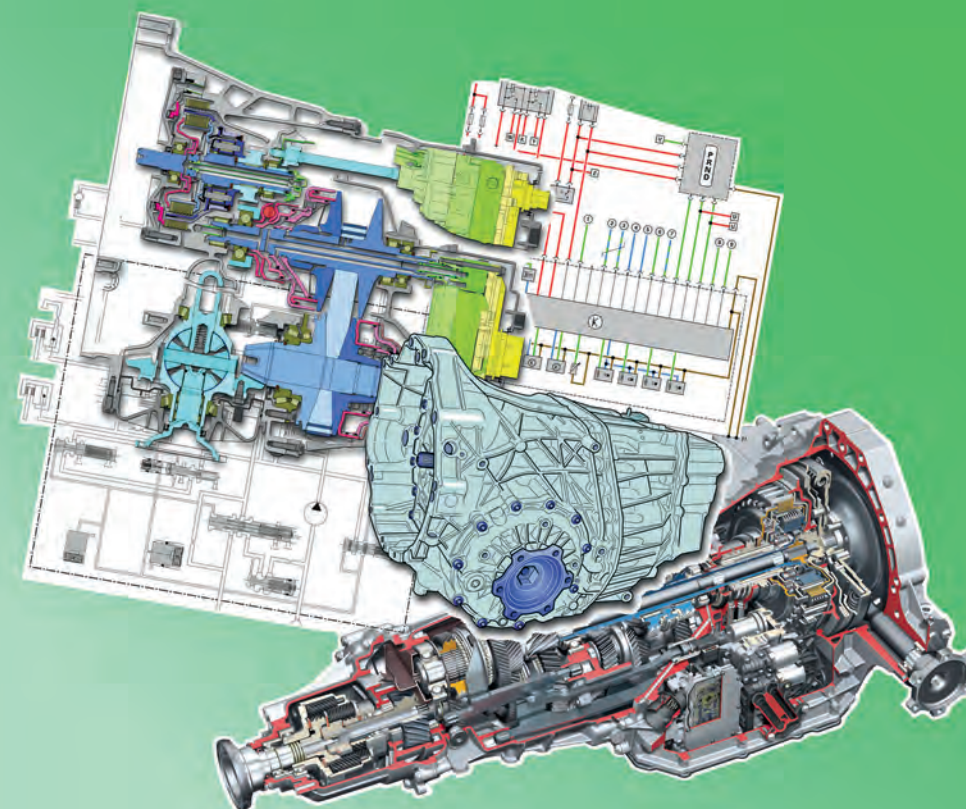


А.П. Петров

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Учебное пособие



Курганский
государственный
университет



редакционно-издательский
центр

41-71-07

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

А.П. Петров

**СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ**

Учебное пособие

Допущено УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин
и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по специальности
«Наземные транспортно-технические средства»

Курган 2015

УДК 629.331
ББК 39.335.52
ПЗ0

Рецензенты:

В.Г. Чумаков, зав. кафедрой, д-р техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВПО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»;

С.Е. Хоменко, директор ООО «Испытательно-технический центр ТЕСТ-СЕРВИС», канд. техн. наук.

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Петров А. П.

Современные конструкции автоматических коробок передач : учебное пособие. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 80 с.

Учебное пособие посвящено наиболее распространенным конструкциям автоматических коробок передач современных легковых автомобилей.

Описываются конструкции коробок передач, принцип работы, конструкция исполнительных устройств и отдельных элементов. Подробно описываются многодисковая муфта сцепления, вдвоенное сцепление, конструкция валов и синхронизаторов в предселекторных роботизированных коробках передач. Рассмотрена конструкция автоматической коробки передач с вариатором, принцип работы гидравлической системы и алгоритм управления на различных режимах движения.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 190109, 190100.

УДК 629.331
ББК 39.335.52

ISBN 978-5-4217-0333-4

© Курганский государственный университет, 2015
© Петров А.П., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1 Анализ современных автоматических коробок передач.....	4
1.1 Условия обеспечения максимальной тяговой силы и высокой топливной экономичности	4
1.2 Классификация, достоинства и недостатки АКП.....	6
2 Автоматическая коробка передач DSG 02E	14
2.1 Конструкция коробки.....	14
2.2 Принцип работы коробки	23
2.3 Системы управления коробкой передач	29
2.4. Исполнительные устройства.....	32
3 Семиступенчатая коробка передач со сдвоенным сцеплением 0AM.....	35
3.1 Конструкция коробки передач	36
4 Бесступенчатая автоматическая коробка передач Multitronic 01J	57
4.1 Конструкция коробки передач	59
4.2 Система управления коробкой передач	64
4.3. Работа вариатора КП Multitronic	67
4.4 Элементы конструкции	76
Список литературы.....	79

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Существенный недостаток механической коробки передач в том, что водитель должен постоянно производить ряд физических действий, таких как выжимание сцепления и манипуляции с рычагом переключения передач, что особенно утомительно при движении в условиях большого города с огромным количеством перекрестков, длинными пробками и постоянной сменой циклов старта и торможения машины. Водитель автомобиля с механической трансмиссией имеет дополнительную ответственность, которая связана с необходимостью постоянно контролировать число оборотов коленчатого вала. Нужно знать идеальные режимы работы двигателя и правильные соотношения скорости и выбранной передачи.

1.1 Условия обеспечения максимальной тяговой силы и высокой топливной экономичности

Коробка передач должна обеспечивать максимальную тяговую силу и минимальный расход топлива в заданных дорожных условиях. Максимальная тяговая сила при движении с заданной скоростью реализуется при работе двигателя на режиме максимальной мощности

$$F_{T \max} = \frac{1000 P_{e \max} \eta_{TP}}{V_a},$$

где $P_{e \max}$ — максимальная мощность двигателя; V_a — скорость автомобиля; η_{TP} — КПД трансмиссии.

Таким образом, для обеспечения максимальной силы тяги на колесах тяговая сила должна иметь гиперболическую зависимость от скорости движения

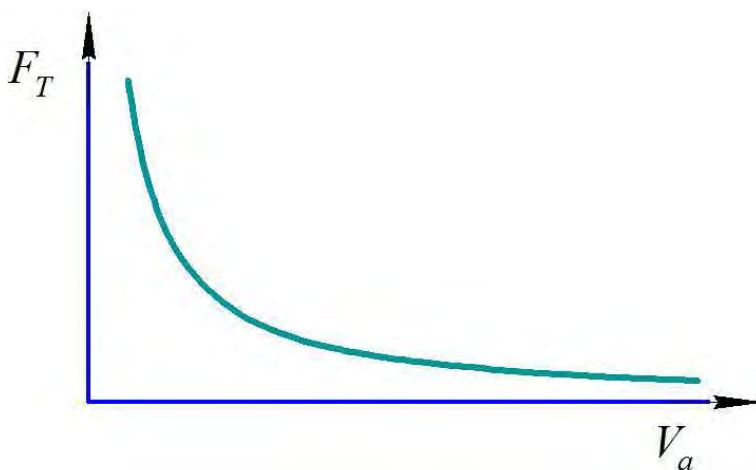


Рисунок 1.1 – Условия обеспечения максимальной силы тяги на колесах

автомобиля (рисунок 1.1). Такая зависимость может быть получена при максимальной мощности и постоянных оборотах коленчатого вала за счет бесступенчатого изменения передаточного числа трансмиссии. Для этого передаточное число коробки передач должно непрерывно изменяться в зависимости от скорости движения:

$u_{KP} = \omega_{eP} r_k / (u_{ГП} V_a)$, где ω_{eP} — угловая скорость коленчатого вала двигателя при максималь-

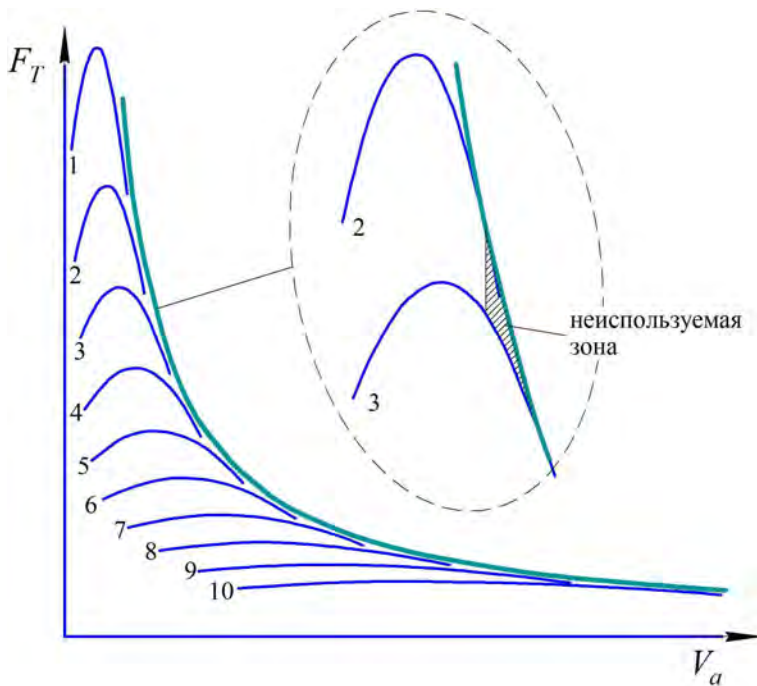


Рисунок 1.2 – Сила тяги на ведущих колесах автомобиля с десятиступенчатой коробкой передач

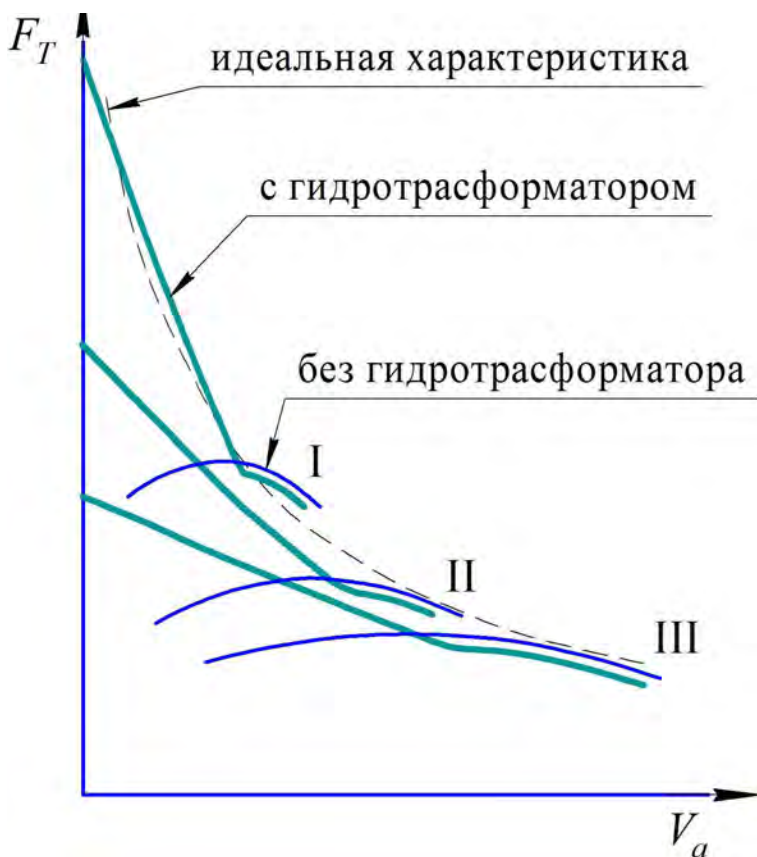


Рисунок 1.3 – Сила тяги на ведущих колесах автомобиля с трехступенчатой ГМП

ной мощности, r_k – радиус колеса автомобиля, $u_{ГП}$ – передаточное число главной передачи. В идеале это условие может быть обеспечено за счет бесступенчатой коробки передач.

Кроме тягово-скоростных свойств бесступенчатая коробка передач может обеспечить минимальный удельный расход топлива, который, как известно, реализуется при работе двигателя с полной нагрузкой. Поэтому для получения оптимальных тягово-скоростных свойств и экономичности передаточное число коробки передач должно изменяться в зависимости от скорости и сопротивления движению.

Многоступенчатая коробка передач может лишь приблизиться к идеальным параметрам выбора необходимого передаточного числа (рисунок 1.2). При этом проблемой такой коробки будет сложность управления и существенный разрыв потока мощности с вытекающими отсюда последствиями.

Наиболее близко к идеальным характеристикам относятся гидромеханические коробки передач, особенно при увеличенном количестве передач (рисунок 1.3). Главной особенностью по сравнению с механической коробкой передач является то, что в этом случае отсутствует разрыв потока мощности.

Существует достаточно большое количество конструкций коробок передач, которые в разной степени обеспечивают указанные оптимальные свойства.

1.2 Классификация, достоинства и недостатки АКП

В настоящее время существует достаточно большое разнообразие автоматических коробок передач (рисунок 1.4). До недавнего времени из всех типов бесступенчатых передач наиболее широкое применение имели гидродинамические (гидротрансформаторы), которые применяются в сочетании с автоматически управляемой ступенчатой коробкой, — гидромеханические передачи. Благодаря этому они получили название «классические АКП». Особенность таких устройств в том, что в них полностью отсутствует механическая связь двигателя с колесами. Крутящий момент передается через рабочую жидкость с помощью гидротрансформатора.



Рисунок 1.4 – Классификация автоматических коробок передач

Продолжающееся совершенствование гидромеханических передач в направлении повышения КПД и соответственно топливной экономичности автомобиля сохраняет их определенные позиции среди более современных АКП. Наиболее распространенное название таких АКП Tiptronic (или же Autostick и Steptronic).

Достоинства классической современной АКП: легкость в управлении; комфортная езда (отсутствие толчков при разгоне); высокий срок службы; наличие различных дополнительных режимов (спортивный режим, зимний режим, экономичная езда, возможность ручного переключения передач).

