведущий вал коробки, обычно, выполнен как одно целое с шестерней. Промежуточный вал установлен на цилиндрическом роликовом и шариковом подшипниках, шариковый подшипник может воспринимать осевые силы, возникающие на первой передаче и передаче заднего хода. Зубчатое колесо первой передачи нарезано непосредственно на промежуточном валу, остальные – установлены при помощи сегментных шпонок. На этом же валу закреплена шестерня отбора мощности 6. Отбор мощности необходим для присоединения привода дополнительных агрегатов, например, гидравлического насоса самосвального оборудования или гидравлического привода автомобильного крана.

Ведомый вал имеет переменное сечение (наибольшее сечение у шлицевой части, на которой установлена каретка первой передачи и заднего хода), что, наряду с достаточной длиной ступицы зубчатого колеса, предохраняет вал от перекосов и нарушения зацепления. Внутри ведомого вала выполнен осевой канал, куда подается масло для смазывания втулок свободно сидящих колес пятой, третьей и второй передач. Масло в осевой канал нагнетается шестеренным насосом 7, имеющим привод от промежуточного вала, через каналы в передней стенке коробки и в крышке ведущего вала, отверстия в ведущем валу и переходную втулку.

Управление коробкой передач осуществляется дистанционно. Рычаг управления, расположенный в кабине, соединяется с коробкой передач системой, в которую входят тяги, валики и карданные шарниры, необходимые для

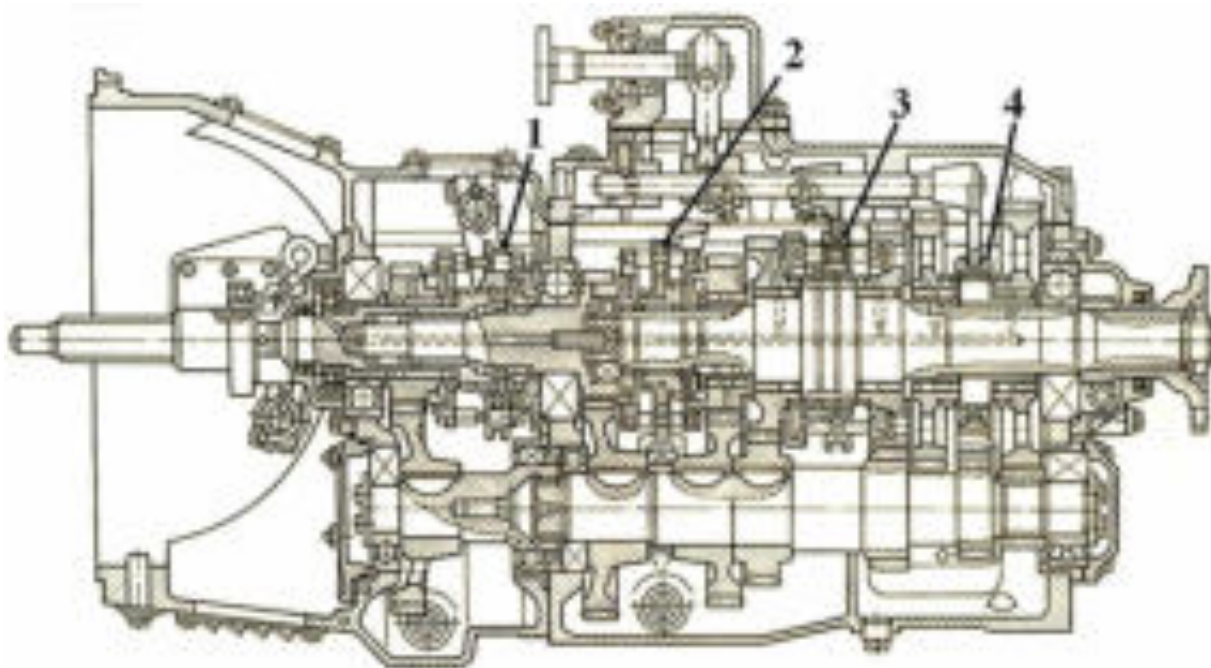
обеспечения откидывания кабины, так как кабина расположена над двигателем. Конструкция шарниров предусматривает, что при откидывании кабины нейтральное положение коробки передач не нарушается.

### **1.5.7 Многовальные коробки передач**

Многовальные коробки передач применяются при большом числе передач и представляют собой четырех или шести ступенчатую трехвальную коробку передач со встроенным или совмещенным редуктором. Редуктор может быть повышающим или понижающим. Повышающий редуктор (мультипликатор или делитель) устанавливается перед коробкой передач, его главная задача - уменьшить разрыв между передаточными числами соседних передач (уплотнить ряд), незначительно увеличивая диапазон передач. В большинстве случаев делитель имеет две передачи – прямую и повышающую, что позволяет увеличить число передач в 2 раза. Понижающий редуктор, демумльтипликатор, размещают за коробкой передач. Устанавливать демумльтипликатор перед коробкой передач нецелесообразно, так как при этом зубчатые колеса коробки и валы передач следует рассчитывать на повышенный крутящий момент, что приводит к увеличению их массы и размеров.

Демумльтипликатор выполняют двух- или трехступенчатым, что позволяет увеличить число передач соответственно в 2 или 3 раза. Демумльтипликатор обычно выполняется с большим передаточным числом, благодаря чему расширяется диапазон передач. Примером многовальной коробки передач может служить десяти ступенчатая коробка передач автомобиля КамАЗ-5320 (см. рисунок 1.28). Делитель 1, имеющий две передачи (повышающую и прямую), выполнен в отдельном картере и прикреплен к пятиступенчатой коробке передач. Размещение делителя в отдельном картере позволяет использовать коробку передач и без делителя, где это целесообразно, например на автомобилях-самосвалах. При установке делителя несколько деталей пятиступенчатой коробки передач заменяются, в частности ведущий вал и подшипниковый узел

промежуточного вала. Самая высокая передача при включении повышающего ряда делителя имеет передаточное число 0,815. Передаточное число низшей (первой) передачи при включении прямой передачи делителя составляет 7,82. Таким образом, диапазон коробки передач  $D=9,6$ . Остальные передачи можно варьировать включением соответствующего синхронизатора, например, четвертого синхронизатора - назад (на рисунке вправо) и синхронизатора делителя - вперед или назад (на рисунке - влево или вправо). В этом случае мы получим две первые передачи – повышенную и прямую. Таким же образом происходит переключение остальных передач с помощью синхронизаторов 2 и 3 и делителя 1.



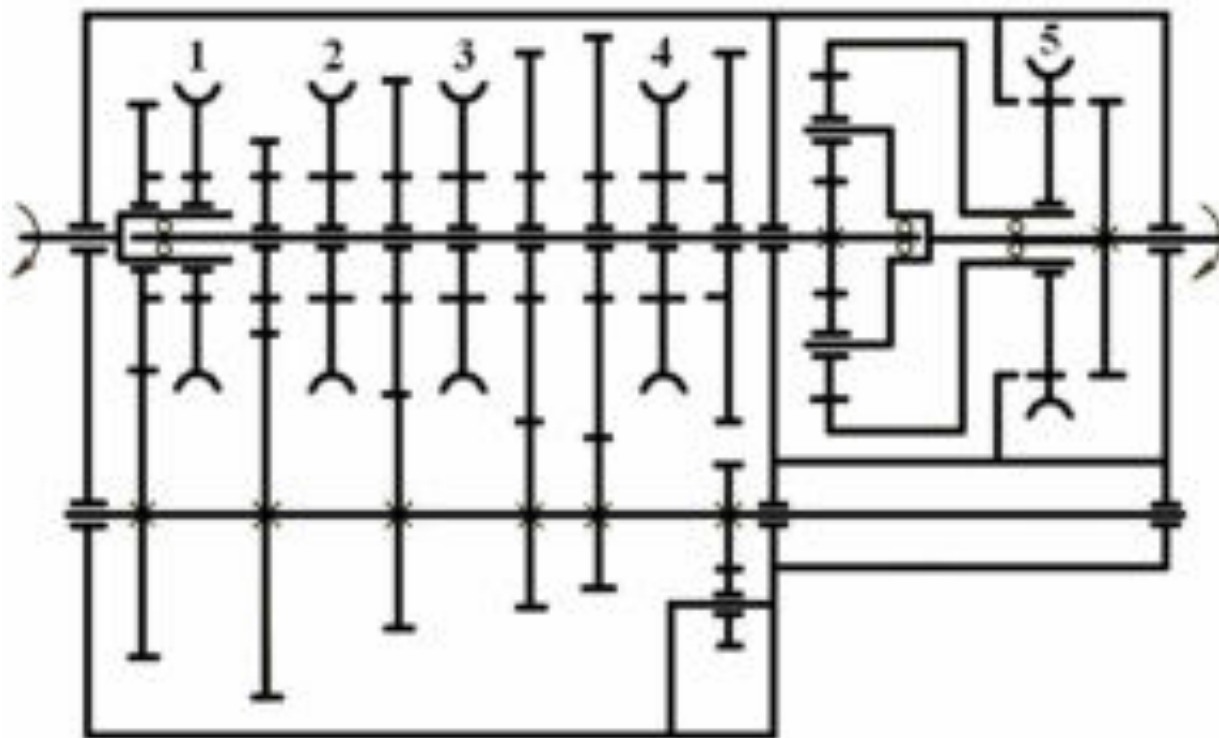
1 – делитель, позволяющий включать повышенные и прямые передачи; 2 – синхронизатор шестой (прямой) и пятой передач; 3 – синхронизатор четвертой и третьей передач; 4 – синхронизатор второй и первой передач.

Рисунок 1.28 – Многоступенчатая коробка передач автомобиля КамАЗ.

Для дальнейшего увеличения диапазона передач потребуется установка демультипликатора. В качестве примера на представленном рисунке 1.29 показана кинематическая схема четырнадцатиступенчатой коробки передач автомобиля большой грузоподъемности. Коробка имеет выполненный в общем



картере делитель 1, размещенный в передней части, удваивающий число передач, и двухступенчатый демультипликатор 5 планетарного типа, дополнительно в 2 раза увеличивающий число передач.



1 – делитель, обеспечивает повышенную и прямую передачу; 2 – синхронизатор пятой-четвертой передач; 3 – синхронизатор третьей-второй передач; 4 – синхронизатор первой-задней передач; 5 – демультипликатор, обеспечивающий прямую и пониженную передачи.

Рисунок 1.29 – Кинематическая схема четырнадцатиступенчатой коробки передач с делителем и демультипликатором.

Делитель дает возможность получить два ряда передач в коробке.

Повышающий ряд получается при перемещении синхронизатора 1 делителя вперед (влево по схеме). Самая высокая передача с передаточным числом 0,82 включается перемещением синхронизатора 2 вперед и включением синхронизатора 5 делителя назад. Остальные четыре передачи для движения вперед получают перемещением синхронизатора 2 назад, синхронизатора 3 – вперед и назад. Передача заднего хода получается перемещением синхронизатора 4 назад. На схеме для ясности дополнительная промежуточная шестерня зад-

него хода показана с изменением её реального положения. При включении повышающего ряда делителя включение первой передачи за ненадобностью блокируется, то есть в коробке не предусмотрено включение первой повышенной, как и первой пониженной передачи.

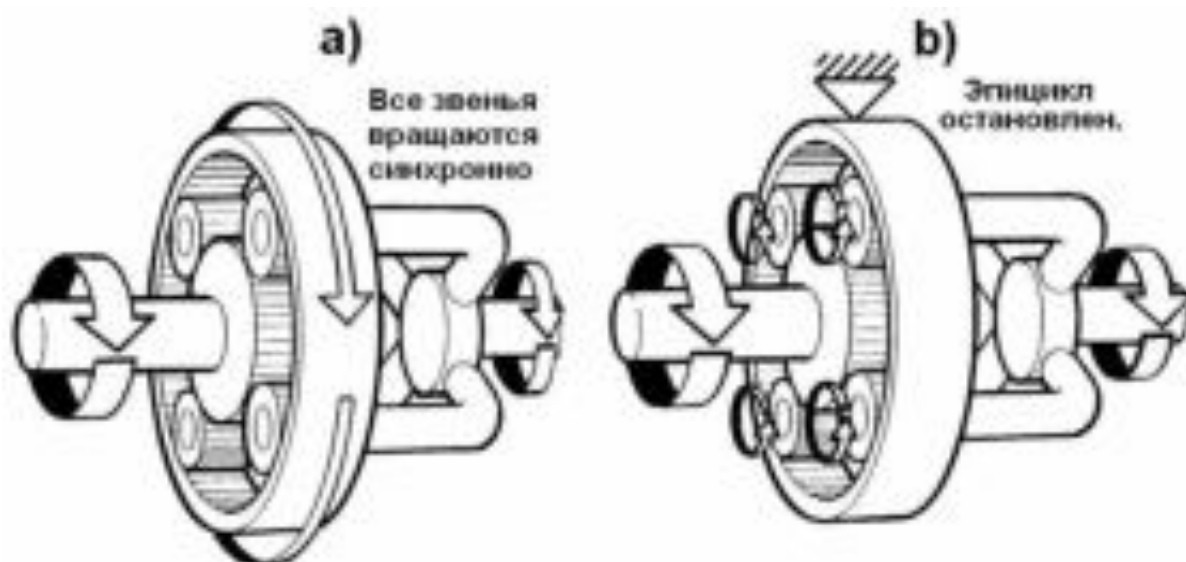
Понижающий ряд получается при перемещении синхронизатора 1 делителя назад (вправо по схеме). Прямая передача, включается при перемещении синхронизатора 2 вперед и синхронизатора 5 демультипликатора назад. Остальные три передачи переднего хода и передача заднего хода получаются соответствующим перемещением синхронизаторов 2 и 3. Демультипликатор позволяет получить две передачи: прямую и пониженную с передаточным числом 3,5.