Ручной режим переключения заключается в том, что, как только рычаг переключения коробки оказывается в положении Manual Select, он превращается в джойстик. Если толкнуть его вперед, то включится последующая передача (например, после первой – вторая), а сам джойстик вернется в исходное сре-

динное положение. Толкнул назад – и после второй передачи вновь включится первая, а рычаг снова вернется в нейтральное положение. В этом и есть суть системы Tiptronic.

Недостатки классической современной АКП: высокая стоимость; высокий расход топлива (хотя современные автоматические трансмиссии в некоторых режимах езды позволяют добиться более высокой экономичности по сравнению с механикой за счет поддержания оптимальных оборотов двигателя и интеллектуального управления блокировкой гидротрансформатора); слабая динамика разгона (для среднестатистического водителя разница в динамике не существенна).

До недавнего времени в производстве автомобилей Европы, Японии и США большинство автоматических коробок составляли четырехступенчатые автоматы. На сегодняшний день этого явно недостаточно, поэтому огромное большинство на сегодняшнем рынке занимают, как минимум, пятиступенчатые, при неуклонном увеличении шестиступенчатых агрегатов.

Сохранить позиции АКП удалось за счет совершенствования конструкции механической части коробки. Главной задачей на этом пути было получение максимально возможной дешевизны коробки передач и снижение стоимости производства. При этом необходимо было найти возможность установки таких коробок передач на наиболее распространенные классы автомобилей – малый и средний классы, в том числе переднеприводные автомобили. Для этого трансмиссия должна быть не только компактной, легкой и дешевой, но и более эффективной. Так, например, в шестиступенчатой автоматической коробке передач 09E для автомобиля Audi A8 это удалось достичь за счет оригинальной конструкции: в ней используется всего два планетарных ряда. Правда, один из них ряд Лепелетира (Ravigneaux). При этом он позволяет реализовать шесть передач вперед и передачу заднего хода при применении только пяти элементов переключения (трех муфт и двух тормозов). Решается проблема надежности и долговечности таких АКП более эффективной смазкой. Такие коробки не нуждаются в замене смазки в течение всего срока службы, или замена происходит как минимум через 150000 км. Для повышения КПД гидротрансформатор необходимо блокировать, но на некоторых автомобилях трансформатор не блокируется на третьей, четвертой и пятой передачах, преднамеренно допускается небольшое и контролируемое проскальзывание от 20 до 80 об/мин относительно угловых скоростей входного и выходного валов в течение всего времени. Это не дает трансмиссии превращаться в жесткое звено, которое может привести к нежелательному шуму и вибрациям. Проскальзывающий гидротрансформатор поглощает вибрации, используется естественная возможность гидротрансформатора гасить крутильные колебания во всех режимах эксплуатации.

К современному классу бесступенчатых механических фрикционных передач относится вариатор. Это CVT (Continuous Variable Transmission — бесступенчато варьируемая трансмиссия). Вариаторная АКП (вариатор) имеет два шкива в виде противоположно направленных конусов, соединенных между со-

бой металлическим «ремнем», состоящим из стальной ленты и нанизанных на нее стальных трапецеидальных сегментов.

История использования CVT в легковых автомобилях насчитывает несколько десятилетий, разработано несколько их типов. Система Variomatic использовала резинокордовый приводной ремень, зажатый между коническими поверхностями шкивов. Расстояние между половинками шкивов изменялось, поэтому изменялся рабочий радиус «главного» шкива, а это, в свою очередь, заставляло изменяться радиус «рабочего» шкива, половинки которого сжимались пружиной. Однако только сейчас CVT получила масштабное применение. Резиновый ремень был заменен ремнем, состоящим из набора стальных пластин особой формы. Трансмиссия Transmatic фундаментально отличается от Variomatic, потому что стальной ремень, в отличие от резинового, может передавать не только тянущие усилия, но и толкающие. Преимущество новой конструкции заключается в том, что трансмиссия того же размера могла передавать значительно большую величину крутящего момента, хотя это было до того, как потребовалась система, способная передавать момент больше 150 Нм.

Передачное число в вариаторе меняется через синхронное изменение диаметров шестерен, обеспечивая тем самым бесконечное число передач. Вариатор позволяет выбирать любое передаточное отношение (в его рабочем диапазоне, конечно же) и плавно его изменять, обеспечивая работу двигателя на оборотах максимальной мощности. Таким образом, вариаторная АКП реализует идеальный режим работы, можно сказать, что это единственная в настоящее время механическая коробка, обеспечивающая такой режим (рисунок 1.1). Управляет работой вариатора специальный процессор, который анализирует условия движения, согласовывает действия двигателя и трансмиссии, подбирает оптимальное передаточное отношение, обеспечивает специальные режимы движения (например, имитацию ступенчатой коробки передач). Для любителей самостоятельного переключения передач предусмотрены заранее «предустановленные» передачи (типтроник), которые вводятся в память блока управления.

Наряду с тем, что вариатор может обеспечить любое желаемое передаточное число, он не имеет нейтральной передачи и возможности обеспечения заднего хода. Простейшим способом обеспечения заднего хода является установка одного ряда планетарной передачи и тормоза, чтобы реверсировать выход из вариатора.

Первые системы Variomatic и Transmatic использовали центробежные сцепления для решения проблемы остановки и трогания с места. Позднее появилось порошковое электромагнитное сцепление.

Одним из вариантов решения проблемы является использование обычного гидротрансформатора, хотя это и увеличивает стоимость. Он обеспечивает более плавный старт, а увеличение момента может быть использовано для более быстрого разгона или увеличения низшего передаточного числа вариатора, что позволяет сделать его более компактным.

Достоинства вариатора: более экономичен, чем классическая АКП; малая масса; лучшие динамические параметры (двигатель с вариатором постоянно работает на оборотах с максимальным крутящим моментом); максимальный уровень комфорта; механизм вариатора весит меньше.

Недостатки вариатора: хотя вариатор дешевле классической АКП, он дороже остальных разновидностей «автоматов»; катастрофически «боится» пробуксовок, «ремень», который передаёт крутящий момент в такой коробке передач, обычно не может справиться с большими мощностями и начинает проскальзывать по шкивам. В автомобиле с механическими коробками или многоступенчатыми автоматами водитель слышит увеличение оборотов двигателя при разгоне, с падениями оборотов при каждом переключении на более высокую передачу. Автомобиль с вариатором может интенсивно разгоняться при постоянных оборотах двигателя, потому что вариатор поддерживает обороты двигателя, необходимые для лучшего ускорения. Работает такая система очень хорошо, но из-за непривычного звука у водителя создается впечатление, что автомобиль вялый и разгоняется неохотно. Водитель постоянно слышит однообразное гудение мотора, что негативно влияет на психику во время длительной поездки (современные программы управления вариатором позволяют двигателю сбрасывать и набирать обороты, имитируя переключение передач). Кроме того, в вариаторе всё же остаётся потеря мощности, экономичность и динамика разгона пока что уступают аналогичным автомобилям, оснащённым механической коробкой передач. КПД современного клиноременного вариатора Transmatic колеблется от 86% (при наибольшем передаточном числе) до 88-90% при полной мощности. Однако преимущество вариатора неоспоримо – потребление топлива у автомобиля с такой коробкой передач значительно меньше, нежели у классической АКП.

Опыт производства и эксплуатации CVT на протяжении десятилетий показал, что клиноременные вариаторы привлекательны простотой конструкции и относительной дешевизной. Два шкива, металлический ремень, исполнительные механизмы и автоматика регулирования – вот главные элементы конструкции.

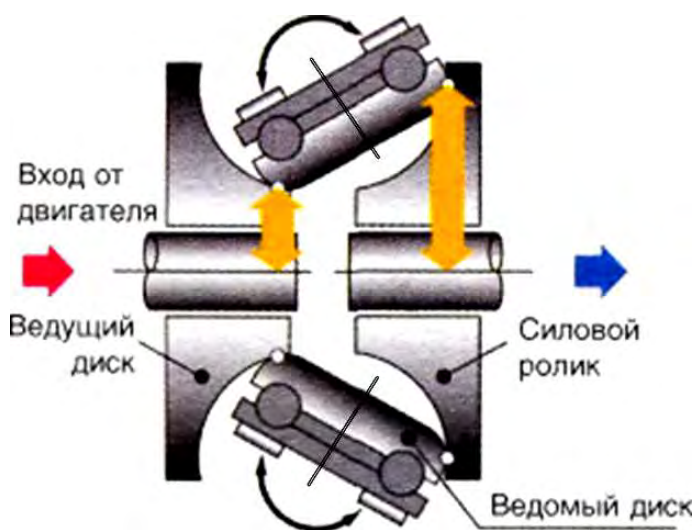


Рисунок 1.5 – Торoidalный вариатор

По простоте конструкция может даже поспорить с механической ступенчатой коробкой передач, не говоря уже о классическом автомате. Поэтому клиноременные CVT с успехом применяют на недорогих автомобилях малого и среднего класса.

Следующей разновидностью бесступенчатых механических фрикционных автоматических коробок передач являются торoidalные. В таких конструкциях используется поворачивающийся ролик,

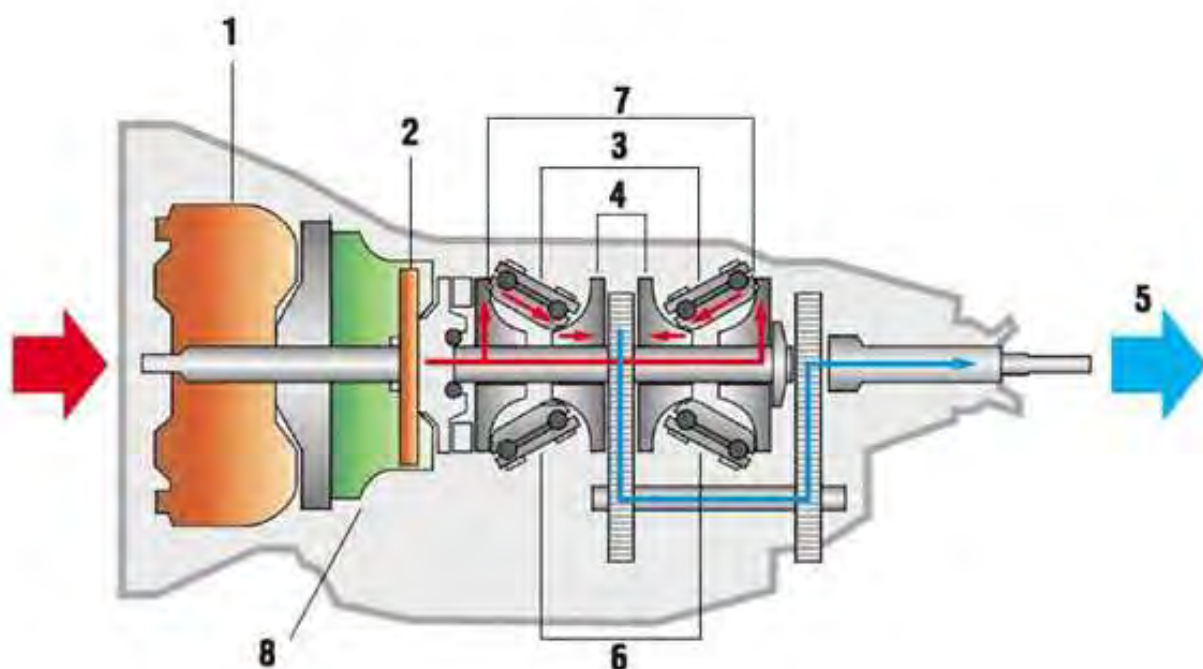
бегущий между двумя чашами, одна из которых приводится от двигателя, а вторая приводит в действие ведущие колеса (рисунок 1.5). Две повернутые друг к другу чаши образуют что-то похожее на бублик или тороид, поэтому такое название часто применяют к подобным трансмиссиям. В зависимости от угла поворота ролика ведомая чаша может вращаться с той же скоростью, что и ведущая, если ролик горизонтален, или с большей или меньшей, когда ролик поворачивается. В таких коробках так же требуется отдельное сцепление для обеспечения старта и передачи заднего хода. Тороидный вариатор так же, как CVT, обеспечивает идеальную характеристику изменения передаточного числа. Тороидный вариатора имеет достаточно высокий КПД 90-92%.

Хотя такие трансмиссии предлагались в 30-е годы, они страдали недостаточной величиной передаваемого момента и низкой долговечностью из-за отсутствия соответствующих материалов и технологий. Ключевая проблема заключается в том, что передача крутящего момента целиком зависит от трения в контакте ролика с чашами, и чем выше передаваемый момент, тем больше должна быть сила трения, причем при очень маленькой площади контакта. Поэтому давление должно быть выше, а возможность разрушения чаши и ролика становится больше. Усилие, с которым давят ролики на диски, достигает до 10 т. Конструкторам пришлось решать серьезные технические трудности. Они столкнулись с колоссальными давлениями в пятнах контакта и с огромной нагрузкой на подшипники роликов, а иначе неизбежное проскальзывание, износ, потери мощности. Вот поэтому поток мощности распределили на два ролика и тем самым уменьшили нагрузку на каждый из них. Кроме этого для рабочих пар пришлось применить высоколегированную сталь, оснастить вариатор регулирующей гидросистемой высокого давления, использовать специальные фрикционные масла. Поскольку все усилие сосредоточено в пятне контакта, то для поворота роликов должны использоваться особые устройства, способные преодолевать силу прижатия ролика к диску (до 3000 Нм). Для работы вариатора применяется специальная система, в которой электронный блок управляет прецизионным гидравлическим механизмом и перемещает обоймы с роликами вверх или вниз на микроскопическую величину, а далее из-за возникшего сдвига относительно оси дисков ролик поворачивается сам.