Таким образом, конструкция коробки передач принципиально дает возможность обеспечить 16 передач. Однако в данной конструкции при включении прямой передачи в демультипликаторе первая передача в коробке автоматически блокируется независимо от того, какая передача включена в делителе. Это связано с тем, что прямая передача в демультипликаторе включается при движении по хорошим дорогам или с малой нагрузкой, когда нет надобности использовать для разгона первую передачу. Поэтому при включении прямой передачи в демультипликаторе коробка передач обеспечивает не восемь, а шесть; а при включении понижающей передачи в демультипликаторе – восемь передач. Таким образом, коробка передач с делителем и демультипликатором обеспечивает не шестнадцать, а только четырнадцать передач.

Планетарный демультипликатор включается при помощи синхронизатора 5, который имеет два положения:

- включения прямой передачи – синхронизатор перемещается назад (на схеме – вправо), блокируются эпициклическое зубчатое колесо с водилом (см. рисунок 1.30а), при этом элементы планетарного ряда вращаются как одно целое;
- включения понижающей передачи – синхронизатор перемещается

вперед (на схеме – влево), вследствие чего эпициклическое колесо жестко блокируется с картером (см. рисунок 1.30b). При вращении солнечного колеса и остановленном эпицикле, водило будет вращаться медленнее солнечного колеса, так как планетарные шестерни, обегая стоящее эпициклическое колесо, будут увлекать водило, на осях которого они вращаются.



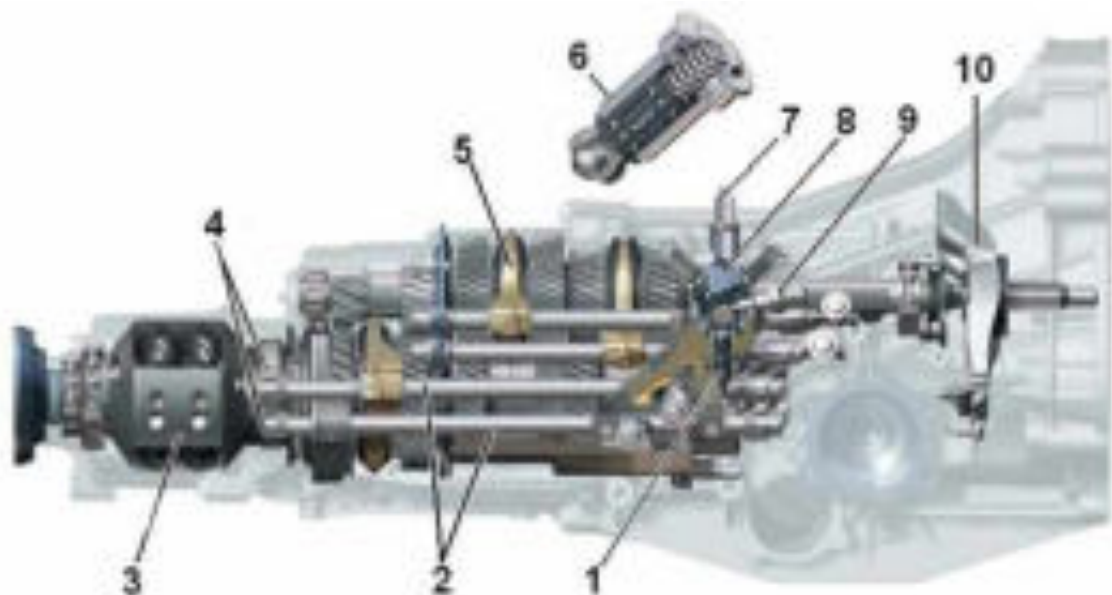
а) – прямая передача; б) – понижающая передача.

Рисунок 1.30 – Планетарный механизм демультипликатора.

Применение планетарного демультипликатора при большом передаточном числе дает возможность снизить массу и размеры всей коробки передач. Максимальное передаточное число на первой передаче при включении понижающей передачи в демультипликаторе 10,65; минимальное передаточное число при включении прямой передачи в демультипликаторе 0,82. Диапазон передач  $D = 12,987$ .

## 1.6 Внутренние элементы и механизмы коробки передач

Перемещение скользящих муфт или шестерен в коробке передач производится вилками, закрепленными на штоках. В трехвальной пятиступенчатой коробке передач установлено три штока, а в шестиступенчатой коробке (см. рисунок 1.31) – четыре штока. На каждом штоке 2 установлено по одной вилке 5, входящей в цилиндрическую проточку скользящей муфты синхронизатора.



1 – ограничительный штифт; 2 – шток вилки переключения передач; 3 – межосевой дифференциал; 4 – шариковые опоры штоков переключения передач; 5 – вилка переключения передач; 6 – стопорная втулка; 7 – вал управления переключением передач; 8 – цилиндрический держатель вала; 9 – выключатель фонаря заднего хода; 10 – вилка включения сцепления.

Рисунок 1.31 – Внутренние элементы механизма переключения коробки передач полноприводного автомобиля с продольным расположением двигателя.

От самопроизвольного выключения передач предохраняют шариковые стопорные устройства 6, установленные на рабочем цилиндре, которые входят в соответствующие выточки оси вращения рабочего цилиндра. Рабочий цилиндр переключения передач, связанный с рычагом посредством двух тяг, одна из которых перемещает рабочий цилиндр в направлении вдоль оси его вращения, а вторая – поворачивает рабочий цилиндр. Продольным перемещением рабочего цилиндра производится выбор передач. На рисунке 1.24 видно, что поворачивающая штанга 3 может перемещать рабочий цилиндр в одно из четырех положений, соответствующих выбору одного из четырех штоков 2 (см. рисунок 1.31), а толкающая штанга производит перемещение выбранного штока в направлении его продольной оси.

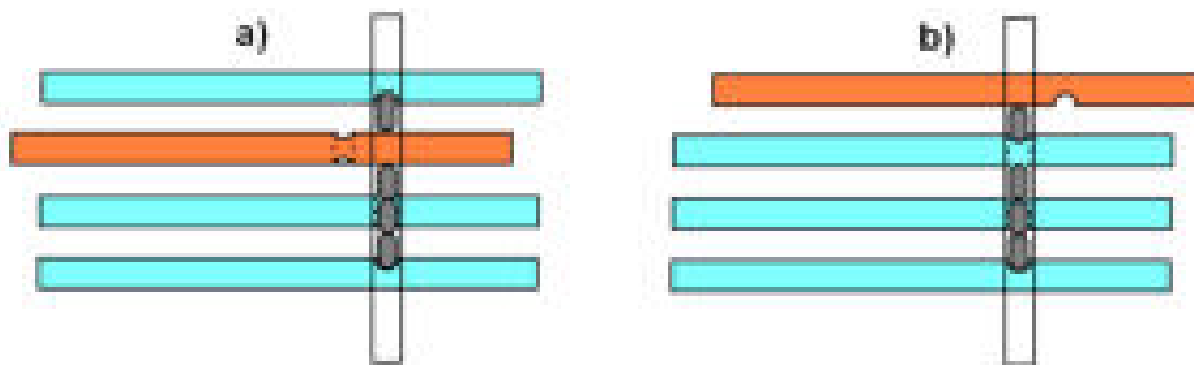


Рисунок 1.32 – Работа замочного устройства при включении какой-либо передачи.

Одновременное включение двух передач невозможно, так как в корпусе коробки передач установлено замочное устройство, стопорящее три штока в случае выведения одного из четырех штоков из нейтрального положения. На рисунке 1.32а показано положение элементов замочного устройства при выведении из нейтрального положения штока со сквозным отверстием для замка, а на рисунке 1.32б – при выведении из нейтрального положения одного из крайних штоков. На рисунке видно, что ни один из штоков после выведения какого-либо штока из нейтрального положения не может быть выведен из этого положения, так как удерживается подвижными элементами замочного устройства.

### **1.6.1 Подшипниковые узлы коробок передач, системы смазки ступенчатых коробок передач**

В ступенчатых коробках передач с их ручным переключением применяются подшипники качения различных типов: шариковые радиальные, шариковые радиально-упорные, роликовые радиальные с цилиндрическими роликами, роликовые радиально-упорные с коническими роликами, игольчатые. Подшипники, устанавливаемые на валу коробки передач, в большинстве конструкций воспринимают радиальные и осевые нагрузки. При установке шариковых подшипников осевую нагрузку воспринимает один из подшипников,

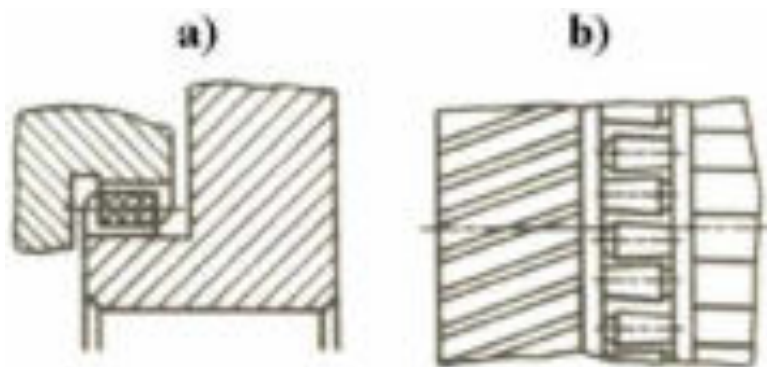
поэтому наружное кольцо этого подшипника закрепляется в картере, а наружное кольцо другого подшипника имеет такую посадку в картере, которая позволяет ему перемещаться при тепловом удлинении вала. Одновременно такая установка подшипников позволяет упростить их монтаж. С этой же целью один из подшипников, устанавливаемый на валу - с цилиндрическими роликами.

Два роликовых радиально-упорных подшипника на одном валу применяются в коробках передач грузовых автомобилей довольно редко, так как при тепловом расширении вала они могут заклинить. Чаще один конец вала устанавливают на двухрядный радиально-упорный роликовый подшипник, а второй конец вала имеет «плавающую» опору. Если блок зубчатых колес с косым зубом устанавливается на роликовых подшипниках с цилиндрическими роликами, то осевые силы воспринимаются торцовыми шайбами. Косозубые колеса постоянного зацепления, свободно установленные на валу на игольчатых подшипниках, бронзовых втулках или непосредственно на валу, фиксируются в осевом направлении выступами вала, шайбами и замковыми кольцами или гайками.

## **1.7 Основные неисправности и сервисное обслуживание коробок передач**

Если у автомобиля наблюдается неполное включение какой-либо передачи, что сопровождается её самопроизвольным выключением, требуется провести регулировку наружного привода включения, путем изменения длины тяг. Как производится регулировка – узнайте в Руководстве по ремонту данной марки автомобиля. Если регулировкой не удастся добиться полного включения передачи, то есть после регулировки все же происходит самопроизвольного выключения передачи, дефект кроется во внутреннем механизме включения передачи.

При износе зубьев и при повышенных посадочных зазорах между скользящей муфтой и корпусом синхронизатора, появляются осевые силы, которые выводят зубья зубчатых пар или муфты из зацепления и передача самопроизвольно выключается. Усилия фиксаторов, удерживающих валики переключения передач в положении включенной передачи, оказываются недостаточными. Такая же картина возникает при изгибе штоков или износе фиксирующих канавок на штоках. В этом случае штоки необходимо заменить.



а) – зубья выполнены с перекрытием; б) – зубья конической формы.

Рисунок 1.33 – Конструкция зубьев, передающих усилие от шестерни-каретки к корпусу синхронизатора.

В конструкции коробок предусмотрены дополнительные мероприятия, направленные на предотвращение самовыключения передач. Простейшим из таких мероприятий является выполнение зубчатых муфт с перекрытием (см. рисунок 1.33а) или зубьям муфт придают коническую форму. Зубья с перекрытием после некоторого периода эксплуатации в зоне контакта деформируются, образуя уступ, который препятствует самовыключению.

Другая конструкция зубьев показана на рисунке 1.33б. Зубья имеют форму усеченного конуса. При передаче тангенциального (касательного) усилия на рабочих поверхностях зубьев возникают две противоположно направленные силы, которые препятствуют саморасцеплению муфт. Однако износ рабочих поверхностей зубчатых муфт является причиной их саморасцепления.

Затрудненное включение передач, сопровождающееся соударением зубьев соединяемых звеньев, обычно вызвано износом трущихся поверхно-

стей синхронизирующих вращение звеньев, как правило – конической поверхности латунного блокирующего кольца.

Обе неисправности можно устранить только заменой изношенных деталей.

Реже возникает дефект, связанный с ослаблением или разъединением крепежа, фиксирующего включающие вилки на штоках. Такой дефект может привести к серьезной поломке механизмов, так как возможно одновременное включение двух передач. Как вы понимаете, два конца одного вала не могут вращаться в разные стороны или с разными скоростями. Это приведет к неминуемой поломке либо самого вала, либо механизмов, вращающих этот вал.

Подтекание масла из корпуса коробки передач можно определить по масляным следам на днище автомобиля в местах крепления передаточных устройств. Подтекание может происходить из-за повреждения сальниковых уплотнений, или из-за повышенного давления внутри картера коробки передач. На корпусе картера, как правило, расположен сапун – устройство, предназначенное для вентиляции внутренней полости, которая необходима при нагреве смазки. При сервисном обслуживании коробок обязательно очистите сапун и проверьте его способность пропускать пары из коробки при нагреве масла и обратного впуска воздуха при его охлаждении.



## 2 РАЗДАТОЧНЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

### 2.1 Дополнительные и раздаточные коробки передач

Современный рынок автомобилей немислим без внедорожников. Каждая фирма считает престижным выпустить хотя бы один внедорожник, пускай не в полном смысле этого слова, то есть не для трафика Париж - Дакар, а для поездки на рыбалку, или даже и не на рыбалку, а просто как дань моде. Вот и стали автомобили повышенной проходимости автомобилями повышенной комфортности. Чем же так привлекателен внедорожник и какие преимущества, получает водитель? На вопрос: «С чем у вас ассоциируется высокая проходимость?», большинство, не задумываясь, ответит: «С большим дорожным просветом и приводом на все колеса».

Действительно, в серийном исполнении полный привод появился и получил широкое распространение именно на автомобилях высокой проходимости, ведь без него эта высокая проходимость просто не получалась. Но за нее пришлось заплатить усложнением конструкции, увеличением массы машины и уменьшением полезного пространства: появились дополнительные агрегаты – раздаточная коробка, еще один ведущий мост с главной передачей и дифференциалом, карданные валы.

Самая ранняя схема полноприводной трансмиссии – с жесткой связью в раздаточной коробке и отключением одного из ведущих мостов - благополучно дожила до наших дней (характерный пример – Suzuki Grand Vitara). Насколько возможно, она модернизировалась: в наше время для подключения дополнительного ведущего моста (как правило, переднего) не надо останавливаться.

Но одно дело – просто внедорожники: большую часть потребителей вполне устраивало основное преимущество схемы с отключаемым мостом – относительная простота и, соответственно, дешевизна, а вопросы скоростного

передвижения по асфальту их волновали мало. Совсем другое дело, когда автомобиль повышенной проходимости стал предметом престижа и превратился в транспортное средство повседневного пользования, причем большей частью по относительно хорошим дорогам. В этой ситуации на первый план уже выходят недостатки. Во-первых – невозможность постоянного использования преимуществ полного привода, ведь при движении по твердым сухим покрытиям один из ведущих мостов нужно отключать. Во-вторых – повышенные требования к квалификации водителя: он должен правильно оценивать обстановку и принимать решение – включать дополнительный мост или не включать. А ошибки весьма чреваты: ведь превращение автомобиля в полноприводный мгновенно меняет не только проходимость, но и управляемость.

По этим причинам в последнее время все чаще стали применять постоянный полный привод с межосевым дифференциалом, блокируемым для повышения проходимости. Однако, добавив в раздаточную коробку межосевой дифференциал, трансмиссию сделали довольно сложной и разветвленной. Раздаточная коробка и дополнительные приводные валы утяжеляют машину и занимают много места, снижается КПД трансмиссии, и, значит, увеличивается расход топлива. И если для больших автомобилей с мощными двигателями все это не так уж и существенно, то у компактных серьезно страдают динамика, экономичность и вместимость.

Давайте вместе разберемся, чем же все-таки привлекателен полноприводной автомобиль, и так ли необходима нам машина высокой проходимости?



Рисунок 2.1 – Основные параметры автомобиля, влияющие на его проходимость.

Проходимость можно разделить на два типа: геометрическую и трансмиссионную. Геометрическая проходимость обусловлена геометрическими данными автомобиля, к которым обычно относят следующие параметры автомобиля (см. рисунок 2.1):

просвет – расстояние между нижней точкой автомобиля и плоскостью дороги, которое характеризует возможность движения автомобиля без касания поверхности выступов дороги;

передний и задний углы проходимости, а также передний и задний свесы характеризуют проходимость автомобиля при движении по неровным дорогам при въезде на препятствие или съезде с него, например, при наезде на бугор

или бордюрный камень, переезда через канавы;

продольный и поперечный радиусы проходимости определяют очертания препятствия, которые, не задевая, может преодолеть автомобиль. Радиусы проходимости равны радиусом окружностей, проведенных касательно к внешним окружностям шин и наиболее низкой точке автомобиля, в пределах базы или колеи. Чем меньше продольный и поперечный радиусы проходимости, тем лучше проходимость автомобиля.

Вопросы геометрической проходимости изучаются в теории эксплуатационных свойств автомобиля, а наша задача – рассмотреть вопросы, затрагивающие только трансмиссионную проходимость.

Трансмиссионная проходимость – это возможность правильно управлять распределением крутящего момента по колесам с целью не оставить без нагрузки колесо, имеющее надежное сцепление с поверхностью дороги. В этой главе мы будем говорить о трансмиссионной проходимости.

## **2.2 Взаимосвязь между трансмиссионной проходимостью и управляемостью автомобиля**

Если представить себе, что колесо абсолютно круглое и касается поверхности только в одной точке (хотя существует такое понятие, как пятно контакта, состоящее из многих точек), то становится возможным нарисовать следующую схему (см. рисунок 2.2).

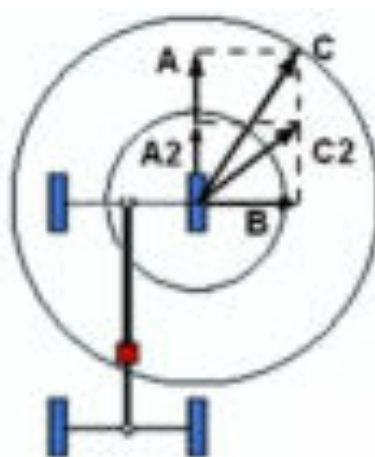


Рисунок 2.2 – Круг сцепления колеса автомобиля с дорогой.

Колесо в центре круга имеет пятно контакта колеса с дорогой. Окружность – это предел сцепных свойств шин. Вектор (А) - сила, действующая на шину в продольном направлении, которую прикладывает двигатель к колесу. В случае, если вектор этой силы будет превышать предел сцепных свойств шины, возникнет пробуксовка. Вектор (В) - вектор центробежной силы, которая действует в поперечном направлении и возникает при прохождении поворотов.

Понятно, что если вектор (В) выйдет за пределы сцепных свойств шины, произойдет снос или занос. Вектор (С) - результирующий вектор, именно так вычисляется сумма сил (А) и (В). Естественно, если он выйдет за пределы сцепных свойств шин, это приведет к потере контакта с дорогой.

Теперь посмотрим, что происходит в полноприводных автомобилях. Все дело в том, что если весь крутящий момент от двигателя приходит только на одну ось, то делится он поровну между двумя колесами, каждое из которых получает 50% момента. Но если автомобиль полноприводный, то момент делится уже на четыре колеса, то есть каждому колесу достанется лишь 25% крутящего момента. Это означает, что вектор (А) ровно в два раза меньше. Следовательно, вектор (С) тоже значительно меньше. Выходит, что полноприводная машина гораздо лучше держит дорогу, особенно если покрытие скользкое, поэтому сорвать колеса в столь нежелательную пробуксовку окажется сложнее.

Очень важно правильно распределять крутящий момент между колесами. Каждое колесо должно получать ровно столько момента, сколько оно в состоянии реализовать, что зависит от сцепления с дорогой.

Что же нам предлагает автомобилестроители?

Для обеспечения хорошей проходимости недостаточно иметь большой дорожный просвет и замечательные свесы, позволяющие не только по бордюрным камням, но и по вырубам кататься, да канавы переползать, надо бы ещё и с конструкцией трансмиссии поработать. Любой внедорожник имеет как минимум два ведущих моста, которые дружно «копают» бездорожье, а чтобы подвести к ним крутящий момент, необходима раздаточная коробка, которую

часто ошибочно называют «дополнительной» коробкой передач.

Дополнительные коробки, выполненные в отдельном картере и соединяемые с основной коробкой передач при помощи короткой карданной передачи, предназначены для увеличения числа передач и диапазона передаточных чисел. В настоящее время такие дополнительные коробки применяются крайне редко и только в том случае, если в трансмиссии используется стандартная коробка передач.

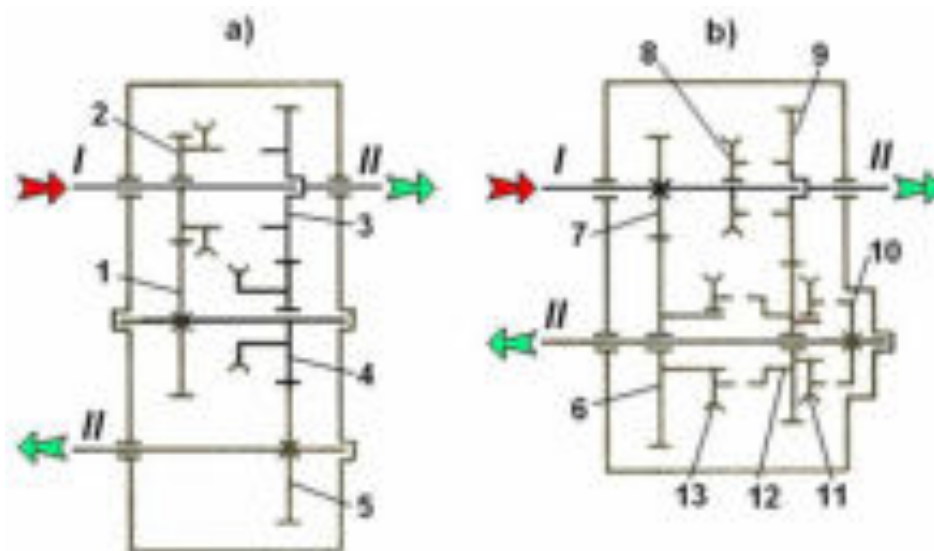
Раздаточные коробки, применяемые в полно приводных автомобилях, как правило, одновременно выполняют функции демультипликатора, что дает возможность увеличить диапазон передаточных чисел, увеличить тяговую силу, которая распределяется между всеми колесами, тем самым, повышая проходимость автомобиля.

Конструкции раздаточных коробок различаются по следующим признакам:

- по расположению ведомых валов (с соосными и несоосными ведомыми валами);
- по приводу выходных валов (с блокированным и дифференциальным приводом);
- по числу передач (одноступенчатые, двухступенчатые, трехступенчатые).

### **2.3 Раздаточная коробка с блокированным приводом**

На рисунке 2.3 приведены кинематические схемы двух раздаточных коробок передач. Вначале рассмотрим раздаточную коробку, отмеченную литерой а).



I – ведущий вал; II – ведомый вал; 1 – жестко закрепленное зубчатое колесо промежуточного вала; 2 – подвижная ведущая шестерня с кулачковой муфтой; 3 – ведомое зубчатое колесо привода задних колес; 4 – подвижное зубчатое колесо промежуточного вала; 5 – ведомое зубчатое колесо привода передних колес; 6 – промежуточное колесо понижающей передачи; 7 – жестко закрепленное на ведущем вале зубчатая шестерня; 8 – подвижная муфта включения прямой передачи; 9 – ведомое зубчатое колесо привода задних колес; 10 – жестко посаженная на ведомом валу зубчатая муфта привода передних колес; 11 – подвижная зубчатая муфта привода передних колес; 12 – промежуточное колесо с зубчатой муфтой включения пониженной передачи; 13 – зубчатая муфта включения пониженной передачи.

Рисунок 2.3 – Двухступенчатые раздаточные коробки передач с блокированным приводом.

Ведущий вал (I) получает вращение от основной коробки передач. На ведущем валу расположена шестерня 2, которая может перемещаться вдоль ведущего вала по шлицам. Это значит, что в положении, показанном на рисунке 2.3а, вращение от ведущего вала через шестерню 2 передается на шестерню 1 жестко закрепленную на промежуточном валу. На шлицевой части этого вала установлена промежуточная шестерня 4, которая может передавать крутящий момент от промежуточного вала на зубчатое колесо 3, передающую

вращение на задний мост, и зубчатое колесо 5, передающую вращение на передний мост.

Теперь внимательно посмотрим на диаметры шестерен. Шестерня 2 по диаметру меньше, чем шестерня 1, следовательно, произойдет снижение скорости вращения, но увеличение крутящего момента. Шестерня 4, находящаяся на одном валу с шестерней 1 будет вращаться медленнее ведущего вала. Шестерни 3 и 5 по диаметру немного меньше шестерни 4, следовательно, произойдет повторное снижение частоты вращения ведомых звеньев – валов (II), передающих вращение к редукторам заднего и переднего мостов.

Вывод: в указанном на рисунке 2.3а положении осуществляется привод на все четыре колеса автомобиля, причем, со снижением скорости вращения и увеличением крутящего момента.

Если же шестерню 2 передвинуть вправо до соединения через кулачковую муфту с зубчатым колесом 3, выходной вал (II), передающий крутящий момент к заднему мосту будет вращаться синхронно с ведущим валом (I), а через промежуточную шестерню 4 вращение будет передаваться на зубчатое колесо 5, передающий крутящий момент к переднему мосту. В этом положении крутящий момент передается на оба моста, а скорость вращения в раздаточной коробке не снижается.

Если же шестерню 4 вывести из зацепления с зубчатыми колесами 3 и 5 – исчезнет привод на передние колеса.

Чтобы не увеличивать количество рычагов, перемещение шестерен 2 и 4 осуществляется разом, то есть шестерни могут находиться в положении, показанном на рисунке 2.3а, либо шестерня 2 подана вправо для соединения с зубчатым колесом 3, а промежуточная шестерня 4 выводится из зацепления.