Диапазон регулирования у тороидного вариатора не особенно велик – 4,33, поэтому вариатор используется с гидротрансформатором. Задний ход обеспечивает планетарная передача, а за «нейтраль» отвечает гидротрансформатор. При использовании двухрядного тороидного вариатора «Extroid» стало возможным передавать крутящий момент под 400 Нм (рисунки 1.6 и 1.7).

Помимо понятных «механики» и «автомата» существуют еще два типа коробки переключения передач. Роботизированная коробка передач – некое промежуточное звено между механикой и автоматом (по конструкции это механическая КПП; по управлению – автоматическая). Передачи в роботизированной КПП переключаются гидравликой или электромагнитом. Момент переключения передач определяется электроникой исходя из принципа макси-

мальной экономичности. На переключение передач тратится 1-2 секунды, также есть возможность ручного переключения передач. Принцип работы практически такой же, как и у обычных МКП, только сцепление выжимают и переключают передачи сервоприводы по команде электроники.



1 – гидротрансформатор; 2 – шестерни заднего хода; 3 – ролики; 4 – ведомые диски; 5 – к карданному валу; 6 – ролики; 7 – ведущие диски; 8 – насос

Рисунок 1.6 – Схема автоматической торoidalной трансмиссии

Первые роботизированные коробки передач просто должны были дублировать действия опытного водителя при переключении передач. Благодаря электронике процесс автоматизации имел положительные результаты.

Достоинства такого «робота»: самая дешевая разновидность АКП; низкий расход топлива (меньше чем в классике и вариаторе); низкая стоимость (дешевле только чистая «механика»).

Недостатки «робота»: плохая плавность хода; динамична только в ручном режиме; проблемы при езде в горку; быстрый перегрев сцепления в пробках.

Второй этап «роботизации» – это роботизированная коробка передач с двумя сцеплениями (суперробот). Такая коробка имеет два сцепления, которые обеспечивают четные и нечетные передачи. Во время движения крутящий момент от двигателя на колеса автомобиля передается по одному из сцеплений, но второе сцепление уже настроено на «свою» передачу. Когда приходит время переключения передач, то электроника размыкает первый диск сцепления и синхронно смыкает второй, после чего крутящий момент уже передается через

второе сцепление, а первое сцепление настраивается на свою передачу и ждет сигнала от электроники. Само переключение передач происходит за доли секунды, обеспечивая высокие динамические характеристики.



Рисунок 1.7 – Автоматическая коробка передач с двухрядным торoidalным вариатором

Достоинства таких коробок: высокая разгонная динамика; мягкость переключения передач.

Недостаток: дороговизна.

В 2000 году доля автоматов составляла 90% американского рынка, японского рынка – около 80%, а европейского – около 15%, с более высокой пропорцией в Англии, Германии и Скандинавии и незначительной доли в Италии и Испании.

Пока среди автоматов нет жесткой конкуренции. Возможно, в будущем одна из конструкций станет доминирующей. Но тогда водитель уже, вероятно, не отличит, робот переключает передачи или вариатор.

Сформулируем основные преимущества автоматических коробок передач.

1 Безопасность движения

Сокращение органов управления позволяет водителю при усложнении дорожной обстановки не отвлекаться на манипуляции органами управления, а уделить все внимание ситуации на дороге. Быстроте реакции водителя в сложной обстановке способствует и то, что при применении автоматической передачи органов оперативного управления всего два и для каждого можно использовать «свою ногу», которую не нужно куда-то переносить или на что-то переключать.

2 Комфортабельность движения

Переключения передач в автоматической передаче происходят без разрыва потока мощности. Благодаря этому пассажиры и водитель не испытывают толчков и рывков, которыми неизбежно сопровождается переключение передач в механической коробке и которые зависят от квалификации водителя. При автоматическом переключении передач такой зависимости нет, движение происходит как бы при бесступенчатой трансмиссии и становится более комфортабельным.

3 Движение с малыми скоростями

В ряде случаев важна способность автомобиля двигаться с малыми скоростями, например, при «пробках» на дорогах. Благодаря гидродинамическому гидротрансформатору отсутствует жесткая связь двигателя с колесами автомобиля. Это позволяет давать любые обороты валу двигателя даже при стоящем на передаче неподвижном автомобиле. Давая двигателю малые обороты, можно обеспечить движение автомобиля со сколь угодно малой скоростью, не опасаясь заглохания двигателя.

4 Проходимость автомобиля

Автоматическая передача позволяет гибко регулировать скорость автомобиля и величину подводимого к колесам крутящего момента при работе только педалью подачи топлива. Это существенно улучшает проходимость автомобиля. Значительно легче предотвращать проворот колес автомобиля на скользкой или обледенелой дороге, срыв грунта при движении на сыпучих грунтах. Облегчается движение и в других тяжелых дорожных условиях.

5 Квалификация водителя

Существенное упрощение управления автомобилем позволяет снизить требования к квалификации водителя. При освоении управления автомобилем с механической трансмиссией наибольшие трудности вызывает приобретение навыка в переключении передач, когда требуется сочетание выжима сцепления с переводом рукоятки переключения передач и последующее отпускание педали сцепления в сочетании с перемещением педали подачи топлива. При автоматической передаче нужды в таком навыке нет, переключения передач происходят автоматически. Это существенно облегчает обучение управлению автомобилем и его эксплуатацию, снижает требования к квалификации водителя.

6 Утомляемость водителя

Особенно это заметно в городских условиях. Управление автомобилем в плотном транспортном потоке сопряжено с высоким уровнем напряженности, замедлять движение перед многочисленными препятствиями и останавливаться перед светофорами, а затем снова разгоняться после каждой остановки – это достаточно утомительное занятие. Для обеспечения такого режима движения водитель с механической трансмиссией за поездку делает несколько сотен переключений передач, выжимая сцепление при каждом переключении.

7 Долговечность агрегатов автомобиля

Автоматическая передача благотворно влияет на долговечность двигателя и других агрегатов автомобиля, поскольку всегда обеспечивают плавное изменение нагрузки.

8 Средняя скорость движения

При переключении передач в механической трансмиссии на время переключения неизбежно прерывается поток мощности, подводимой к ведущим колесам автомобиля. Происходит некоторое снижение скорости автомобиля. Это снижение скорости тем больше, чем в более трудных дорожных условиях происходит переключение передач (когда ухудшается «накат» автомобиля). За счет потери скорости при переключениях передач уменьшается и средняя скорость движения автомобиля, во многом определяющая его производительность. На автомобиле с автоматической передачей поток мощности за время автоматического переключения передач не прерывается. Потери скорости и, следовательно, средней скорости движения при этом не происходит.

2 АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ DSG 02E

Наилучших результатов по конструированию «робота» с двумя сцеплениями добился концерн Volkswagen. Эта принципиально новая механическая коробка передач DSG (Direkt Schalt Getriebe), переключаемая без разрыва потока мощности.

К особенностям коробки передач DSG относятся:

- шесть передач движения вперед и одна передача заднего хода;
- обычные для автоматов программы переключения передач «D» и «S» (спортивный режим), а также система Tiptronic, позволяющая управлять коробкой передач от руки посредством рычага селектора или устанавливаемых на рулевом колесе по заказу переключателей;
- модуль Mechatronik, содержащий электронные и электрогидравлические компоненты системы управления, установлен непосредственно на картере коробки передач;
- функция Hillholder, обеспечивающая полную остановку автомобиля за счет повышения давления масла в приводе муфт сцепления при легком нажиме на тормоз;
- функция регулирования «ползучего» (Creep) движения автомобиля, например, при парковании без воздействия на педаль акселератора;
- функция работы в аварийном режиме.

2.1 Конструкция коробки

Коробка передач DSG содержит в принципе два независимо действующих ряда передач (рисунок 2.1). Таковую коробку еще называют предселекторной, потому что, перед тем как будет включена очередная передача, эта пара шестерен уже заранее находятся в зацеплении.

По своему действию каждый ряд передач подобен обычной механической коробке передач, переключаемой от руки. При этом каждому ряду передач соответствует своя многодисковая муфта сцепления.

Обе многодисковые муфты сцепления работают в масле. Муфты размыкаются и замыкаются по командам модуля управления Mechatronik, который регулирует также переходные процессы при переключении передач.

Многодисковая муфта K1 служит для включения первой, третьей и пятой передач, а также передачи заднего хода.

Вторая, четвертая и шестая передачи включаются посредством многодисковой муфты K2.

Принцип работы коробки передач заключается в последовательном включении передач обоих рядов: если одна из муфт передает крутящий момент на включенную передачу соответствующего ей ряда, то вторая муфта разомкнута, но уже включена следующая передача связанного с ней ряда.

Все передачи предварительно включаются посредством синхронизаторов обычного типа.

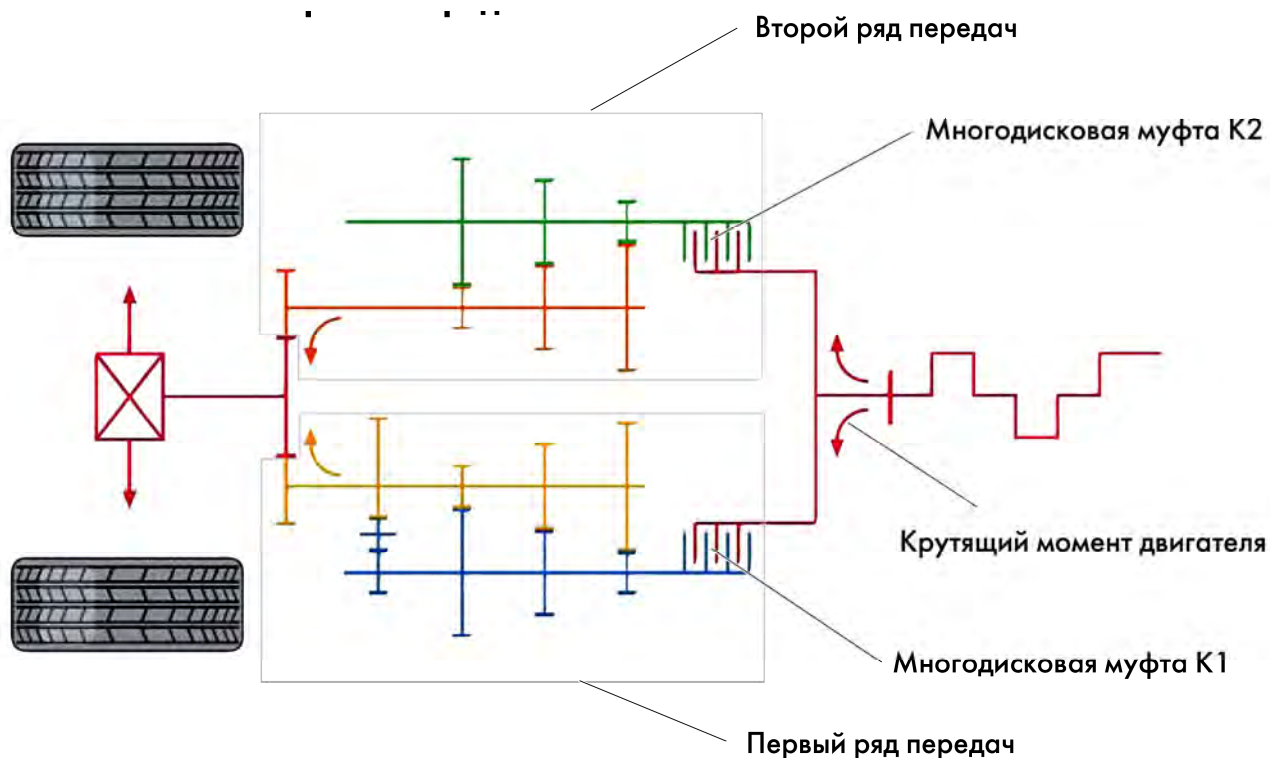


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема коробки передач

Крутящий момент с коленчатого вала двигателя передается на двухмассовый маховик (рисунок 2.2). Далее передача крутящего момента производится через разъемное шлицевое соединение маховика с входной ступицей коробки передач. Входная ступица жестко соединена с ведущим диском сдвоенного сцепления. Ведущий диск сдвоенного сцепления соединен посредством корпуса муфты K1 с главной ступицей сцепления. С этой же ступицей соединен корпус муфты K2.