Это значит, что раздаточная коробка, показанная на рисунке 2.3а, может осуществлять прямую передачу только на колеса заднего моста, а пониженную передачу на все четыре колеса. Двигаться с включенным жестким приводом с высокой скоростью по хорошим дорогам нельзя, поэтому, как только внедорожник выберется на более-менее хорошую дорогу – полный привод



надо отключить.

На рисунке 2.3b приведена иная конструкция раздаточной коробки, у которой, перемещая шестерню 8 вправо, можно включить прямую передачу. При этом муфта 13 должна быть отсоединена от кулачков зубчатого колеса 12, либо включена пониженная передача одновременным перемещением шестерни 8 влево, а муфты 13 вправо - до входа в зацепление с зубцами кулачковой муфты колеса 12. Перемещением муфты 11 можно подключить передний мост, как на прямой, так и на пониженной передаче, хотя о целесообразности включения обоих мостов при отсутствии межосевого дифференциала для движения с высокой скоростью мы говорили.

#### **2.4 Раздаточная коробка с дифференциальным приводом и механической блокировкой межосевого дифференциала**

Устранить недостатки раздаточной коробки с заблокированным приводом на все колеса - призвана раздаточная коробка с встроенным межосевым дифференциалом. При использовании раздаточных коробок с дифференциальным приводом передний мост постоянно включен, но в составе раздаточной коробки обязательно должно быть устройство, предназначенное для блокировки дифференциала. При буксовании одного из колес оси и незаблокированном межколесном дифференциале движение автомобиля становится невозможным, так как в этом случае весь крутящий момент будет подведен к буксующему колесу, а остальные колеса останутся неподвижными.

Раздаточные коробки с дифференциальным приводом и с постоянно включенным передним мостом используются на отечественных автомобилях ВАЗ-2121. Теоретически доказано, а опыт эксплуатации подтвердил, что при постоянно включенном приводе передних колес и наличии в раздаточной коробке дифференциального привода износ шин меньше, чем при отключении переднего моста в раздаточной коробке с заблокированным приводом.

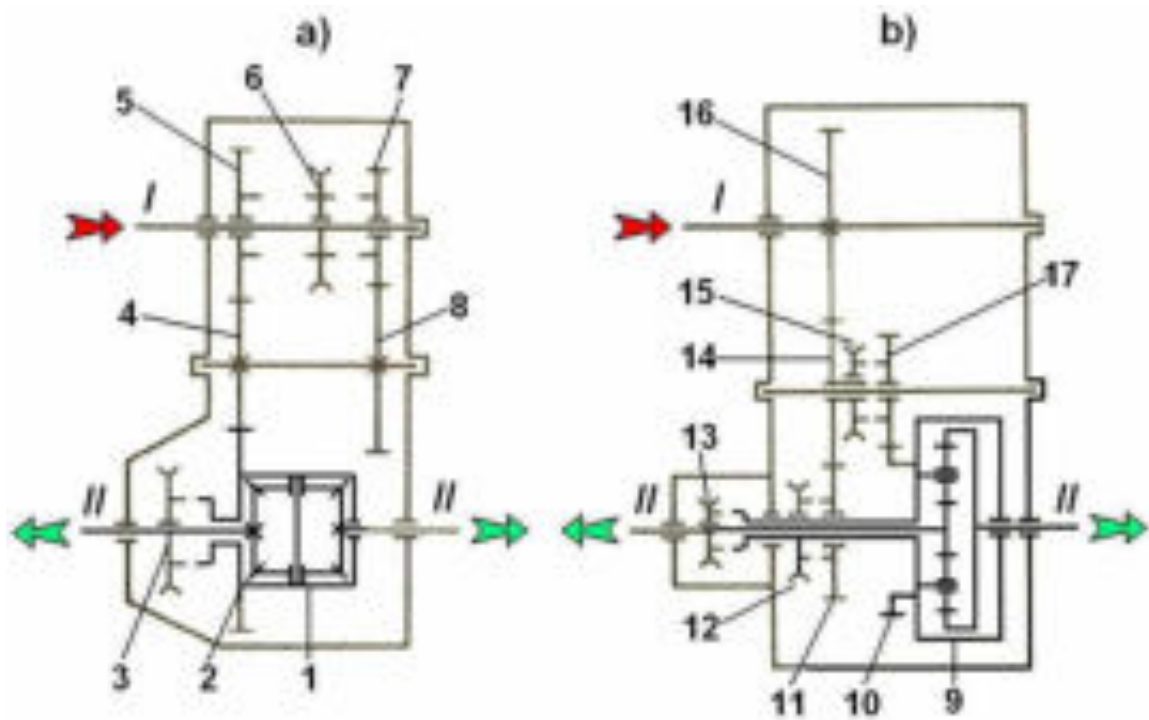
По условию получения максимально возможной тяговой силы распределение момента между мостами полноприводного автомобиля должно осуществляться пропорционально распределению вертикальных нагрузок.

Для обеспечения дифференциального привода в раздаточной коробке может быть использован симметричный или несимметричный дифференциал. Симметричный дифференциал в раздаточной коробке применяется в том случае, если в полноприводном двухосном автомобиле сцепной вес делится между мостами примерно поровну. В такой конструкции раздаточная коробка с симметричным дифференциалом, имеющим принудительную блокировку, объединена с постоянно включенным одноступенчатым демультипликатором (понижающий редуктор) с передаточным числом 1,4.

Рассмотрим две конструкции раздаточных коробок, кинематические схемы которых изображены на рисунке 2.4. Вначале о раздаточной коробке с симметричным дифференциалом, отмеченной позицией а).

По такой же схеме выполнена конструкция раздаточной коробки ВАЗ-2121. Здесь раздаточная коробка сочетается с двухступенчатым демультипликатором, обеспечивающим две понижающие передачи с передаточными числами 1,2 и 2,135.

Ведущий вал (I), присоединен к основной коробке передач. На валу через подшипники установлены два зубчатых колеса: 5 – для обеспечения передаточного отношения 1,2, и 7 – для передаточного отношения 2,135. Переключение ступеней демультипликатора производится перемещением кулачковой муфты вправо или влево. Через эту кулачковую муфту крутящий момент может передаваться от ведущего вала к одной из ведущих шестерен демультипликатора.



a) – симметричный дифференциал; b) – несимметричный дифференциал; I – Ведущий вал раздаточной коробки; II – Ведомый вал раздаточной коробки; 1 – Корпус симметричного дифференциала; 2 – Приводная шестерня дифференциала; 3 – Кулачковая муфта блокировки дифференциала; 4 – Промежуточная шестерня передачи с отношением 1,2; 5 – Ведущая шестерня передачи с отношением 1,2; 6 – Кулачковая муфта переключения передач; 7 – Ведущая шестерня понижающей передачи с отношением 2,135; 8 – Промежуточная шестерня понижающей передачи с отношением 2,135; 9 – Несимметричный планетарный дифференциал; 10 – Приводной зубчатый венец несимметричного дифференциала понижающего ряда; 11 – Приводная шестерня несимметричного дифференциала прямой передачи; 12 – Кулачковая муфта включения прямой передачи; 13 – Кулачковая муфта блокировки дифференциала; 14 – Промежуточная шестерня; 15 – Кулачковая муфта включения понижающей передачи; 16 – Приводная шестерня, жестко закрепленная на ведущем валу; 17 – Приводная шестерня с кулачковой муфтой понижающей передачи.

Рисунок 2.4 – Кинематические схемы раздаточных коробок.

Если кулачковая муфта введена в зацепление с кулачками шестерни 5, то вращение передается от ведущего вала на кулачковую муфту 6; от кулачко-

вой муфты 6 – на ведущую шестерню 5; от ведущей шестерни 5 – на промежуточную шестерню 4; от промежуточной шестерни 4 – на шестерню привода 2 симметричного дифференциала. Симметричный дифференциал через две полуосевые шестерни приводит в движение колеса передней и задней оси.

Конструкция раздаточной коробки предусматривает механическую блокировку межосевого дифференциала. Для этого кулачковую муфту 3 необходимо переместить вправо до введения в зацепление с кулачками приводной шестерни 2 дифференциала. В этом случае оказываются жестко соединенными (заблокированными) полуосевая шестерня с корпусом 1 дифференциала, следовательно, все детали дифференциала могут вращаться только синхронно. Это значит, что дифференциал заблокирован, и крутящий момент будет поровну распределен между передней и задней осями автомобиля.

Кинематическая схема раздаточной коробки передач с несимметричным (планетарным) дифференциалом показана на рисунке 2.4b.

В полноприводных двухосных автомобилях, где вертикальная нагрузка, приходящаяся на переднюю ось, составляет приблизительно половину нагрузки на заднюю ось, дифференциальный привод в раздаточной коробке должен распределять момент между передним мостом и задним осуществляется в соответствующей пропорции при помощи несимметричного дифференциала.

Здесь корпус 9 несимметричного дифференциала может получать вращение через зубчатый венец 10 понижающего ряда демультипликатора, или через ведущее зубчатое колесо 11 прямой передачи. Привод понижающей передачи осуществляется через кулачковую муфту 15, а прямой передачи – через муфту 12. Как вы понимаете, одновременное включение муфт 12 и 15 невозможно, поэтому они могут включаться лишь по одной, например, зубчатая муфта 12 введена в зацепление с кулачками приводного зубчатого колеса 11, а кулачковая муфта 15 из зацепления с кулачками приводной шестерни 17 выведена.

Блокировка дифференциала производится введением в зацепление кулачковой муфты 13 с удлинителем корпуса 9 дифференциала. В этом случае жестко соединяются солнечная шестерня планетарного ряда с водилом, являющимся корпусом дифференциала. Планетарный механизм с заблокированными двумя звеньями может вращаться только синхронно. В этом случае крутящий момент передается к колесам передней и задней осей поровну, причем привод – постоянный.

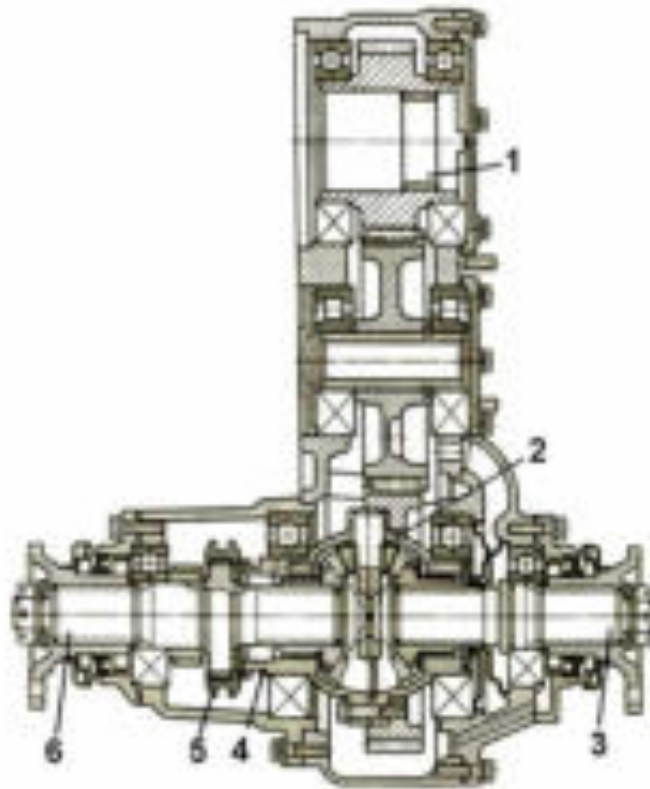
В обычном режиме движения с незаблокированным дифференциалом крутящий момент между осями делится не поровну: на переднюю ось – примерно 35%, а на заднюю – 65%.

## **2.5 Конструкция раздаточной коробки с симметричным и несимметричным дифференциалом**

Этот вид раздаточной коробки применяют на полноприводных автомобилях с постоянно включенным демультипликатором, обеспечивающим передаточное отношение 1,4.

Крутящий момент на раздаточную коробку подается через короткий карданный вал на шлицевую часть 1 (см. рисунок 2.5) ведущего зубчатого колеса. Промежуточное зубчатое колесо необходимо для обеспечения смещения выходных валов 6 и 3 по отношению к выходному валу КПП.

С третьим зубчатым колесом стыкован симметричный дифференциал, передающий крутящий момент на выходной вал (6) передней оси и выходной вал 3 задней оси. Передняя ось имеет постоянный привод, то есть не может быть отключена, однако, при необходимости дифференциал может быть заблокирован путем перевода блокирующей муфты с внутренним зубчатым венцом в зацепление с удлинителем 4 корпуса дифференциала, имеющим ответный наружный зубчатый венец.

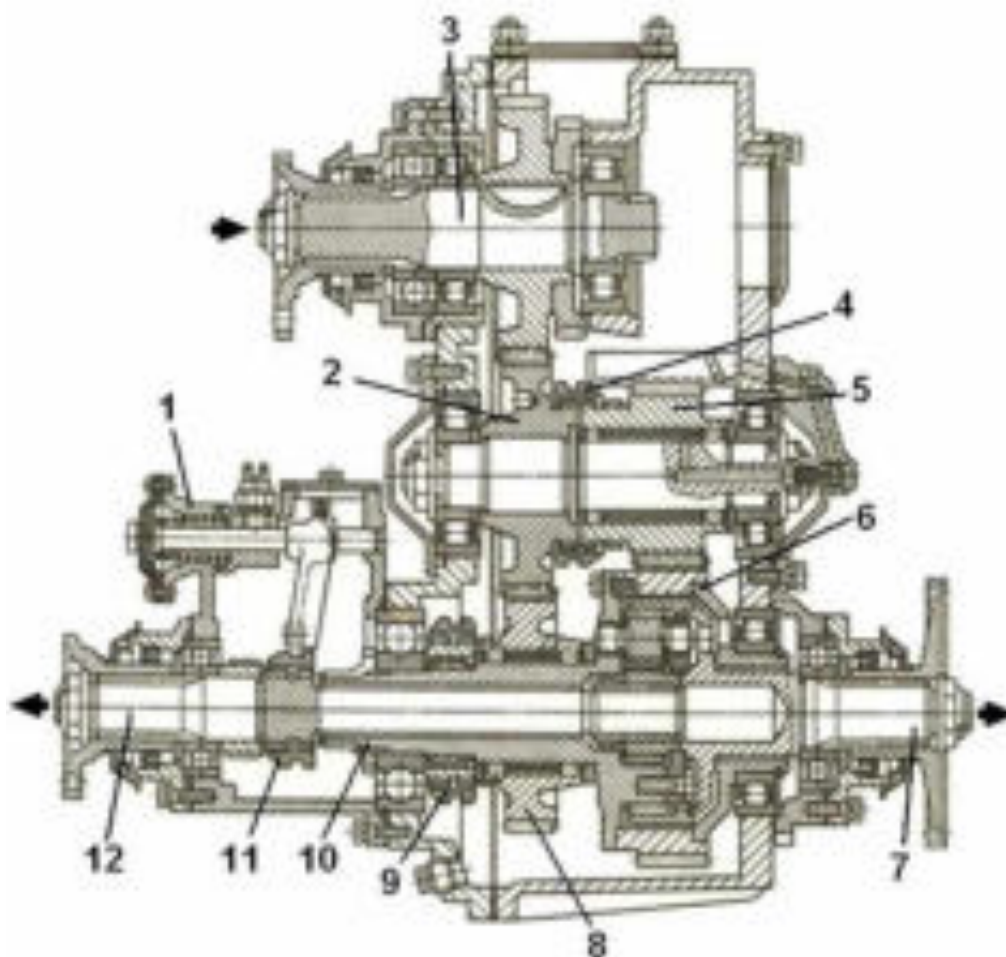


1 – шлицевая часть ведущей шестерни раздаточной коробки; 2 – межосевой симметричный дифференциал; 3 – вал привода задней оси; 4 – удлинитель корпуса дифференциала с зубчатым венцом блокировки; 5 – зубчатая муфта блокировки дифференциала; 6 – вал привода передней оси.

Рисунок 2.5 – Конструкция межосевого дифференциала с симметричным дифференциалом.

На полноприводных автомобилях с различной по величине нагрузкой на переднюю и заднюю оси устанавливают несимметричный дифференциал.

Эта раздаточная коробка имеет два выходных вала, расположенных соосно. Передача крутящего момента производится через входной вал 3 (см рисунок 2.6) и посаженное на нем зубчатое колесо, входящее в зацепление с шестерней 2 промежуточного вала. Подвижная зубчатая муфта 4, перемещенная влево (как это показано на рисунке) обеспечивает передачу крутящего момента с шестерни 2 на ведущее зубчатое колесо 5, находящегося в зацеплении с зубчатым венцом 6 несимметричного дифференциала. От дифференциала крутящий момент передается через солнечную шестерню на переднюю ось, а через эпициклическое колесо – на заднюю ось.



1 – Пневматический цилиндр включения блокировки дифференциала; 2 – Шестерня промежуточного вала; 3 – Ведущий вал с установленным на шпонке зубчатым колесом; 4 – Подвижная зубчатая муфта выбора передач демультипликатора; 5 – Зубчатый венец привода корпуса дифференциала; 6 – Зубчатая муфта включения второй понижающей передачи с отношением 2,135; 7 – Вал привода задней оси, соединенный с эпициклическим колесом планетарного дифференциала; 8 – Ведущее колесо дифференциала с зубчатым венцом на её ступице; 9 – Зубчатая муфта включения первой понижающей передачи демультипликатора с отношением 1,2; 10 – Удлинитель водила планетарного редуктора с зубчатым венцом блокировки дифференциала; 11 – Зубчатая муфта включения блокировки дифференциала; 12 – Вал привода передней оси, соединенный с солнечной шестерней планетарного редуктора дифференциала.

Рисунок 2.6 – Конструкция раздаточной коробки с несимметричным межосевым дифференциалом.

Дифференциал распределяет крутящий момент между передней и задней осью в отношении, равном отношению диаметра начальной (делительной) окружности солнечного колеса к начальной (делительной) окружности эпициклического колеса.

В указанной на схеме позиции включена понижающая передача с отношением 2,135. Если подвижную зубчатую муфту 4 перевести до упора вправо, отсоединив шестерню 2 от зубчатого венца 5 привода дифференциала, а зубчатую муфту 9 ввести в зацепление с зубчатым венцом ступицы ведущего колеса 8 дифференциала, раздаточная коробка будет передавать крутящий момент с отношением 1,2.

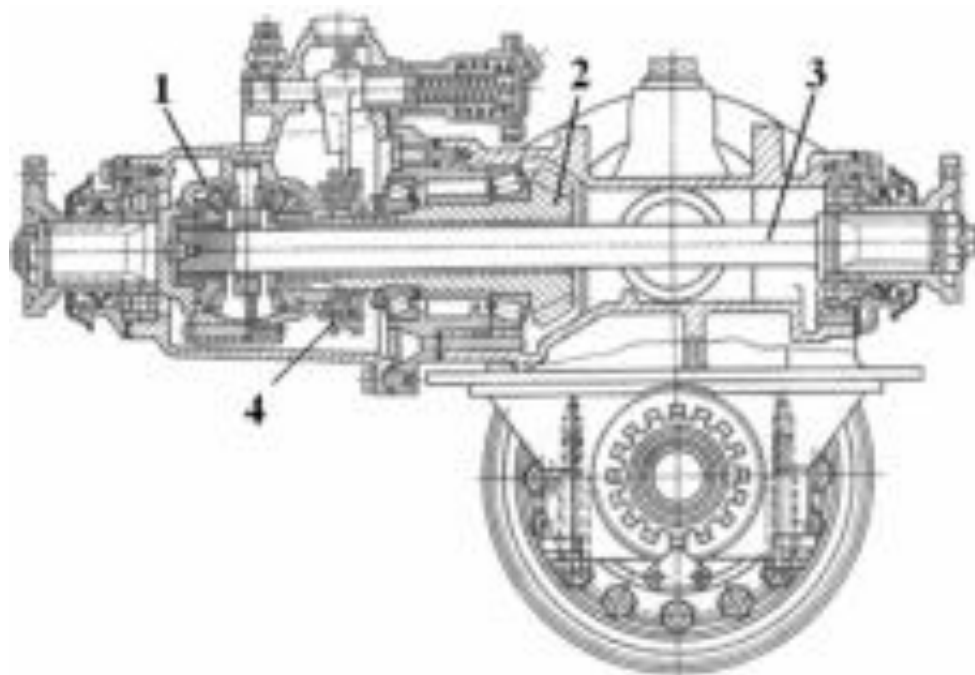
Передняя ось автомобиля не может быть отключена, однако, раздаточная коробка снабжена блокирующей муфтой 11, приводимой в движение пневматическим цилиндром 1. Если блокирующую муфту 11 перевести вправо, введя её в зацепление с зубчатой частью удлинителя 10 корпуса дифференциала. В этом случае солнечное колесо получает жесткое соединение с эпициклическим колесом, а это значит, что планетарная передача, играющая роль межосевого дифференциала, может вращаться только синхронно.

### **2.5.1 Симметричный межосевой дифференциал трехосного автомобиля с двумя задними ведущими осями**

Рассмотрим конструкцию межосевого дифференциала грузового автомобиля, который устанавливается между двумя ведущими мостами задней тележки трехосного грузового автомобиля. Здесь симметричный межосевой дифференциал 1 (см рисунок 2.7), обеспечивающий относительно свободное вращение средней и задней оси трехосного грузового автомобиля, блокируется с помощью зубчатой муфты 4. Перемещение зубчатой муфты 4 влево обеспечивает жесткое соединение корпуса дифференциала с полуосевой шестерней, передающей вращение на коническое зубчатое колесо 2 главной передачи двухступенчатого редуктора средней оси. Вторая полуосевая шестерня



симметричного дифференциала соединена с проходным валом 3, передающем вращение на задний ведущий мост.



1 – Симметричный межосевой дифференциал; 2 – Ведущая коническая шестерня главной передачи среднего моста; 3 – Проходной вал привода задней оси; 4 – Механизм блокировки межосевого дифференциала.

Рисунок 2.7 – Симметричный межосевой дифференциал трехосного автомобиля с двумя задними ведущими осями.

Включение блокирующей муфты межосевого дифференциала производится пневматическим цилиндром, установленным на редукторе средней оси.

## 2.6 Самоблокирующиеся дифференциалы

Как было отмечено выше, механическая блокировка может быть включена и выключена только после остановки автомобиля, что связано с некоторым неудобством. А возможно ли включение блокировки во время движения? В принципе, да. Но значительно интереснее было бы применение конструкции, которая самостоятельно производило блокировку дифференциала, как только это становится необходимо, и самостоятельное выключение после того, как отпала необходимость в этом.

Современные автомобили, снабженные системой ASR (Anti Spin Regulator), предотвращают пробуксовку колеса при трогании с места, то есть ограничение свободы вращения одного колеса относительно другого колеса этой же оси. Это происходит посредством применения принудительного торможения свободно вращающегося колеса. Электроника, получая сигналы от колесных датчиков, и сравнивая скорости вращения всех колес, включает программу торможения буксующего колеса, перераспределяя крутящий момент между колесами ведущей оси.

Таким образом, необходимость в установке блокирующего устройства межколесного дифференциала отпала, хотя некоторые конструкции автомобилей наряду с применением ASR устанавливают и блокирующие межколесные устройства, а вот установка межосевого дифференциала остается актуальной. Однако речь, конечно же, идет об установке самоблокирующего дифференциала, который будет включать, и отключать блокировку по необходимости, без участия в этом процессе водителя.

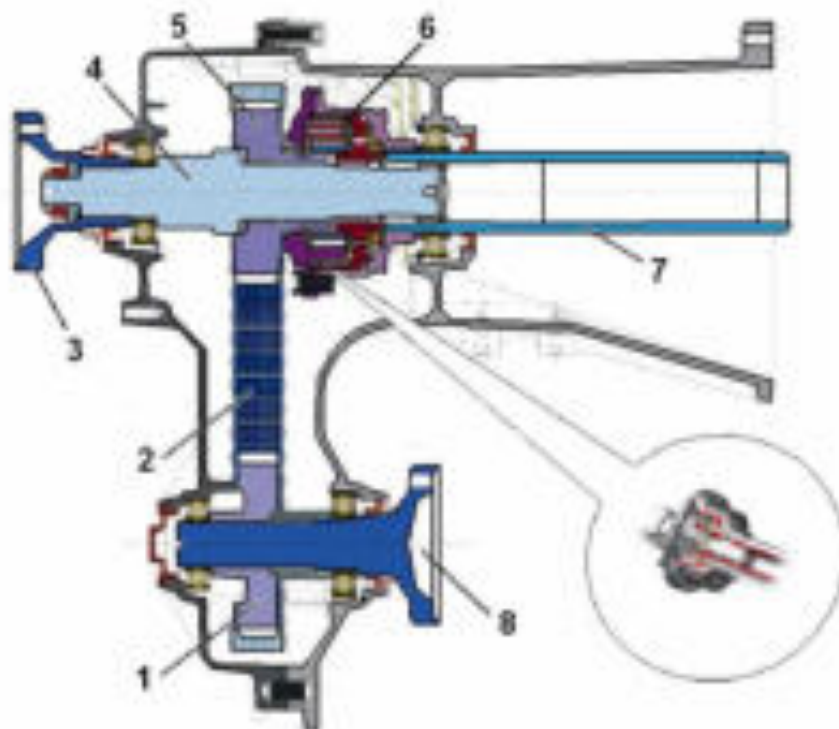
Давайте рассмотрим наиболее перспективные схемы таких самоблокирующихся дифференциалов.

### **2.6.1 Самоблокирующийся червячный дифференциал**

В первую очередь рассмотрим конструкцию раздаточной коробки с самоблокирующимся червячным дифференциалом, легкового автомобиля, приведенную на рисунках 2.8 и 2.9.

Промежуточный вал 7 соединяет выходной (ведомый) вал коробки передач с корпусом 6 самоблокирующегося дифференциала раздаточной коробки. Ведущая звездочка 1 цепной передачи через шлицы соединена с солнечным колесом планетарного червячного дифференциала, а ведущий вал 4 через шлицы соединен с эпициклическим колесом. Фланец 3, соединяющий раздаточную коробку передач с задней ведущей осью, прикреплен к ведущему валу 4. Многорядная цепь 2, соединяющая ведущую 5 и ведомую 1 звездочки,

передает крутящий момент на выходной вал, который через фланец 8 передает крутящий момент на переднюю ведущую ось автомобиля.