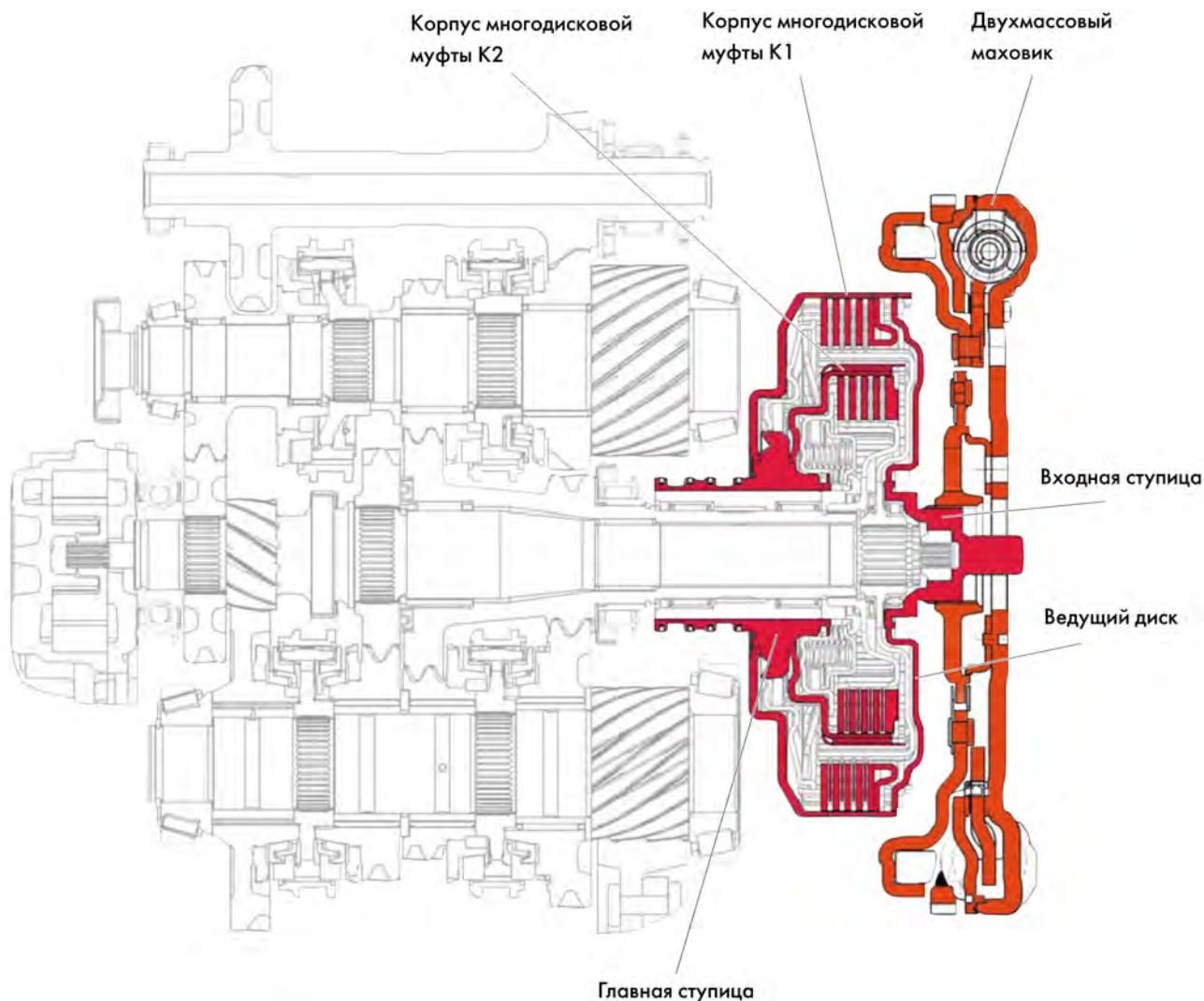


Рисунок 2.2 – Передача крутящего момента на коробку передач

Многодисковые муфты сцепления. Крутящий момент подводится к каждой из муфт через ее корпус. Если муфта замкнута, крутящий момент передается на ее ступицу и далее на соединенный с ней первичный вал (рисунок 2.3).

Многодисковая муфта передает крутящий момент только за счет сил трения между дисками.

Многодисковая муфта K1 образует внешнюю часть блока муфт сцепления. Она служит для передачи крутящего момента на первичный вал 1, обслуживающий первую, третью и пятую передачи, а также передачу заднего хода.

Замыкание муфты K1 производится под давлением масла, подводимого в ее гидроцилиндр (рисунок 2.4). Перемещающийся под давлением масла поршень 1 сжимает пакет дисков муфты K1. В результате этого крутящий момент передается на диски, вращающиеся вместе с ее ступицей и соединенным с ней первичным валом 1. При размыкании муфты поршень 1 отжимается диафрагменной пружиной в исходное положение.

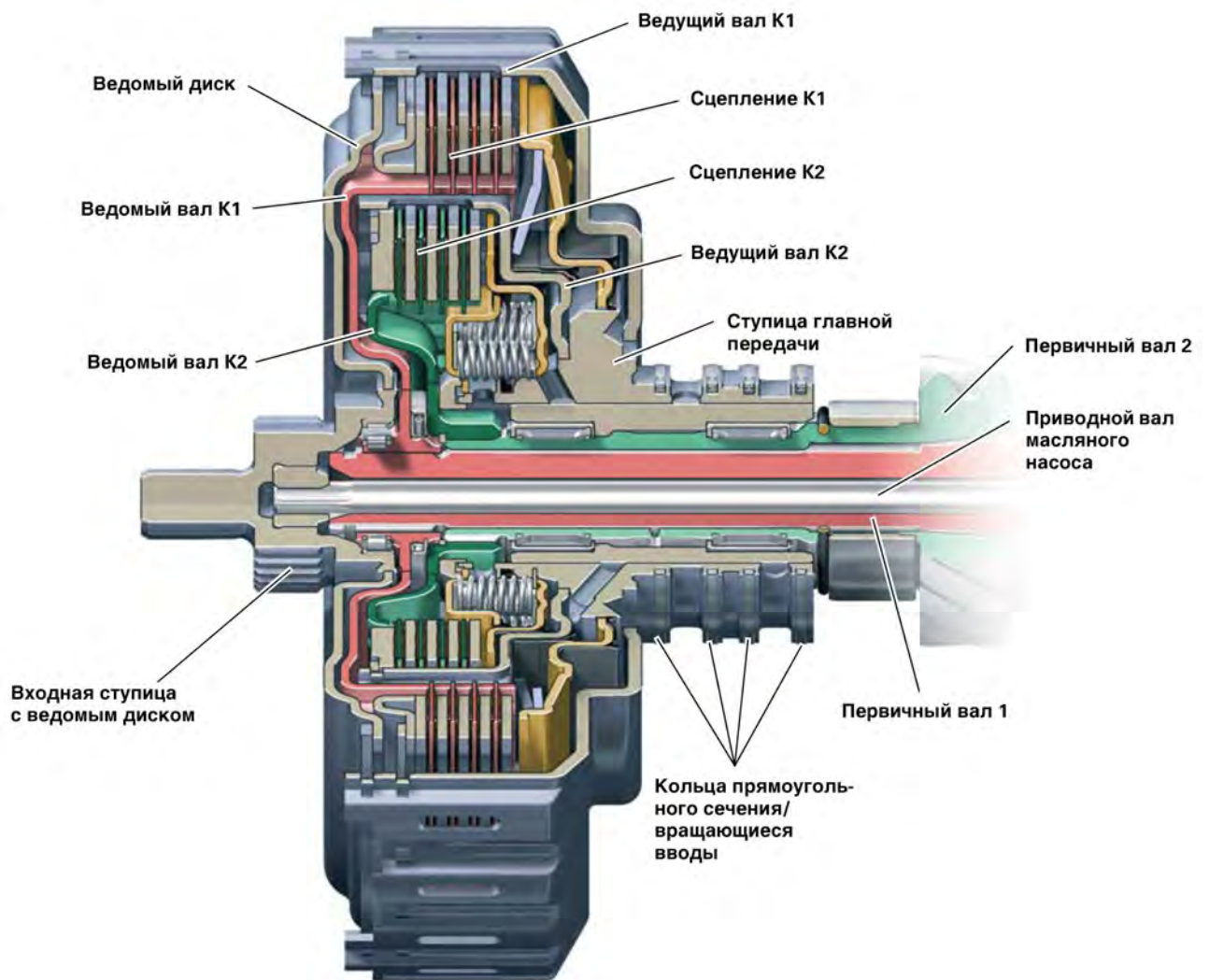


Рисунок 2.3 – Многодисковые муфты сцепления

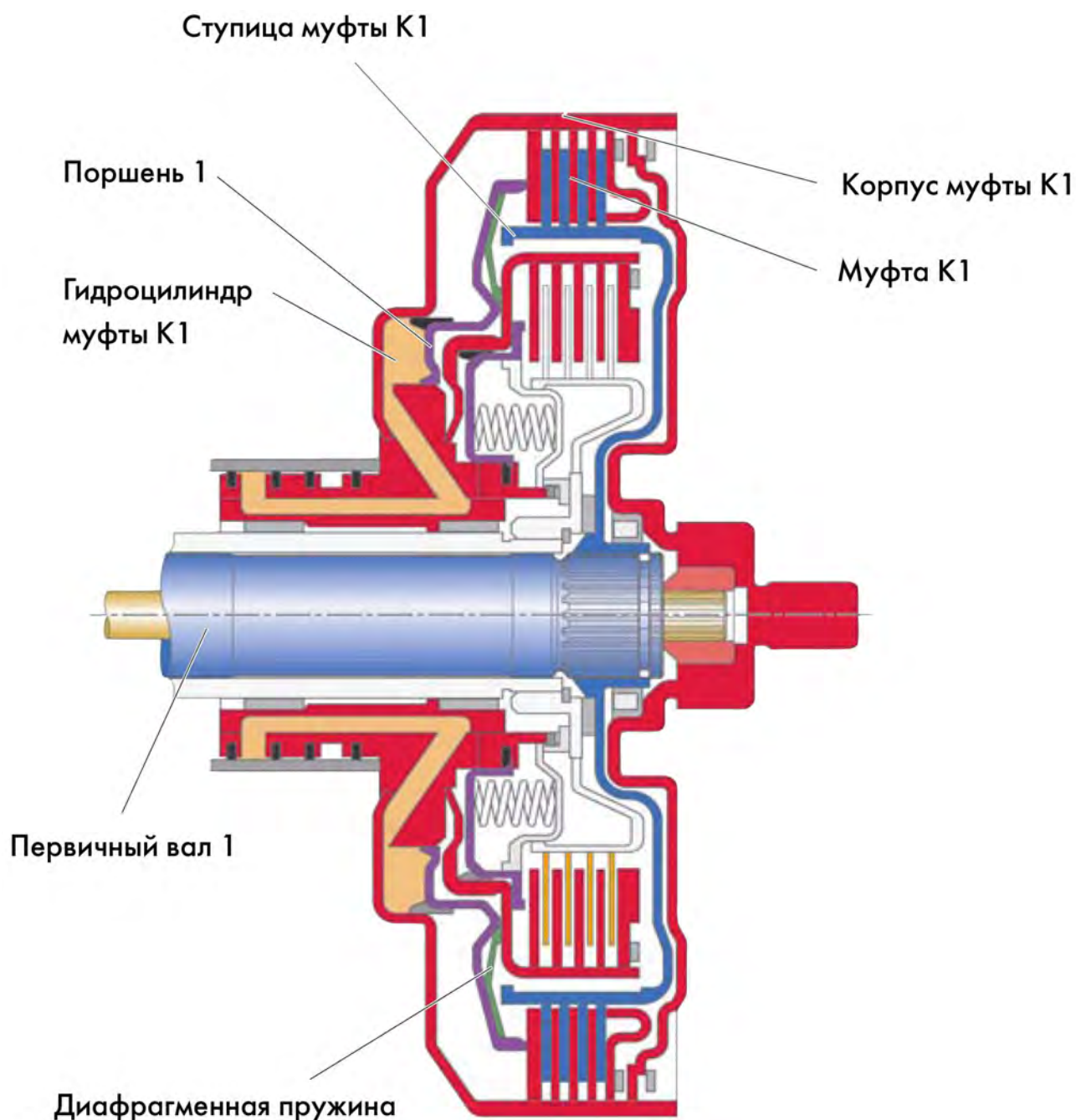


Рисунок 2.4 – Муфта К1

Многодисковая муфта К2 образует внутреннюю часть блока муфт сцепления. Она служит для передачи крутящего момента на первичный вал 2, обслуживающий вторую, четвертую и шестую передачи.

Замыкание муфты К2 производится под давлением масла, подводимого в ее гидроцилиндр (рисунок 2.5). При этом перемещающийся под давлением масла поршень 2 сжимает пакет дисков муфты К1, обеспечивая передачу крутящего момента на первичный вал 2. При размыкании муфты поршень 2 отжимается в исходное положение винтовыми пружинами.

Развиваемый двигателем крутящий момент передается посредством многодисковых муфт К1 и К2 на первичные валы коробки передач.

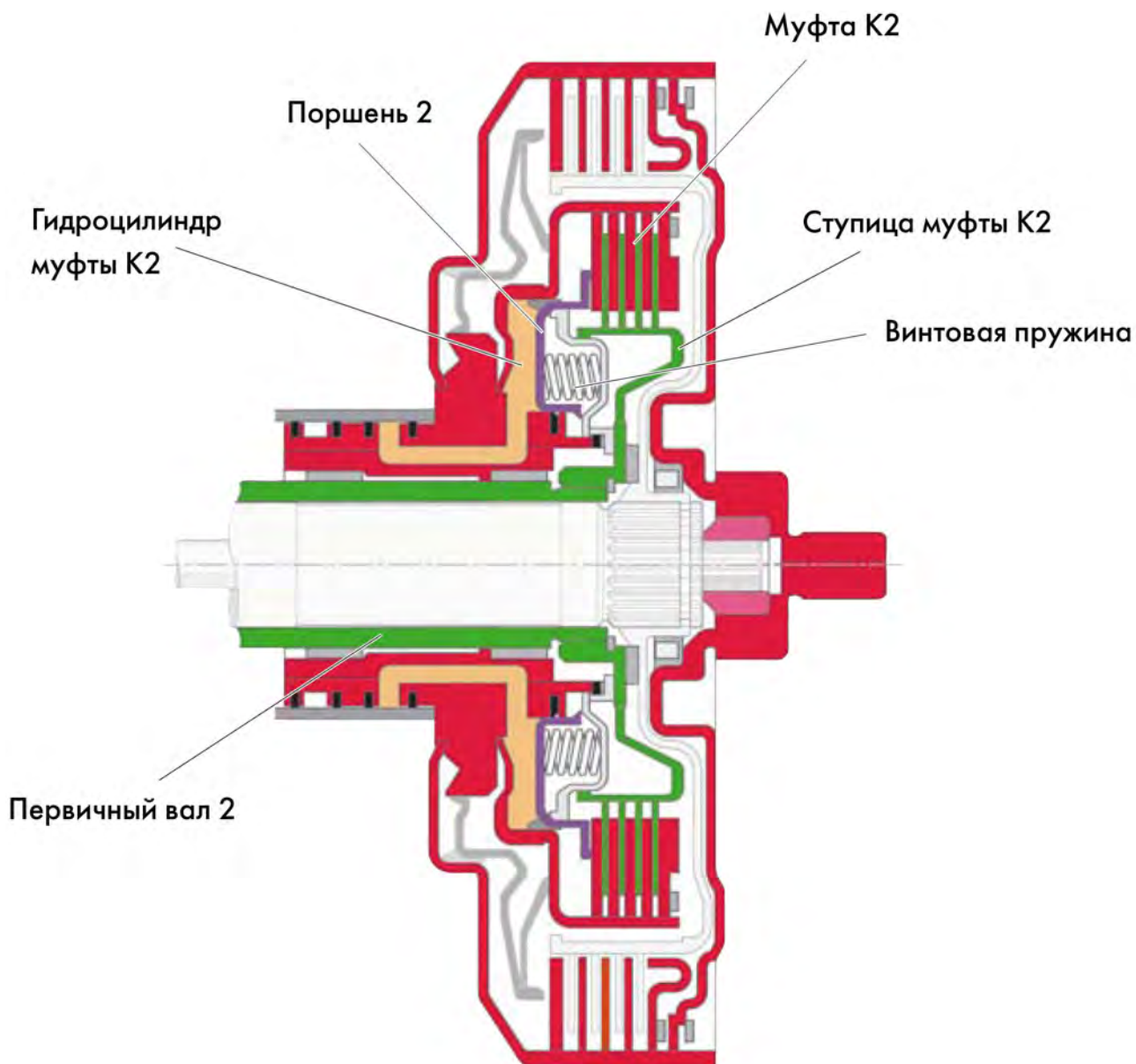


Рисунок 2.5 – Муфта K2

Первичный вал 2. Ввиду особенностей конструкции коробки передач целесообразно рассмотреть сначала первичный вал 2, а затем – первичный вал 1 (рисунок 2.6).

Первичный вал 2 выполнен полым; муфта K2 установлена на нем на шлицах. На этом валу установлены шестерни второй, четвертой и шестой передач. Для четвертой и шестой передачи используется одна общая ведущая шестерня.

Частота вращения первичного вала 2 измеряется посредством датчика G502, который взаимодействует с задающим диском, установленным рядом с шестерней второй передачи.

Первичный вал 1. Первичный вал 1 проходит внутри полого первичного вала 2. С муфтой K1 он соединен также посредством шлиц. На нем установлены шестерня пятой передачи, общая шестерня первой передачи и передачи заднего хода, а также шестерня третьей передачи.

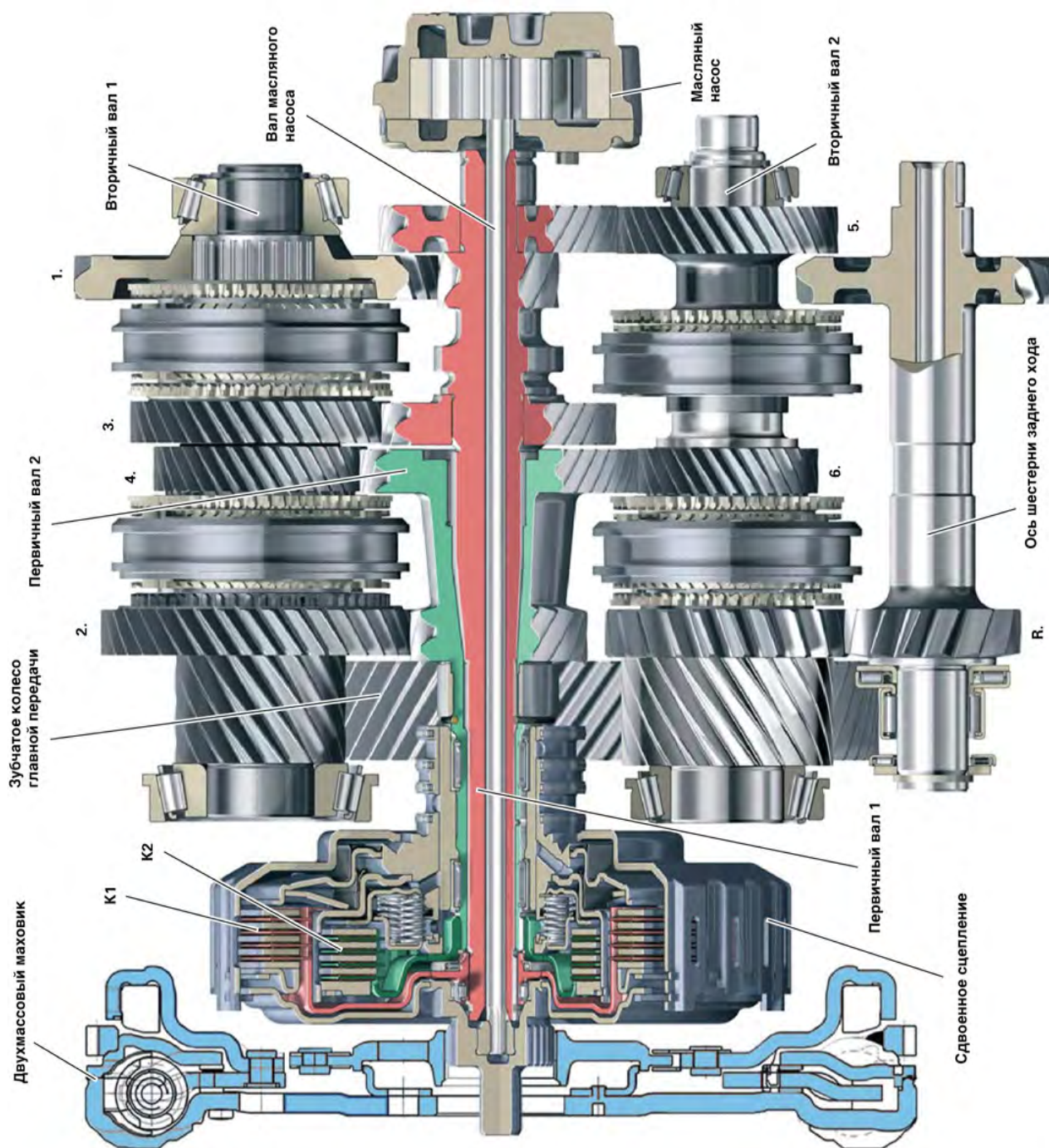


Рисунок 2.6 – Автоматическая коробка передач DSG 02E

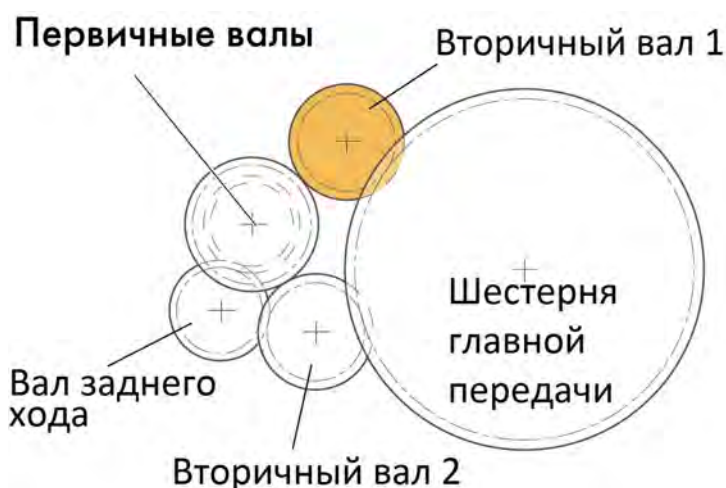


Рисунок 2.7 – Расположение валов в коробке

Частота вращения этого вала измеряется посредством датчика G501, взаимодействующего с задающим диском, расположенным между шестерней первой передачи и передачи заднего хода (рисунок 2.7).

В двухрядной коробке передач двум первичным валам соответствуют два вторичных вала. Благодаря использованию одних и тех же шестерен для первой передачи

и передачи заднего хода, а также для четвертой и шестой передачи удалось существенно сократить длину коробки передач.

Вторичный вал 1. На вторичном валу 1 расположены:

- шестерни первой, второй и третьей передач, включаемые посредством трехколесных синхронизаторов;
- шестерня четвертой передачи, включаемая посредством одноколесного синхронизатора;
- ведущая шестерня главной передачи.

Установленная на вторичном валу ведущая шестерня постоянно находится в зацеплении с ведомой шестерней главной передачи, которая служит для передачи крутящего момента на дифференциал.

Вторичный вал 2. На вторичном валу 2 расположены:

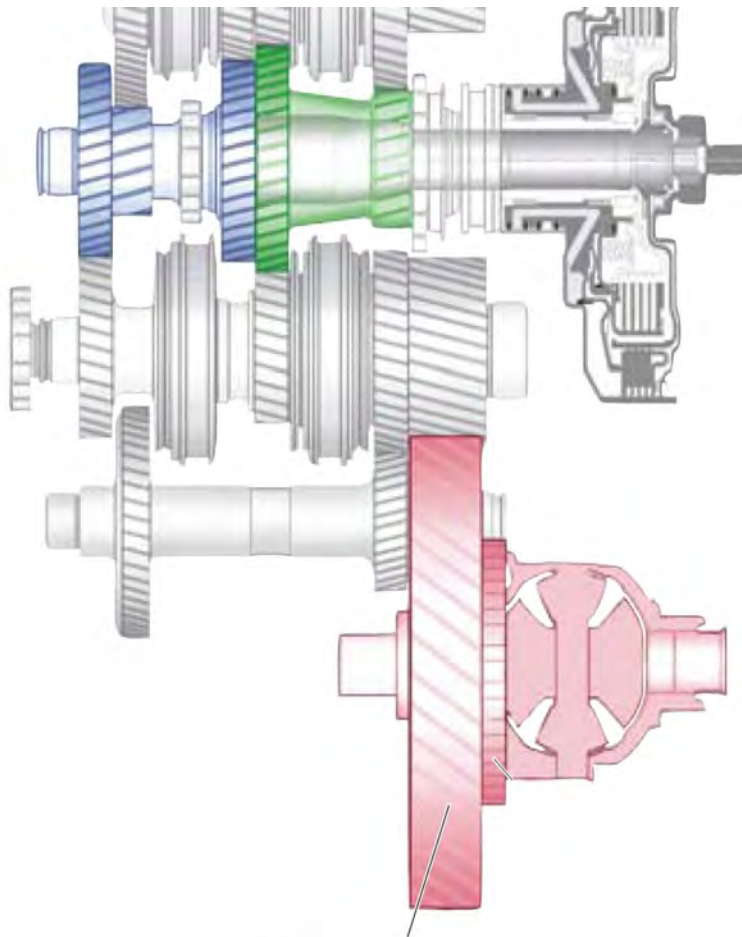
- задающий диск датчиков частоты вращения на выходе коробки передач;
- ведомые шестерни пятой и шестой передач, а также шестерня передачи заднего хода;
- ведущая шестерня главной передачи.

Оба вторичных вала передают крутящий момент на дифференциал через принадлежащие им ведущие шестерни главной передачи.

Вал заднего хода. Вал заднего хода обеспечивает изменение направления вращения вторичного вала 2 и вместе с ним ведущей шестерни главной передачи.

Одна из шестерен этого вала находится в зацеплении с установленной на первичном валу 1 шестерней первой передачи и заднего хода, а другая его шестерня находится в зацеплении с шестерней заднего хода, соединяемой с вторичным валом 2.

Дифференциал. Оба вторичных вала передают крутящий момент на соединенную с дифференциалом ведомую шестерню главной передачи. С дифференциала крутящий момент передается на шарнирные валы приводов колес (рисунок 2.8).



**Ведомая шестерня
главной передачи**

Рисунок 2.8 – Дифференциал привода
передних колес

Синхронизаторы.

Включение какой-либо передачи производится в результате соединения скользящей муфты синхронизатора с зубчатым венцом включаемой шестерни (рисунок 2.9). Функция синхронизатора заключается в выравнивании частот вращения скользящей муфты и включаемой шестерни. Основная работа выполняется при этом латунными кольцами синхронизатора с молибденовым покрытием.

Первая, вторая и третья передачи включаются посредством трехколесных синхронизаторов. Эти синхронизаторы имеют существенно большие поверхности трения, чем синхронизаторы с одним блокирующим кольцом. Эффективность синхронизатора повышается с увеличением поверхностей, через которые отводится тепло.

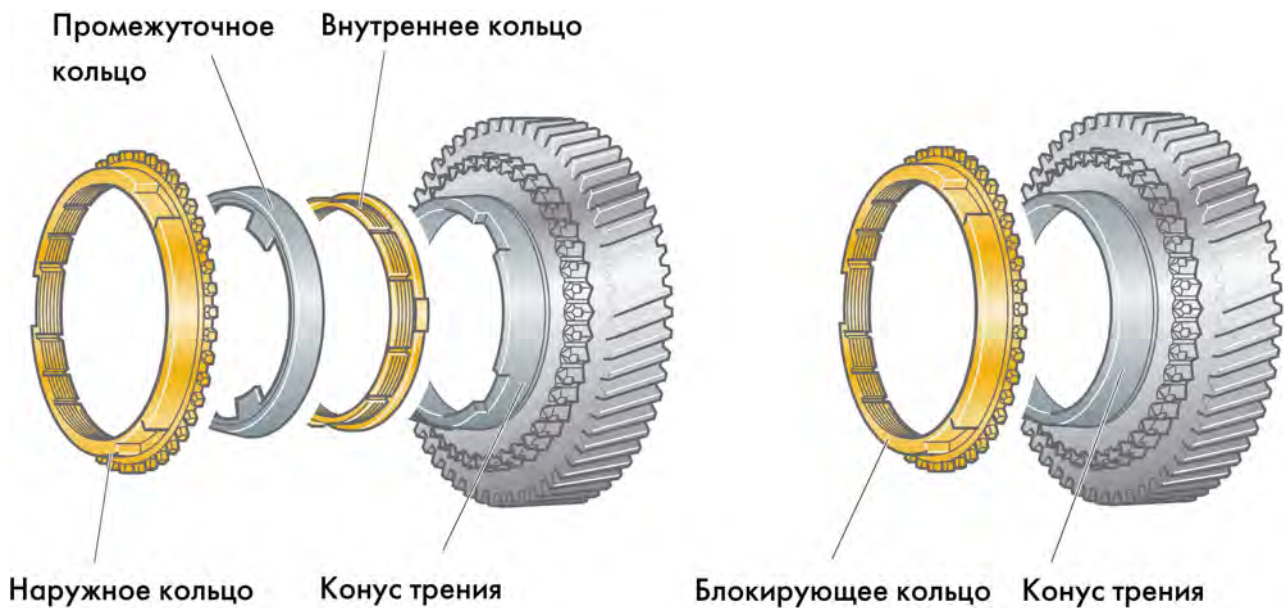


Рисунок 2.9 – Трехколесный и двухколесный синхронизатор

В состав трехколесного синхронизатора входят: наружное блокирующее кольцо; промежуточное кольцо; внутреннее блокирующее кольцо и конус трения на включаемой шестерне.