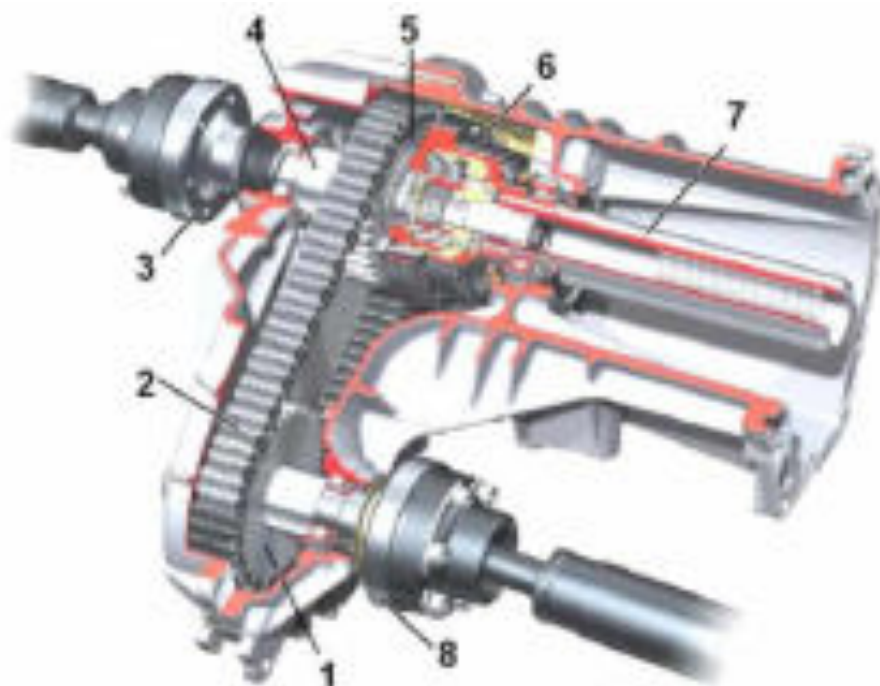
1 – ведомая звездочка цепной передачи; 2 – многорядная цепная передача; 3 – фланец крепления карданной передачи задней оси автомобиля; 4 – ведущий вал раздаточной коробки передач; 5 – ведущая звездочка цепной передачи; 6 – червячный межосевой дифференциал; 7 – промежуточный полый вал, соединяющий коробку передач с корпусом самоблокирующегося дифференциала раздаточной коробки; 8 – ведомый вал с фланцем крепления карданной передачи передней оси автомобиля.

Рисунок 2.8 – Схема раздаточной коробки с межосевым самоблокирующим винтовым дифференциалом.

Принцип работы этого самоблокирующегося червячного дифференциала довольно прост. Корпус дифференциала 12 крепится болтами к водилу 4, в пазах которого установлено шесть червячных сателлитов 7.

Сателлиты 7 спиральным зубом соединяют зубчатые венцы солнечного 6 и наружного эпициклического 9 колеса планетарной передачи. Между солнечным колесом 6 и водилом 4 установлены фрикционные диски 5. С другой стороны солнечного колеса установлен такой же фрикционный диск. Этот

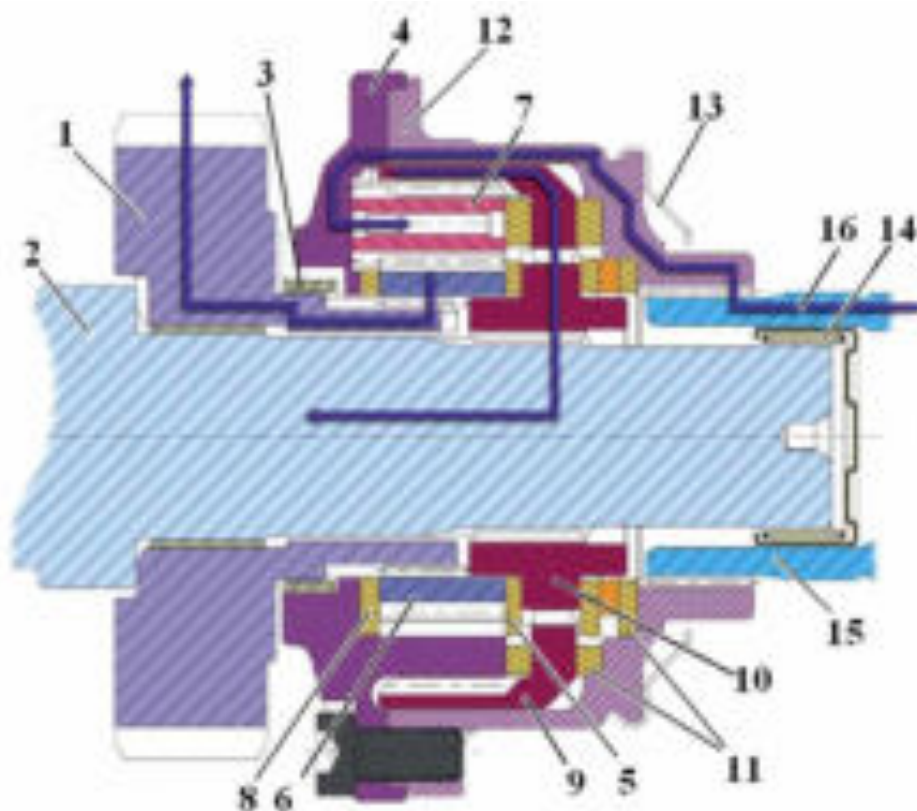
фрикционный диск расположен между торцом солнечного колеса 6 и зубчатым венцом 10, на который надето эпициклическое колесо. Между эпициклическим колесом 9 и корпусом 12 установлен пакет 11 фрикционных дисков.



1 – ведомая звездочка цепной передачи; 2 – многорядная цепная передача; 3 – фланец крепления карданной передачи задней оси автомобиля; 4 – ведущий вал раздаточной коробки передач; 5 – ведущая звездочка цепной передачи; 6 – червячный межосевой дифференциал; 7 – промежуточный полый вал, соединяющий коробку передач с корпусом самоблокирующегося дифференциала раздаточной коробки; 8 – ведомый вал с фланцем крепления карданной передачи передней оси автомобиля.

Рисунок 2.9 – Конструкция раздаточной коробки с межосевым самоблокирующим винтовым дифференциалом.

На рисунке 2.10 показан поток мощности (крутящего момента) передаваемого от промежуточного полого вала 15 в валу 2 и зубчатому колесу 1. Проследим направление этого потока, сравнивая схематическое изображение дифференциала, приведенное на рисунке 2.10, и детализировку дифференциала, приведенную на рисунке 2.11.

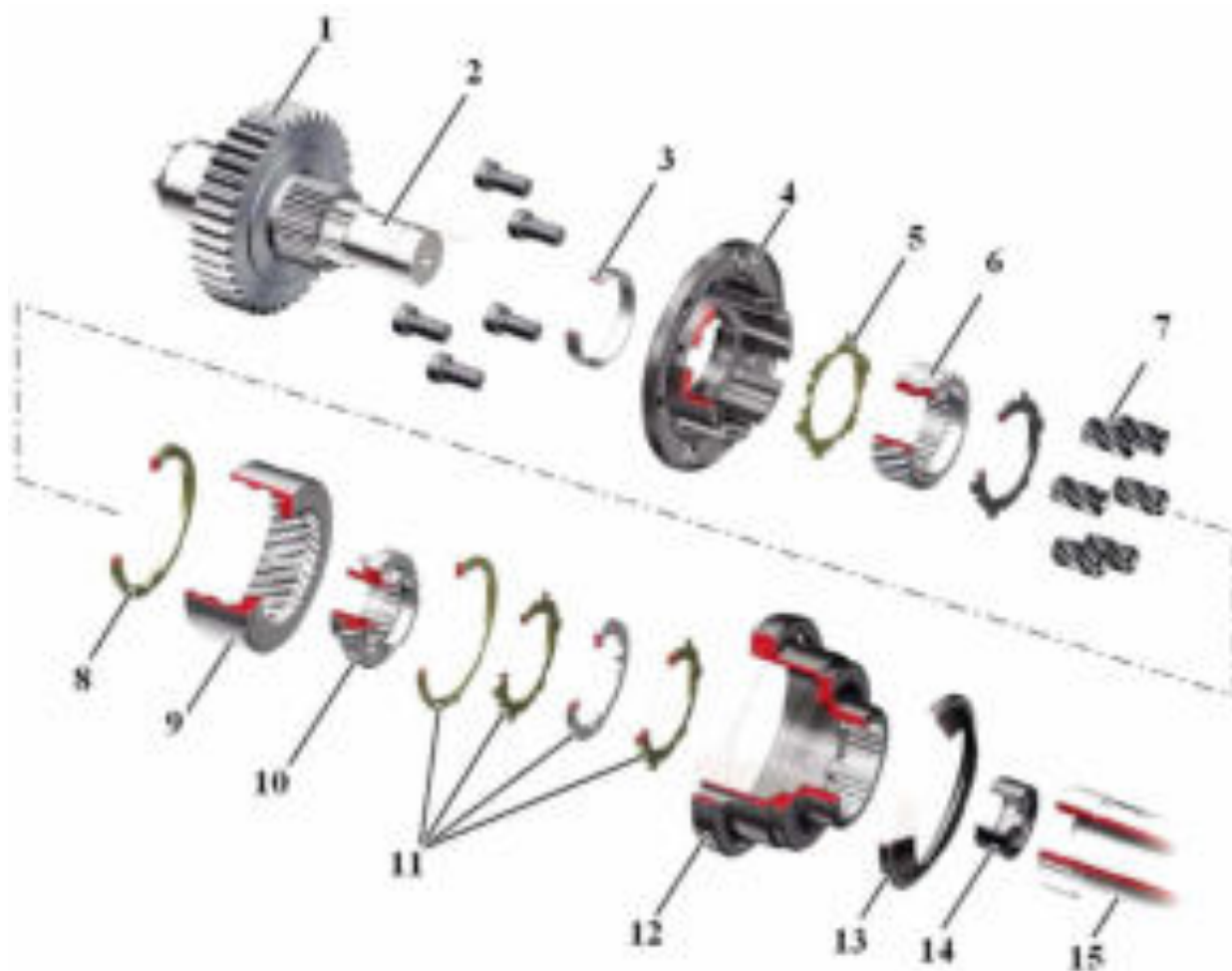


1 – ведущее колесо цепной передачи; 2 – ведущий вал раздаточной коробки; 3 – внутренняя обойма фрикционных дисков; 4 – водило червячного дифференциала; 5 – фрикционный диск солнечного колеса; 6 – солнечное колесо дифференциала; 7 – сателлиты с винтовым (спиральным) зубом; 8 – фрикционный диск солнечного колеса; 9 – эпициклическое колесо дифференциала; 10 – зубчатый венец эпициклического колеса; 11 – пакет фрикционных дисков эпициклического колеса; 12 – корпус дифференциала; 13 – маслоотражательное кольцо; 14 – игольчатый подшипник; 15 – выходной вал коробки передач; 16 – поток крутящего момента, передаваемого дифференциалом.

Рисунок 2.10 – Поток крутящего момента через дифференциал.

При вращении полого промежуточного вала крутящий момент передается через шлицы, которыми соединен корпусом 12 дифференциала с валом. К корпусу 12 болтами прикреплено водило 4, в пазы которого уложены шесть сателлитов. При вращении корпуса дифференциала водило 4 толкает сателлиты 7, которые спиральными зубьями, подобно шлицам, передают вращение на солнечное колесо 6 и эпициклическое колесо 9. Солнечное колесо через шлицы передает вращение на ступицу ведущей звездочки 1, которая цепной

передачей соединена с приводом передней оси. Эпициклическое колесо 9 через зубчатый венец соединено с зубчатым венцом 10 надетым на шлицы ведущего вала 2, через который крутящий момент передается на заднюю ось.



1 – ведущее колесо цепной передачи; 2 – ведущий вал раздаточной коробки; 3 – внутренняя обойма фрикционных дисков; 4 – водило червячного дифференциала; 5 – фрикционный диск солнечного колеса; 6 – солнечное колесо дифференциала; 7 – сателлиты с винтовым (спиральным) зубом; 8 – фрикционный диск солнечного колеса; 9 – эпициклическое колесо дифференциала; 10 – зубчатый венец эпициклического колеса; 11 – пакет фрикционных дисков эпициклического колеса; 12 – корпус дифференциала; 13 – маслоотражательное кольцо; 14 – игольчатый подшипник; 15 – выходной вал коробки передач.

Рисунок 2.11 – Конструкция межосевого самоблокирующегося червячного дифференциала.