В результате ускоряется синхронизация при включении низших передач, для которых характерны относительно большие перепады в частотах вращения. При этом также снижаются усилия, необходимые для включения передач.

Четвертая, пятая и шестая передачи включаются посредством одноколесных синхронизаторов, так как перепады частот вращения при переключении этих передач относительно невелики. Выравнивание частот вращения при этом происходит достаточно быстро. Поэтому усложнение конструкции синхронизаторов в данном случае не оправдано.

Передача заднего хода включается посредством двухколесного синхронизатора.

2.2 Принцип работы коробки

Потоки мощности на различных передачах. Подвод крутящего момента к коробке передач осуществляется выборочно через наружную муфту сцепления К1 или через внутреннюю муфту сцепления К2. Каждая из этих муфт связана со своим первичным валом. Через муфту К1 осуществляется привод первичного вала 1, а через муфту К2 приводится первичный вал 2. Первичный вал 1 проходит внутри полого первичного вала 2.

Передача мощности в направлении к дифференциалу производится различными путями, а именно:

- через вторичный вал 1, если включена первая, вторая, третья или четвертая передача;
- через вторичный вал 2, если включена пятая или шестая передача, или же передача заднего хода (рисунки 2.6, 2.10 и 2.11).

Процесс переключения передач. Исходное состояние. Двигатель работает на оборотах холостого хода, положение селектора «Р» или «N».

Водитель намерен поехать вперед и произвести разгон автомобиля: он переводит селектор в положение «D» или «S» и нажимает на педаль акселератора.

Ситуация 1. При положении селектора «Р» или «N» в коробке передач ещё не произошло распознавание намерения водителя: должно ли осуществляться движение вперед или назад. Будет включена передача «R» или «D»?

Так как передача заднего хода и 1-я передача соответствуют делительному механизму 1, выбор одновременно обеих передач невозможен.

С целью сокращения времени реагирования при трогании с места при положении селектора «Р» или «N» в делительном механизме 1 предварительно выбирается передача заднего хода, а в делительном механизме 2 – вторая передача. При переведении селектора в положение «D» или «S» сначала включается сцепление К2 и происходит передача крутящего момента через 2-ю передачу.

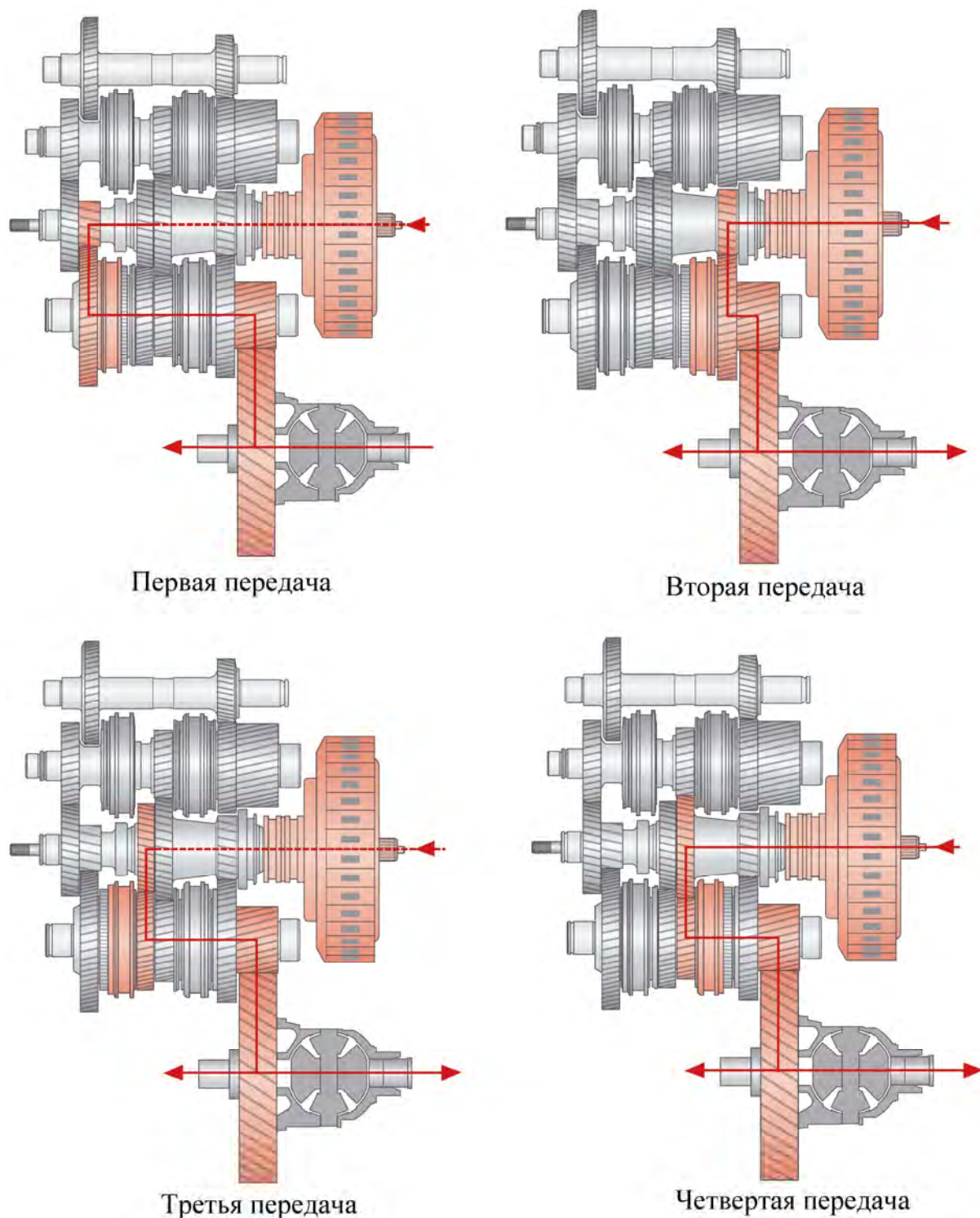


Рисунок 2.10 – Поток мощности на 1-4 передачах

Ситуация 2. В делительном механизме 1 (теперь «свободном») происходит одновременное переключение с передачи заднего хода на 1-ю передачу и включение сцепления К1. Сцепление К1 полностью перенимает передачу крутящего момента, диски сцепления К2 полностью размыкаются. Как правило, времени реакции КП достаточно для того, чтобы осуществить переключение с передачи заднего хода на 1-ю передачу до того, как водитель нажмёт на педаль акселератора, и автомобиль начинает движение на 1-й передаче. В режиме

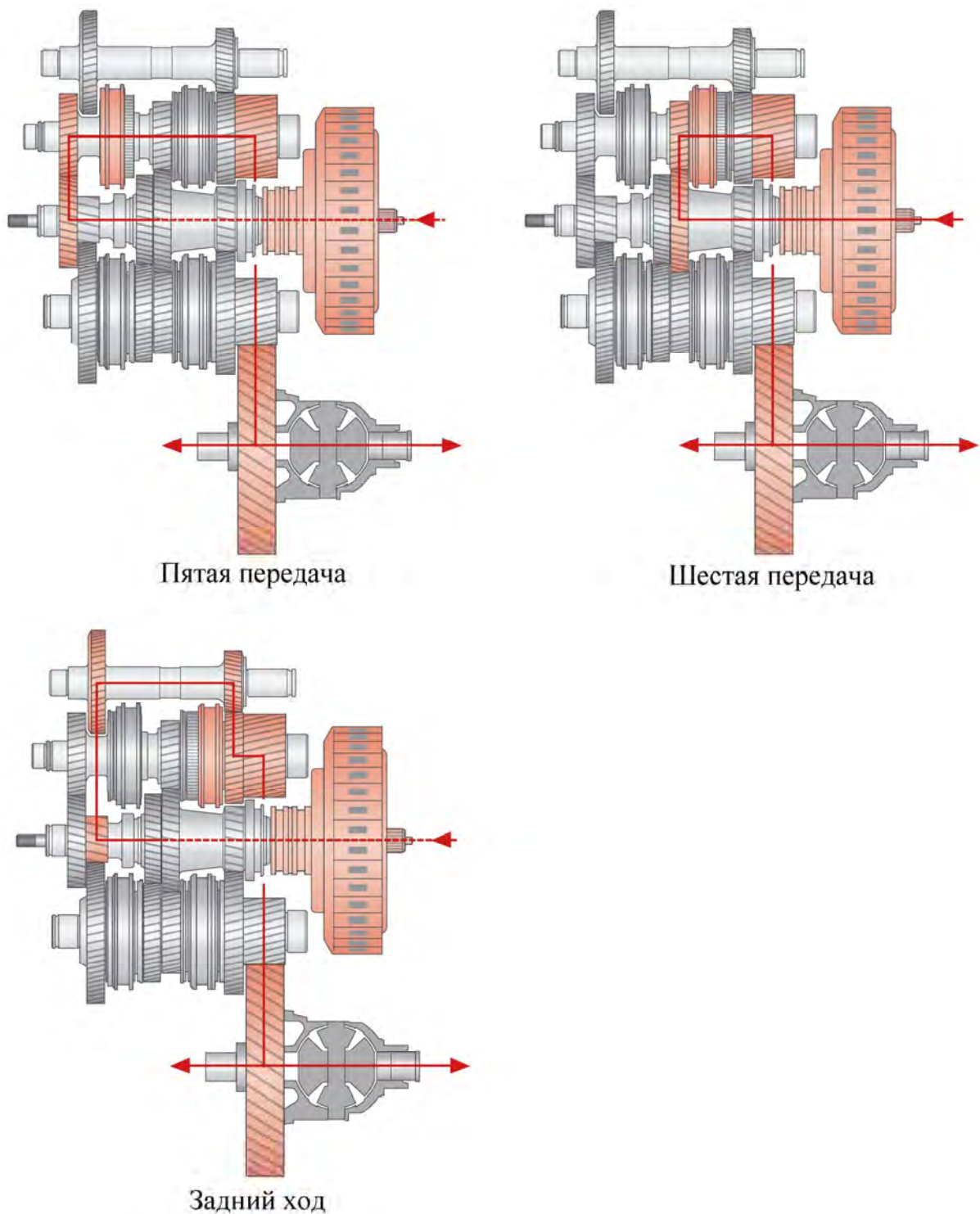


Рисунок 2.11 – Поток мощности на 5-6 передачах и задний ход

движения, в котором водитель перемещает селектор из положения «N» в положение «D» и одновременно нажимает на педаль акселератора, времени реакции КП недостаточно, поэтому автомобиль начинает движение на 2-й передаче и продолжает движение до тех пор, пока не завершится процесс переключения в делительном механизме 1.



Рисунок 2.12 – Перекрытие/прием момента двигателя

Ситуация 3.

При достижении точки переключения с 1-й на 2-ю передачу за счёт перекрёстного включения сцеплений K1 и K2 включается 2-я передача (рисунок 2.12). Это означает, что диски сцепления K1 размыкаются, одновременно замыкаются диски сцепления K2 и начинают пере-

давать крутящий момент двигателя. Поэтому разрыва потока мощности практически нет. Для повышения комфорта переключения передач и для защиты сцепления в процессе перекрёстного переключения происходит снижение крутящего момента двигателя. По окончании процесса переключения с 1-й на 2-ю передачу в делительном механизме 1 включается 3-я передача (предварительный выбор). При последующих переключениях со 2-й на 3-ю, с 3-й на 4-ю, с 4-й на 5-ю и с 5-й на 6-ю передачу, а также при переключении на понижающую передачу вышеописанный процесс повторяется. При положении селектора «S» и в режиме tiptronic при переключении на понижающую передачу происходит увеличение крутящего момента двигателя в момент переключения. Это способствует сокращению времени переключения (быстрее достигается синхронизирующая частота вращения) и повышению комфорта при переключении передач.

Гидравлический контур системы управления. Все функции коробки передач выполняются в результате работы ее компонентов, включенных в общий контур циркуляции масла.

Масло должно обеспечивать:

- смазку и охлаждение муфт сцепления, шестерен, валов, подшипников и синхронизаторов;
- работу муфт сцепления и гидроцилиндров переключения передач.

В контур циркуляции масла включен охладитель, подключенный к системе охлаждения двигателя. Он предотвращает нагрев масла до температур выше 135 °С.

Масляный насос. Гидравлическая система коробки передач обслуживается масляным насосом с внутренним зацеплением шестерен.

Масляный насос обеспечивает работу многодисковых муфт сцепления, охлаждение этих муфт, работу гидроцилиндров переключения передач и смазку зубчатых передач.

Привод масляного насоса производится через вал, вращающийся с частотой вращения коленчатого вала. Этот вал проходит внутри полого первичного

вала 1, который в свою очередь расположен в полом первичном валу 2 (рисунок 2.6).

Функции гидравлического контура системы управления. Насос засасывает масло из маслосборника через фильтр и подает его под давлением к золотнику регулятора линейного давления (рисунок 2.13). Этот золотник управляется посредством клапана 3 регулятора линейного давления, от его перемещения зависит давление в главной магистрали коробки передач. От золотника регулятора линейного давления ответвляется канал, через который часть масла возвращается на сторону всасывания насоса.

Другой канал от золотника разветвляется на два канала. Через один из этих каналов масло направляется в охладитель и далее в маслосборник через находящийся под давлением главный фильтр.

Другой канал служит для подвода масла к золотнику, регулирующему охлаждение муфт сцепления. Масло под регулируемым посредством клапана 3 линейным давлением подается в гидроцилиндры привода многодисковых муфт сцепления и скользящих муфт синхронизаторов.

Охладитель масла подключен к системе охлаждения двигателя. Находящийся под давлением главный масляный фильтр установлен на картере коробки передач снаружи.

Редукционный клапан ограничивает давление масла в главной магистрали, не допуская его выше 32 бар.

Смазка зубчатых передач производится маслом, которое вытекает из распределительных трубок.

Клапан управления мультиплексором. Этот клапан управляет мультиплексором, который делает возможным управление восемью гидроцилиндрами переключения передач посредством только четырех электромагнитных клапанов. Мультиплексор перемещается в исходное положение под действием возвратной пружины. При исходном положении мультиплексора могут быть включены первая, третья и шестая передачи, а также передача заднего хода.

При подаче напряжения на обмотку клапан открывается, в результате чего масло под давлением поступает к мультиплексору и перемещает его в рабочее положение, преодолевая усилие возвратной пружины. После этого могут быть включены вторая, четвертая и пятая передачи, а также установлена нейтраль.

Система охлаждения муфт сцепления. Трение между дисками муфт приводит к повышению их температуры. Предотвратить их перегрев можно, только применив принудительное охлаждение. В гидравлической системе коробки передач предусмотрен специальный контур циркуляции масла для охлаждения муфт сцепления.

Процесс переключения передач. Переключение передач производится посредством вилок и синхронизаторов такого же типа, как у обычных механических коробок передач. Каждая из вилок используется для включения двух передач.

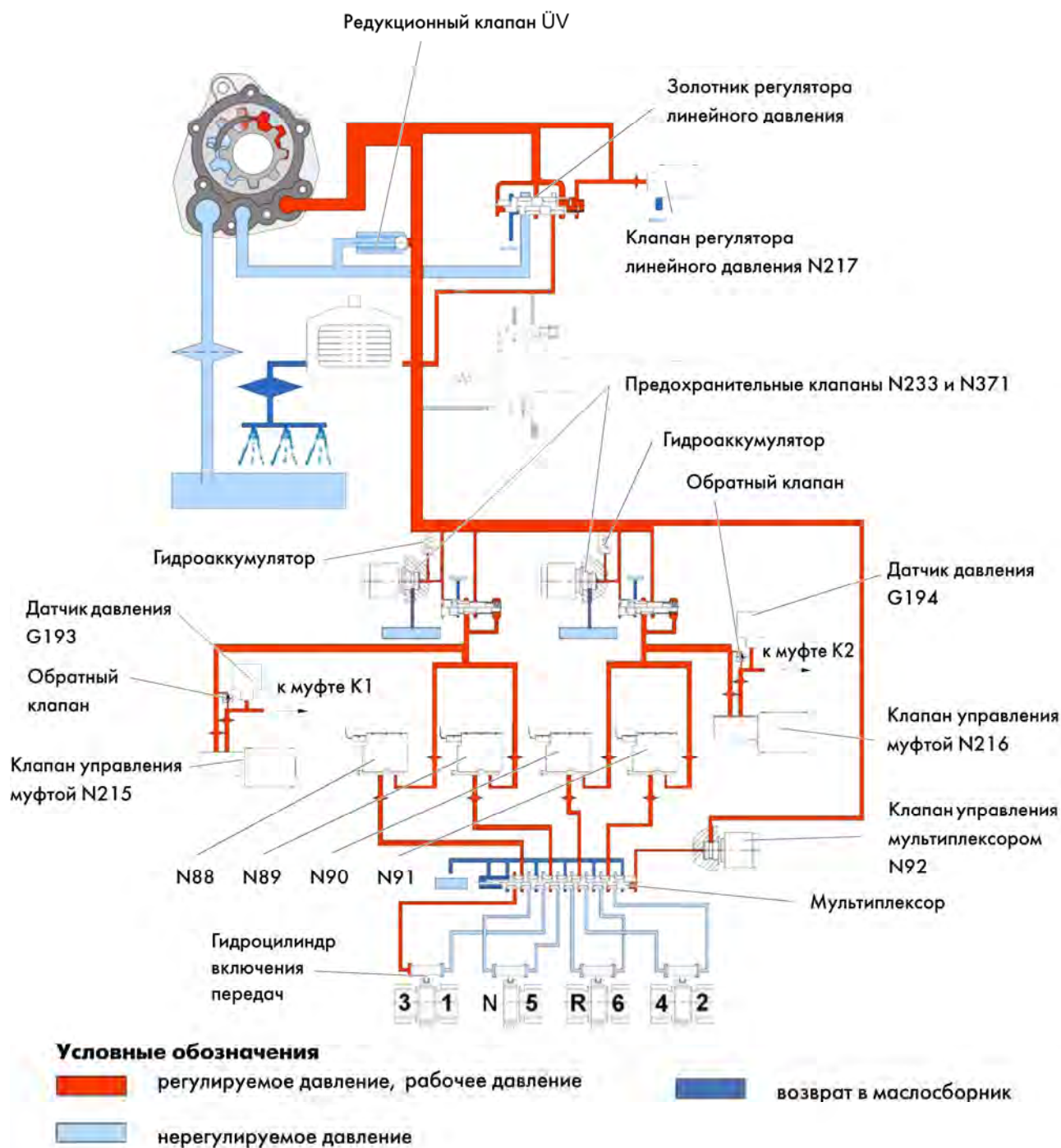


Рисунок 2. 13 – Схема гидравлических компонентов системы управления

Однако в коробке передач DSG используется гидравлический привод вилок включения передач, а не привод посредством тяг и рычагов, применяемый обычно у механических коробок передач (рисунок 2.14). Штоки вилок включения передач перемещаются в гидроцилиндрах на шариках.

Процесс включения передачи начинается с команды системы Mechatronik на подачу масла, например, в левый гидроцилиндр привода вилки. Так как давление масла в правом гидроцилиндре отсутствует, шток вместе с вилок перемещается вправо, увлекая за собой скользящую муфту синхронизатора. В результате производится включение передачи. После включения передачи находящийся под давлением гидроцилиндр переключается на слив. Муфта

синхронизатора удерживается после этого за счет скосов на зубьях венца включенной шестерни и фиксатора, действующего на шток вилки. В исходном нейтральном положении вилка удерживается фиксатором, установленном в картере коробки передач.

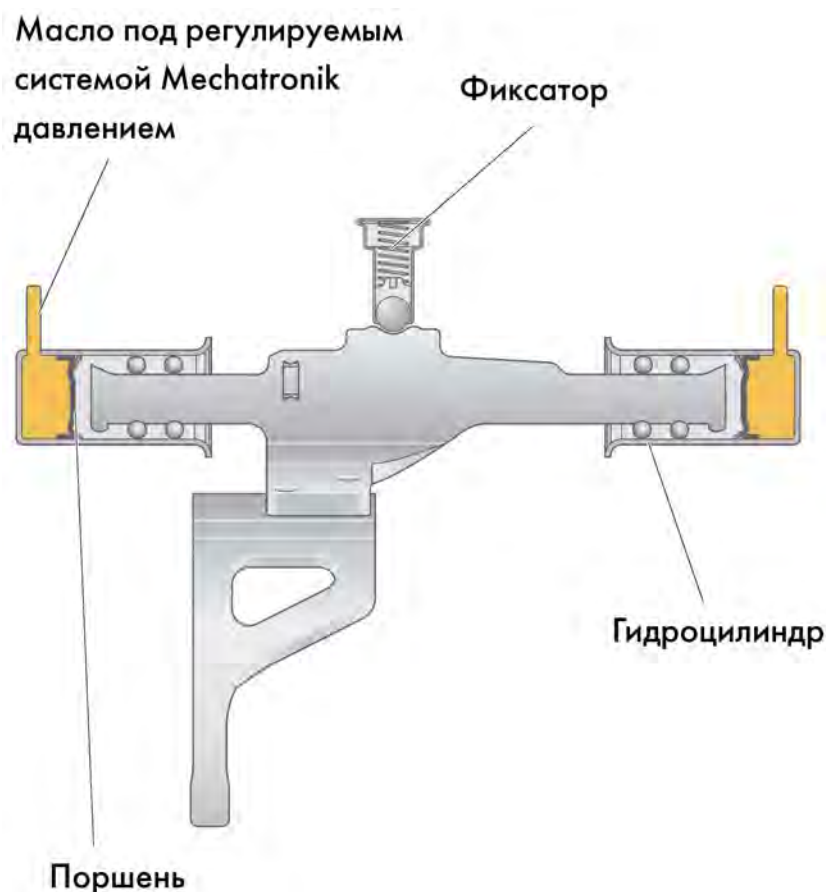


Рисунок 2.14 – Механизм переключения передач

Каждая вилка оснащена постоянным магнитом. Этот магнит является задающим элементом датчика перемещения, по сигналу которого система Mechatronik определяет точное положение вилок включения передач.

2.3 Системы управления коробкой передач

Система управления имеет несколько датчиков. Действие датчиков частоты вращения основано на эффекте Холла, на этом же принципе основаны датчики положения.

Датчик частоты вращения на входе коробки передач. Датчик частоты вращения на входе коробки передач установлен на ее картере. Он взаимодействует с задающими элементами на корпусе блока муфт сцепления. Частота вращения на входе в коробку передач в принципе не может отличаться от частоты вращения коленчатого вала. В корпус датчика встроен также датчик температуры. Сигнал датчика частоты вращения на входе коробки передач используется вместе с сигналами датчиков и для определения проскальзывания муфт

сцепления. Получая эти сигналы, блок управления может достаточно точно регулировать процессы замыкания или размыкания муфт сцепления.

Датчики частоты вращения первичных валов 1 и 2 (G501 и G502).

Эти датчики установлены на модуле управления Mechatronik (рисунок 2.15). Датчик 1 служит для измерения частоты вращения первичного вала 1. Датчик 2 служит для измерения частоты вращения первичного вала 2. Каждый из этих датчиков вырабатывает сигнал частоты вращения в результате взаимодействия с задающим диском на соответствующем валу коробки передач.

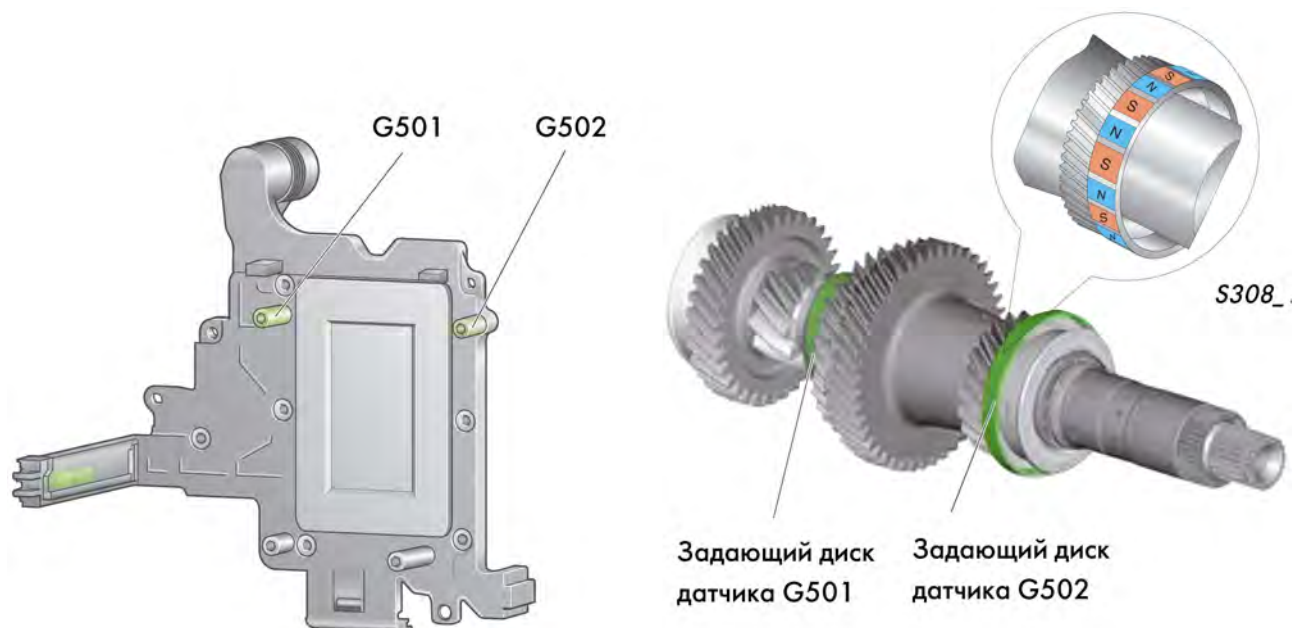


Рисунок 2.15 – Датчики частоты вращения первичных валов

Датчики частоты вращения на выходе коробки передач. Оба датчика являются несъемными деталями блока управления, встроенного в модуль управления Mechatronik. Датчики размещены в общем корпусе на некотором расстоянии друг от друга в направлении окружности задающего диска.