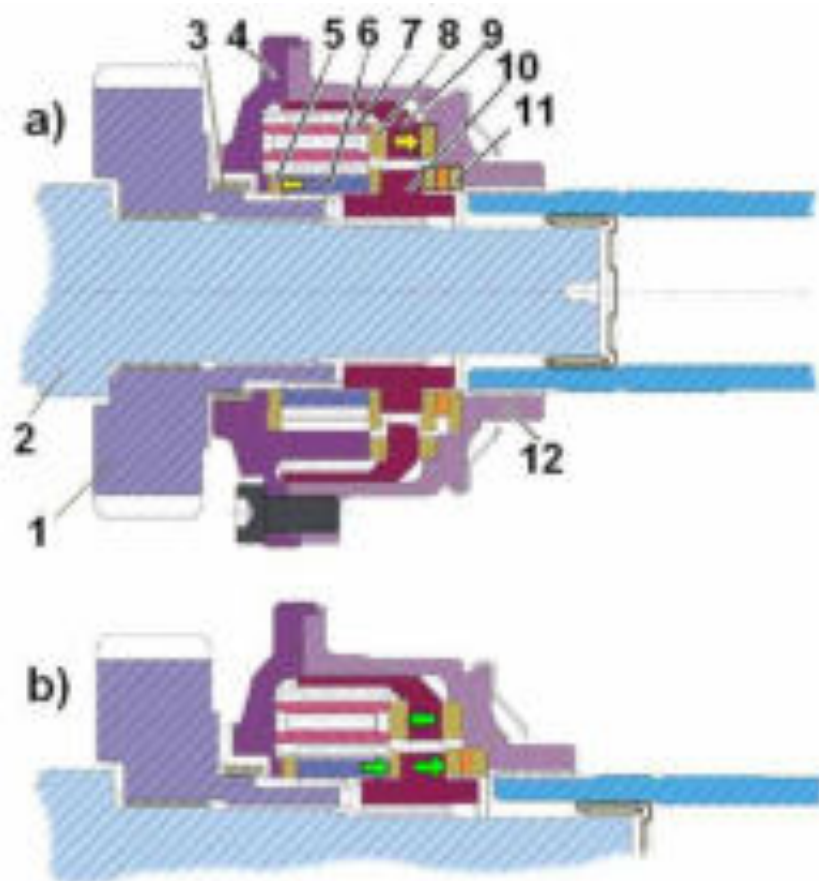
Как же происходит самоблокировка дифференциала.

При плавном повороте автомобиля сателлиты, слегка поворачиваясь вокруг своей продольной оси, производят передачу крутящего момента к солнечному и эпициклическому колесам планетарного механизма. Сателлиты, медленно вращаясь вокруг собственных осей, не оказывают существенного сжимающего действия на фрикционные элементы, расположенные между ними, водилом 4 и зубчатым венцом 10. В свою очередь, зубчатый венец не достаточно сильно сжимает фрикционные кольца, расположенные между его торцевой поверхностью и корпусом 12. Эпициклическое колесо не сжимает фрикционные элементы, помещенные между его ступицей, водилом и корпусом дифференциала.

Рассмотрим случай пробуксовки колес передней оси, например, при въезде на скользкую дорогу. Вал 2, соединенный карданной передачей с передним ведущим мостом будет вращаться быстро, а звездочка 1 многорядной цепной передачи, передающая крутящий момент на заднюю ось, остановится. Винтовые зубья вращающегося эпициклического колеса 9 будут отталкиваться от спиральных зубьев сателлитов 7. На остановленное солнечное колесо рабочие поверхности спиральных зубьев будут действовать так, что возникнет продольная сила, сжимающая фрикционный диск, расположенный между торцевой поверхностью солнечного колеса и водила. Сила трения, увеличенная фрикционным диском, сделает невозможным относительное перемещение водила и солнечного колеса. На спиральные зубья эпициклического колеса будет действовать продольная сила, прижимающая его торцевую поверхность к фрикционному диску, установленному между ним и корпусом дифференциала, соединив их за счет сил трения. Направление сил, действующих при пробуксовке колес передней оси, показано на рисунке 2.12а.

Буксование колес задней оси повлечет остановку ведущей звездочки 1, а с ней и эпициклического колеса. В результате остановки солнечного колеса возникнет продольная сила, действующая на солнечное колесо и сжимающая фрикционный диск, расположенный между его торцевой поверхностью и вен-

цом 10 эпициклического колеса, который, сжимая пакет фрикционных элементов 11, остановит его вращение относительно корпуса 12 дифференциала. Эпициклическое колесо получит перемещение в сторону сателлитов, сжимая фрикционный элемент, расположенный между сателлитами и внутренней торцевой поверхностью эпициклического колеса. Направление сил при пробуксовке колес задней оси показано на рисунке 2.12б.

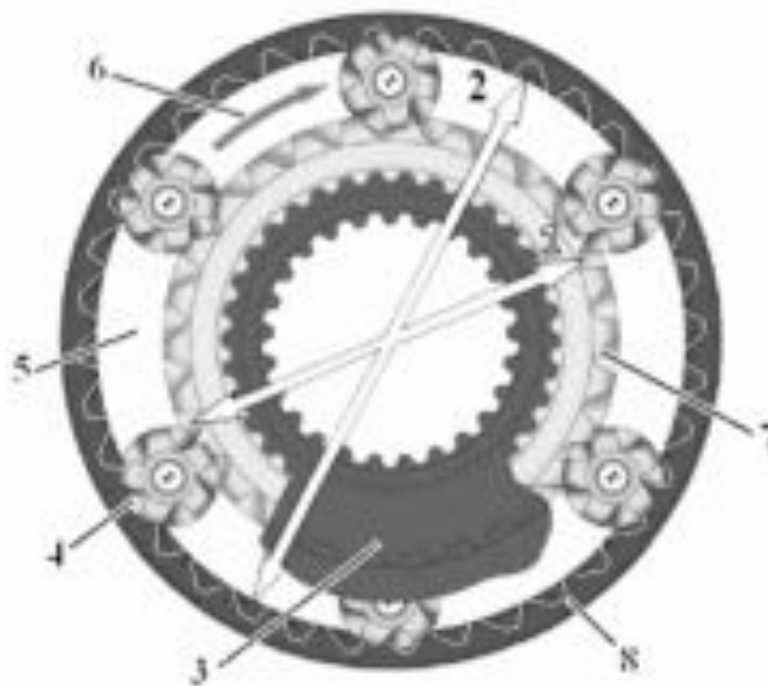


a) – колес передней оси; b) – колес задней оси.

Рисунок 2.12 – Направление сил, действующих на фрикционные элементы во время движения автомобиля с пробуксовкой.

Рассмотренный нами самоблокирующийся дифференциал является несимметричным, так как крутящий момент  $\delta$  (см. рисунок 2.13), прикладываемый к каретке сателлитов (водилу) 5, действует через зубчатое соединение 7 солнечного колеса 3 с сателлитом 4 на половине диаметра 1, а на эпициклическое колесо через половину диаметра 2. Это значит, что на заднюю ось приходится примерно 60% подводимого к раздаточной коробке крутящего момента, а на переднюю ось – оставшиеся 40%.





1 – диаметр делительной окружности спиральных зубьев солнечной шестерни;  
 2 – диаметр делительной окружности спиральных зубьев эпициклического колеса;  
 3 – солнечная шестерня планетарного ряда; 4 – сателлит; 5 – водило; 6 – приложение крутящего момента к водилу; 7 – спиральные зубья солнечного колеса; 8 – эпициклическое колесо планетарного ряда.

Рисунок 2.13 – Несимметричность самоблокирующего дифференциала.

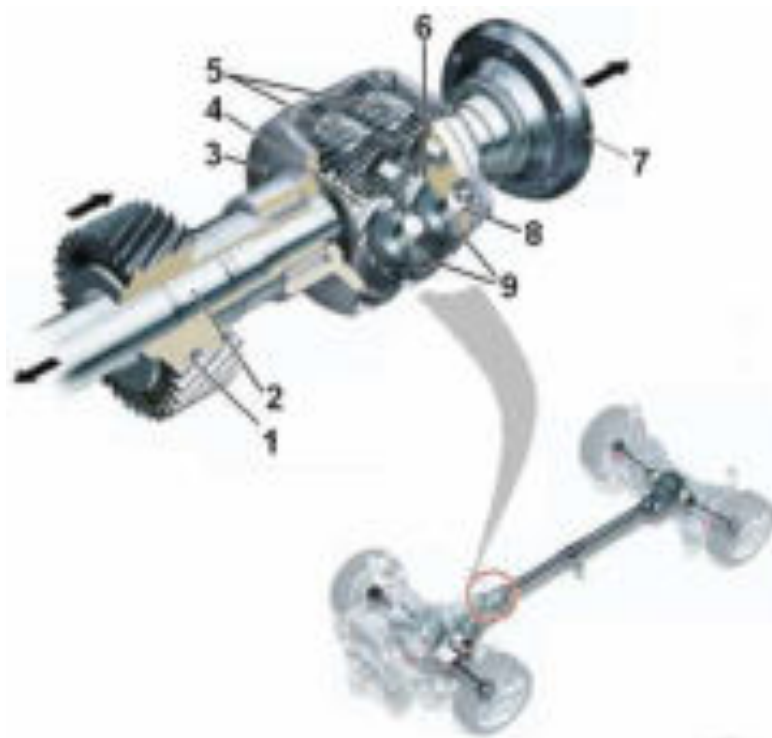
### 2.6.2 Самоблокирующийся дифференциал повышенного трения

А теперь рассмотрим принцип работы самоблокирующегося дифференциала, получившего название «Torsen». Дифференциал этого типа может располагаться как в раздаточной коробке, так и непосредственно у редуктора ведущего моста.

Самоблокирующегося дифференциала «Torsen» построен по принципу планетарного редуктора с червячными сателлитами, находящимися в зацеплении с двумя солнечными колесами, однако вместо эпициклического колеса редуктор снабжен цилиндрической зубчатой передачей, связывающей два рядом расположенных сателлита со спиральным зубом.

Подвод крутящего момента происходит через ведущую шестерню 1 (см

рисунок 2.14), соединенную с корпусом 3 дифференциала. В корпусе дифференциала на осях 8 установлены червячные сателлиты 5, имеющие по обе стороны цилиндрические зубчатые шестерни 9. Сателлит, входящий в зацепление с солнечной шестерней спиральным зубом с двумя цилиндрическими шестернями, расположенными с обоих торцов сателлита, составляют единый блок. Цилиндрические шестерни одного блока введены в парное зацепление с такими же шестернями соседнего блока.



1 – шестерня привода дифференциала; 2 – вал привода колес передней оси; 3 – корпус дифференциала; 4 – солнечная шестерня привода передних колес; 5 – сателлиты с винтовым зубом; 6 – солнечная шестерня привода задних колес; 7 – фланец крепления карданной передачи к задней оси; 8 – оси сателлитов; 9 – цилиндрические зубчатые колеса, связывающие два рядом стоящих сателлита.

Рисунок 2.14 – Устройство самоблокирующегося дифференциала повышенного трения.

При прямолинейном движении по ровной дороге без пробуксовки колес (см. рисунок 2.15) корпус дифференциала через оси сателлитов и передает вращение на солнечные шестерни, связанные с соосно расположенными валами,

передающими вращение передним и задним колесам автомобиля.

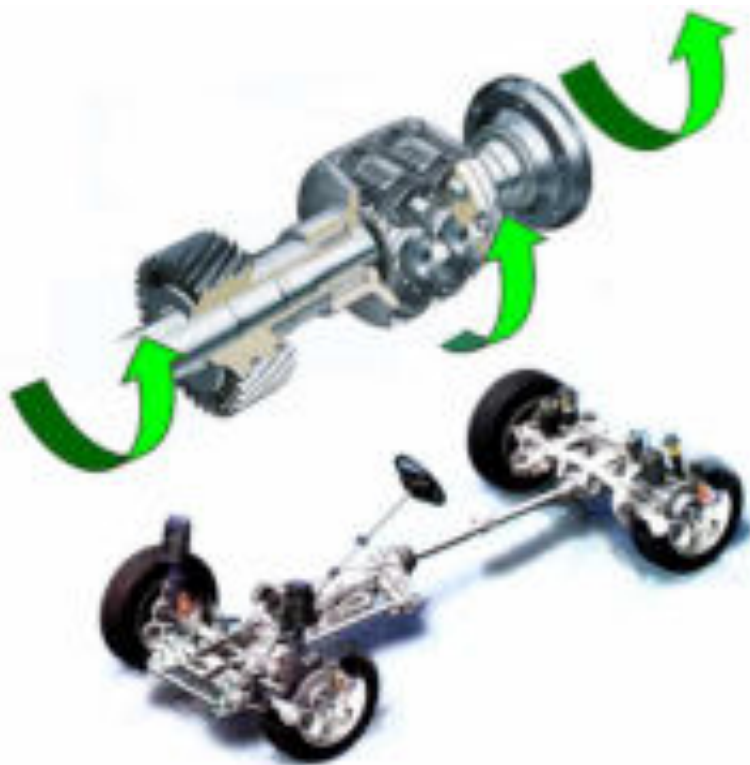


Рисунок 2.15 – Работа дифференциала при движении прямо без пробуксовки колес.

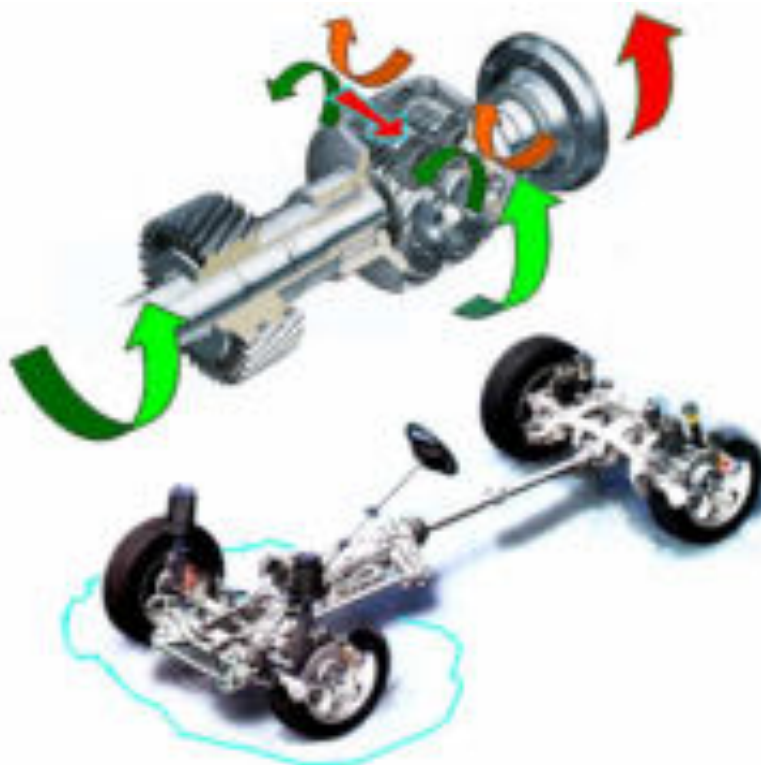


Рисунок 2.16 – Работа дифференциала при буксовании колес передней оси.

Если же одна из осей, допустим передняя (см. рисунок 2.16), окажется на скользкой поверхности и автомобиль не сможет начать движение по причине пробуксовки колес этой оси, произойдет следующее:

Корпус дифференциала будет по-прежнему передавать вращение через установленные в нем оси и находящимися на этих осях червячные сателлиты солнечным шестерням. Однако солнечная шестерня заднего моста будет неподвижна или вращаться медленнее солнечной оси, связанной с передней осью. Связанные с солнечными шестернями сателлиты тоже будут вращаться с разными скоростями, но цилиндрические шестерни, находящиеся в зацеплении между собой, вращаться с разными скоростями не могут. Сателлиты, снабженные спиральным зубом, в результате вращения солнечной шестерни привода передней оси и остановки солнечной шестерни задней оси получают осевое перемещение в противоположных направлениях.

Между торцевой поверхностью вращающегося сателлита и торцевой поверхностью расположенной на одной с ним оси цилиндрической шестерней, вращающейся значительно медленнее, возникает значительная сила трения. Эта же продольная сила, приложенная к сателлиту, прижимает цилиндрическую шестерню торцевой поверхностью к корпусу дифференциала. Возникающие силы трения тормозят вращение цилиндрических шестерен и сателлитов относительно вращающегося корпуса дифференциала, то есть происходит его блокировка, в результате которой крутящий момент равномерно распределяется между ведущими осями автомобиля.

Как только автомобиль начнет движение без пробуксовки колес, осевые силы, действующие на сателлиты, ослабнут, что приведет к разблокировке дифференциала.

### **2.6.3 Гидравлические блокирующие устройства дифференциалов**

А что, если и вовсе отказаться от межосевого дифференциала, заменив его гидравлической блокировкой, которая будет соединять мосты автомобиля

только в случае буксования или по команде водителя. Рассмотрим приведенную на рисунке 2.17 схему.

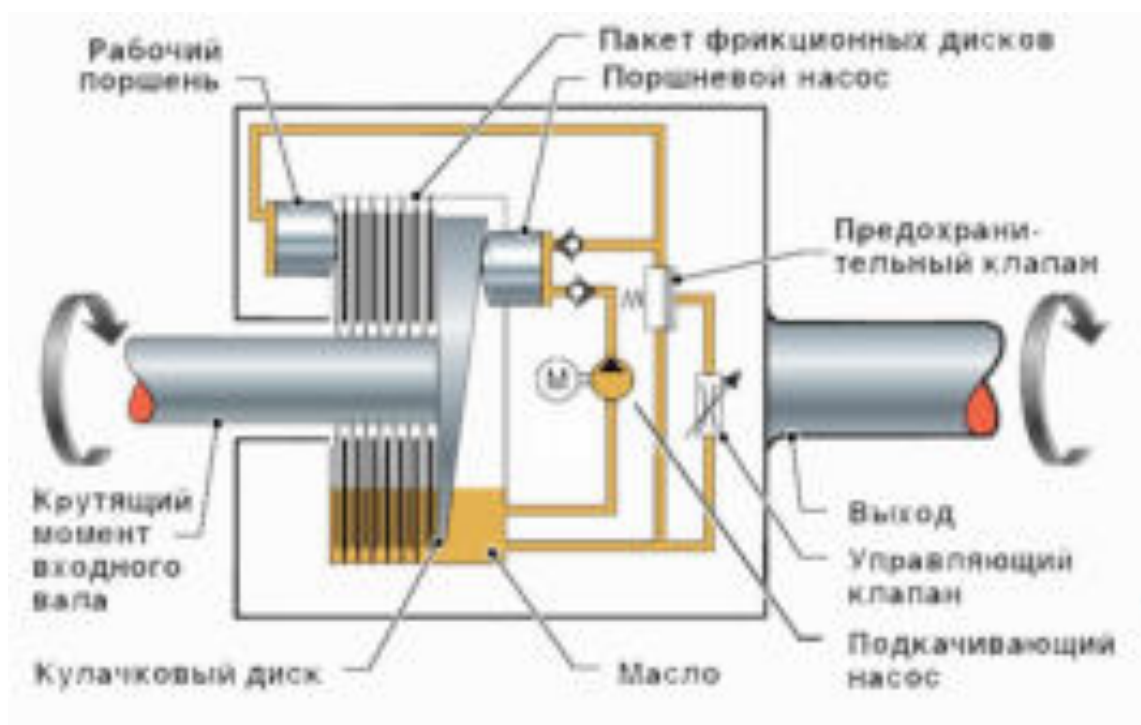


Рисунок 2.17 – Схема гидравлического самоблокирующего дифференциала.

Передний ведущий мост приводит в движение автомобиль, а привод на задний мост за ненадобностью отключен. Движение по прямой или в повороте сопровождается равенством или незначительной разницей в угловых скоростях входного и выходного вала гидравлического узла. Кулачковый диск вращается вместе с корпусом, не оказывая существенного воздействия на поршневой насос. Масло либо не перекачивается по системе или это происходит «лениво», не создавая высокого избыточного давления, воздействующего на рабочий поршень.

Но как только автомобиль попадает в сложные дорожные условия, в которых происходит пробуксовка переднего моста, входной вал начинает проворачиваться относительно корпуса гидравлического блока. Кулачковый диск оказывает воздействие на поршень гидравлического насоса, который через встроенный впускной и выпускной клапан перегоняет масло в рабочий цилиндр. Рабочий поршень, действуя на пакет фрикционных дисков, сжимает их,

тем самым блокируется возможность проворота кулачкового диска относительно корпуса гидравлического блока. Входной и выходной вал начинают вращаться синхронно, передавая вращение на главную передачу заднего моста. Задний мост помогает выбраться автомобилю на твердую поверхность, после чего управляющий клапан сбрасывает давление из рабочего цилиндра. Задний мост опять отключен.

Если же водителю ну очень захочется ехать в полноприводном режиме, перекачку масла по его команде электроника поручит подкачивающему насосу. Причем водителю не обязательно включать и отключать задний мост при поворотах. Как только водитель начнет поворот, датчик, расположенный на рулевом валу, пошлет сигнал электронике, которая по заложенной в памяти программе либо приостановит работу насоса, либо сбросит давление из рабочего цилиндра управляющим клапаном.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механической коробки передач устройство и принцип работы, как мы выяснили, довольно интересны, хоть вместе с тем и сложны для восприятия. Работает МКПП исключительно вкуче с двигателями внутреннего сгорания. Такой тип конструкции и принципов в управлении наделяет рассмотренный тип коробки передач определенными преимуществами перед своими аналогами, которые всё чаще начинают занимать лидирующие по продажам места на рынке. Однако не стоит забывать, что наиболее практичной, хоть и не совсем на первый неопытный взгляд простой в использовании, является именно МКПП.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин С.И. Анализ диагностических информаторов / С.И. Головин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. 2003-2004 гг. – Орел, 2005. С. 59-62.
2. Головин С.И. Анализ эксплуатации тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 119-126.
3. Головин С.И. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники / С.И. Головин, Е.А. Ерохин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 78-83.
4. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007
5. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007.
6. Головин С.И. Надежность и безотказность тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 126-134.
7. Головин С.И. Особенности государственного технического осмотра / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 47-51.
8. Головин С.И. Оценка состояния двигателя по показателям моторного



масла / С.И. Головин, А.А. Жосан // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2007. № 4. С. 52-53.

9. Головин С.И. Повышение качества моторных масел как способ достижения заявленного ресурса дизелей / С.И. Головин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. № 2 (15). – Орел, 2017. – С. 44-49.

10. Головин С.И. Проблема реализации ресурса двигателей / С.И. Головин, Е.В. Рябцев // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 139-142.

11. Головин С.И. Прогнозирование остаточного ресурса дизелей / С.И. Головин, Н.М. Деревягин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 111-114.

12. Головин С.И. Реализации назначенного ресурса дизеля / С.И. Головин // В сборнике: Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов к Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Орел, 2012. С. 87-91.

13. Головин С.И. Структура и состав МТП в отечественном сельском хозяйстве / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Р. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва, 2008. № 6. С. 3.

14. Головин С.И. Тенденции развития тракторостроения / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 134-138.

15. Головин С.И. Техническое состояние АМТС как один из критериев, влияющих на безопасность дорожного движения / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2009. № 4 (27). С. 54-58.

16. Головин С.И. Устройство автомобиля. Глава I Ходовая часть / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин, А.А. Солнцев – Орел: Орловский ГАУ, 2019. – 204 с.

17. Головин С.И. Устройство автомобиля. Глава II Тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин, А.А. Солнцев – Орел: Орловский ГАУ, 2019. – 227 с.
18. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 1 Подвижной состав автомобильного транспорта / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 33 с.
19. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 2 Автомобильные колеса и шины / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 85 с.
20. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 3 Подвеска / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 118 с.
21. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 4 Тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 108 с.
22. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 5 Пневматические тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 133 с.
23. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 6 Рулевое управление / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 78 с.
24. Головин С.И. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и эксплуатационные свойства автомобилей» / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин. – Орёл, 2017. – 123 с.
25. Жосан А.А. Анализ эксплуатации зарубежной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. Москва, 2009. № 4. С. 52-53.
26. Жосан А.А. К вопросу управления техническим состоянием дизеля / А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Механизация интенсивных технологий в АПК. – Орел, 2006. С. 134-137.
27. Жосан А.А. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2017. – 156 с.

28. Жосан А.А. Обеспечение ресурса двигателей тракторов агропромышленного комплекса путем контроля условий эксплуатации по химмотологическому параметру моторного масла / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2013. – 189 с.
29. Жосан А.А. Перспективы импорта сельскохозяйственной техники / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 35-38.
30. Жосан А.А. Пути улучшения технических, экономических и экологических показателей дизельных двигателей / А.А. Жосан, С.И. Головин, О.А. Кореньков // В сборнике: Ресурсосбережение - XXI век. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Орел, 2005. С. 46-48.
31. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.
32. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.
33. Жосан А.А. Увеличение ресурса дизелей / А.А. Жосан, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2006. № 12. С. 35.
34. Жосан А.А. Ультразвуковое диспергирование как способ повышения устойчивости присадок в моторных маслах и достижения заявленного ресурса дизелей / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, С.И. Головин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. № 4 (17). – Орел, 2017. – С. 122-128.
35. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по дисциплине «Силовые агрегаты» и задания для контрольной работы

- для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» заочной формы обучения / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 77 с.
36. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 129 с.
37. Жосан А.А. Эффективность эксплуатации зарубежной сельскохозяйственной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Обеспечение устойчивого развития АПК в условиях глобального экономического кризиса. / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Орловский государственный аграрный университет. – Орел, 2009. С. 108-112.
38. Карелина М.Ю. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебное пособие / М.Ю. Карелина, М.М. Ревякин, А.А. Жосан, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, Е.В. Яковлева. – Орел, 2016. – 328 с.
39. Карелина М.Ю. Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие / М.Ю. Карелина, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Н. Ерофеев. – М. Инфра-М, 2020. – 160 с.
40. Карелина М.Ю. Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие / М.Ю. Карелина, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Н. Ерофеев. – М. Инфра-М, 2017. – 160 с.
41. Михайлов М.Р. Оптимизация использования зерноуборочных комбайнов по параметрам надежности / М.Р. Михайлов, С.И. Головин, А.А. Жосан // Монография – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 144 с.
42. Пучин Е.А. Тенденции развития тракторостроения / Е.А. Пучин, А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК. / Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2008. С. 61-64.

43. Ревякин М.М. А.А. Повышение эксплуатационной надежности технических систем как аспект стратегии ресурсосбережения мобильных энергетических средств агропромышленного комплекса / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, С.И. Головин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. № 4 (17). – Орел, 2017. – С. 115-121.
44. Ревякин М.М. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебное пособие / М.М. Ревякин, А.А. Солнцев, С.И. Головин, А.А. Жосан. – Орел, 2019. – 331 с.
45. Ревякин М.М. К вопросу о надежности мобильных энергетических средств предприятий АПК / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, С.И. Головин // Международная научная конференция, посвященная 130-летию Н.И. Вавилова Москва, 05-07 декабря 2017 г. – Москва, 2018. С. 258-260.
46. Ревякин М.М. Повышение эксплуатационной надежности технических систем как аспект стратегии ресурсосбережения мобильных энергетических средств агропромышленного комплекса / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, С.И. Головин // Материалы XV международной научно-практической интернет-конференции. Орёл, 15 марта-30 июня 2017 г. Энерго- и ресурсосбережение - XXI век. – Орел, 2017. С. 158-162.
47. Ревякин М.М. Увеличение ресурса двигателя и ресурсосбережение / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей международного научно-практического семинара. – Орел, 2006. С. 17-19.