Благодаря этому они вырабатывают одинаковые, но смещенные по времени сигналы. Если сигнал первого датчика достигает, например, верхнего уровня (high), сигнал второго датчика находится на нижнем уровне (low). По сигналам датчиков блок управления может определить не только скорость автомобиля, но и направление его движения. Направление движения определяется по смещенным сигналам датчиков. При изменении направления движения автомобиля сигналы датчика поступают в блок управления в обратной последовательности.

Датчики давления масла 1 и 2 (G193 и G194). Оба датчика находятся в электрогидравлической части модуля управления Mechatronik. Датчик 1 подвергается давлению масла, под действием которого сжимаются диски муфты сцепления K1. На датчик 2 действует то же давление масла, что и на диски муфты сцепления K2. По сигналам этих датчиков входящий в модуль управления Mechatronik электронный блок определяет давление масла, действующее на диски той или иной муфты сцепления. Точные данные о величинах этих давле-

ний необходимы для осуществления регулирования процессов замыкания и размыкания муфт сцепления.

Принцип действия датчика давления. Чувствительный элемент датчика давления образован двумя параллельно расположенными пластинами из токопроводящего материала. Верхняя пластина закреплена на керамической мембране, которая прогибается в соответствии с действующим на нее давлением. Другая пластина образует неразъемное соединение с керамической подложкой. На изменения давления она не реагирует.

Датчик температуры масла на выходе из муфт сцепления. Он служит для измерения температуры масла, выходящего из корпуса муфт сцепления. Ввиду интенсивного выделения тепла в муфтах температура покидающего их масла выше, чем в других частях коробки передач. Конструкция датчика обеспечивает очень быстрое и точное измерение температуры масла. По сигналу датчика температуры блок управления регулирует подачу охлаждающего масла в муфты сцепления и инициирует другие мероприятия по защите коробки передач.

Датчики положения вилок переключения передач 1-4. Все датчики положения входят в состав модуля управления Mechatronik. Они взаимодействуют с установленными на штоках вилок магнитами, генерируя сигналы, по которым блок управления определяет положение вилок.

Каждый из датчиков служит для определения положения одной вилки, используемой для выборочного включения двух передач, а именно:

- по сигналам датчика 1 определяются передачи 1 и 3,
- по сигналам датчика 2 определяются передачи 2 и 4,
- по сигналам датчика 3 определяются передача 6 и передача заднего хода,
- по сигналам датчика 4 определяются передача 5 и нейтраль.

Точное определение положения вилки необходимо для своевременной подачи масла в гидроцилиндры ее привода в процессе переключения передач.

Блок обработки сигналов датчиков селектора. Блок обработки сигналов датчиков селектора встроен в его корпус. Этот блок служит не только для определения положения рычага селектора, но и для управления электромагнитом его блокировки. В нем предусмотрена также подсветка указателей положения селектора.

В состав блока входят датчики Холла, обеспечивающие определение положения рычага селектора и передачи, включенной посредством системы Tiptronic. Обработанные блоком сигналы положения рычага селектора и сигналы системы Tiptronic пересылаются по шине CAN на модуль управления Mechatronik и на блок управления комбинацией приборов.

2.4. Исполнительные устройства

Клапан регулятора (линейного) давления масла 3 (N217). Клапан регулятора давления 3 расположен в электрогидравлической части модуля Mechatronik (рисунок 2.16). Этот электромагнитный клапан является модулятором давления масла. Посредством него регулируется линейное давление масла в главной магистрали гидравлической части модуля управления Mechatronik. При расчете линейного давления определяющей величиной является давление масла в муфтах сцепления, которое необходимо для передачи действующего крутящего момента двигателя. Линейное давление корректируется также в зависимости от температуры двигателя и частоты вращения коленчатого вала. Блок управления постоянно вносит коррективы в значение линейного давления в соответствии с условиями работы коробки передач.

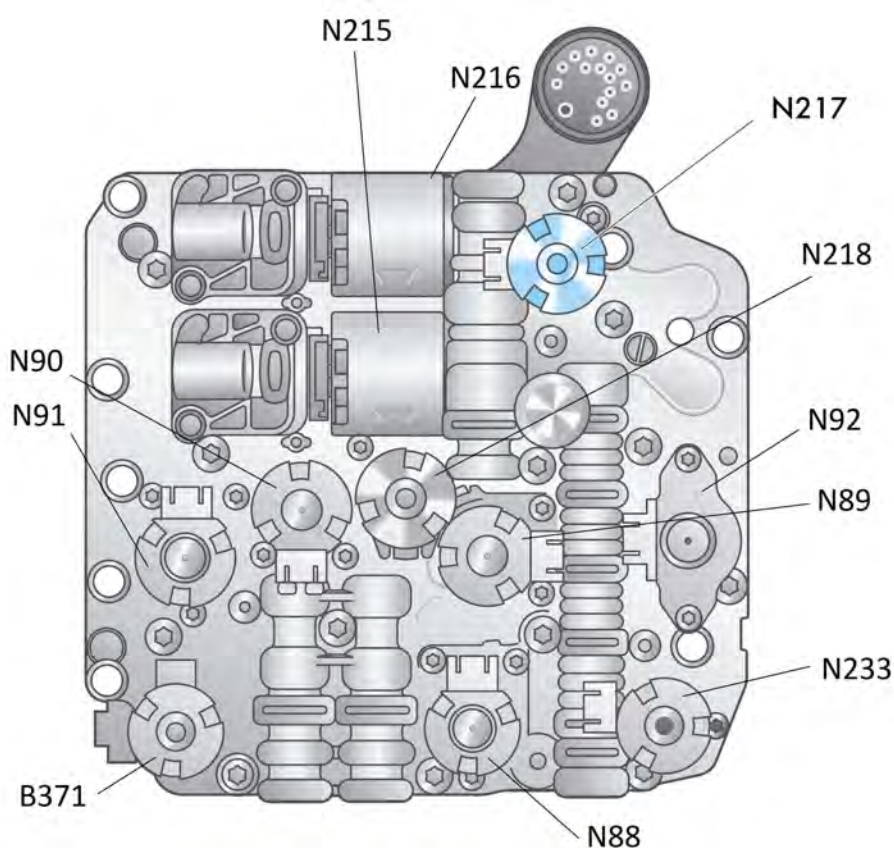


Рисунок 2.16 – Исполнительные устройства

Клапаны регуляторов давления в муфтах сцепления 1 и 2 (N215 и N216). Электромагнитные клапаны регуляторов давления 1 и 2 расположены в электрогидравлической части модуля управления Mechatronik. Посредством этих клапанов изменяется давление масла, обеспечивающего работу муфт сцепления. Клапан 1 обслуживает муфту К1, а клапан 2 – муфту К2. Величина действующего в муфте сцепления давления масла назначается блоком управления в соответствии с текущим крутящим моментом двигателя. При расчете дав-

ления масла блоком управления учитывается действующий коэффициент сцепления между дисками муфты.

Клапан регулятора давления масла 4 (N218). Электромагнитный клапан регулятора давления расположен в электрогидравлической части модуля управления Mechatronik. Посредством этого клапана изменяется давление масла, действующего на золотник подачи охлаждающего масла к муфтам сцепления. Питание клапана осуществляется от блока управления, изменяющего его в зависимости от величины сигнала датчика температуры масла на выходе из муфт сцепления.

Электромагнитные клапаны переключения передач 1 (N88), 2 (N89), 3 (N90) и 4 (N91). Эти четыре клапана расположены в электрогидравлической части модуля управления Mechatronik. Это двухпозиционные клапаны типа «Да/Нет». Посредством них масло под давлением направляется через мультиплексор к гидроцилиндрам вилок переключения передач. При отсутствии питания они находятся в закрытом состоянии и не пропускают масло к гидроцилиндрам. Посредством клапана 1 включаются первая и пятая передачи. Посредством клапана 2 включаются третья передача и нейтраль. Посредством клапана 3 включаются вторая и шестая передачи. Посредством клапана 4 включаются четвертая передача и задний ход.

Электромагнитный клапан 5 управления мультиплексором (N92). Электромагнитный клапан 5 управления мультиплексором (N92) расположен в электрогидравлической части модуля управления Mechatronik. Посредством него подается масло, вызывающее перемещение мультиплексора. При подаче питания на клапан могут быть включены вторая, четвертая и шестая передачи. При обесточенном клапане могут быть включены первая, третья и пятая передачи, а также передача заднего хода.

Предохранительные клапаны 5 (N233) и 6 (N371). Предохранительные клапаны 1 и 2 расположены в гидравлической части модуля управления Mechatronik. Посредством этих клапанов регулируется давление масла, действующее на предохранительные золотники, расположенные в модуле управления Mechatronik. Предохранительные золотники служат для аварийного отключения того или иного ряда передач сбросом давления в соответствующей магистрали. Клапан 5 обслуживает предохранительный золотник первого ряда передач. Клапан 6 обслуживает предохранительный золотник второго ряда передач.

При выходе из строя того или иного устройства системы управления коробкой передач предусмотрены соответствующие режимы аварийной работы, что позволяет продолжить движение при ограниченных возможностях.

Коробка передач применяется также на полноприводных автомобилях, для этого она имеет угловой редуктор (рисунок 2.17). В угловом редукторе межосевой дифференциал отсутствует, поэтому управление приводим задних колес, осуществляется с помощью муфты Haldex.

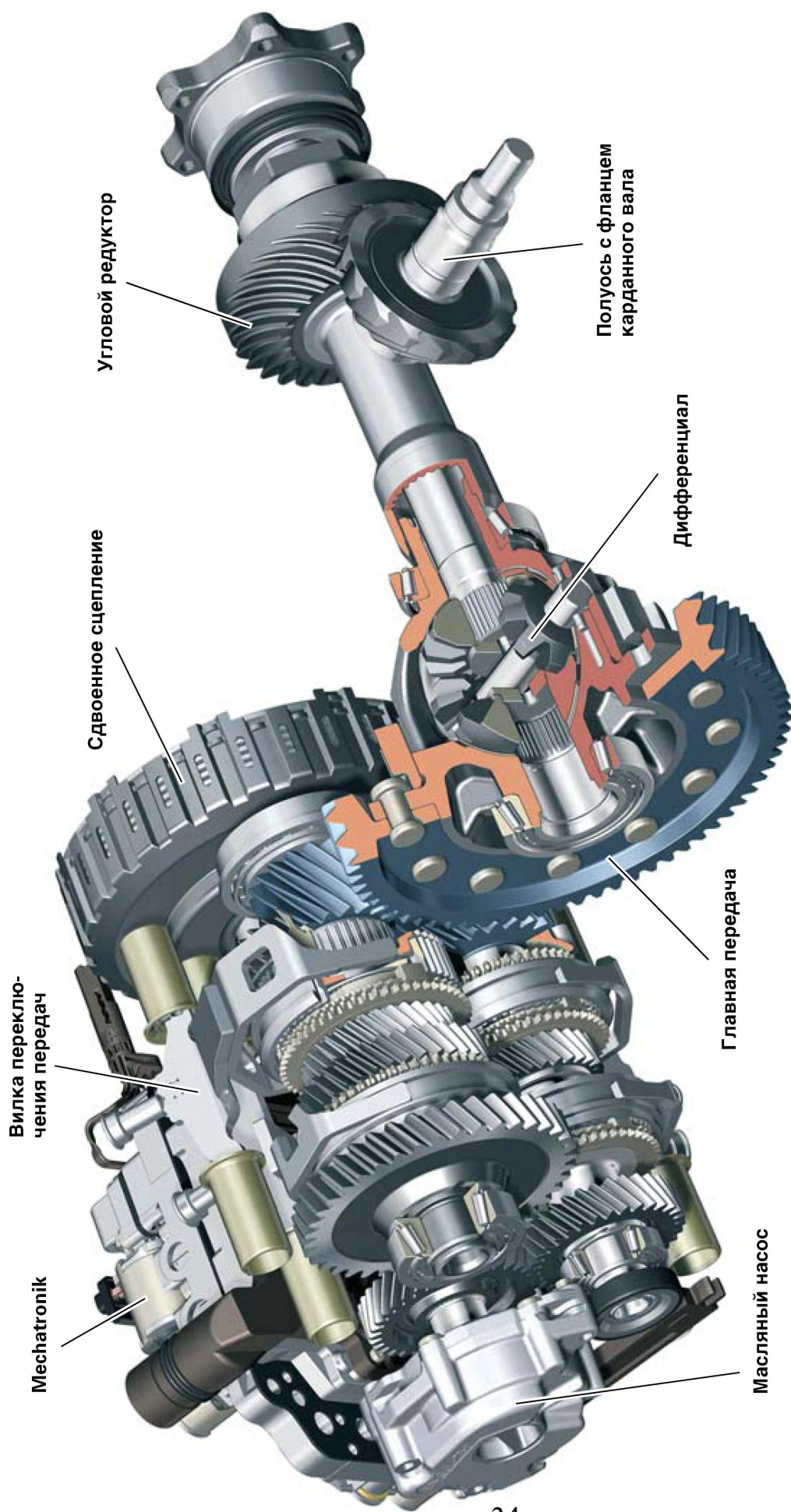


Рисунок 2.17 – Коробка передач с главной передачей и угловым редуктором полноприводного автомобиля

3 СЕМИСТУПЕНЧАТАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ СО СДВОЕННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ 0AM

Семиступенчатая коробка передач со сдвоенным сцеплением 0AM разработана на базе коробки передач с непосредственным переключением передач 02E. Она предназначена для двигателей с крутящим моментом до 250 Нм.

Эта коробки передач имеет сдвоенное сухое сцепление (рисунок 3.1). Являясь важной конструктивной особенностью, сдвоенное сухое сцепление оказало существенное влияние на всю концепцию коробки передач. Новая концепция КП позволила существенно увеличить КПД по сравнению с коробкой передач с непосредственным переключением 02E.

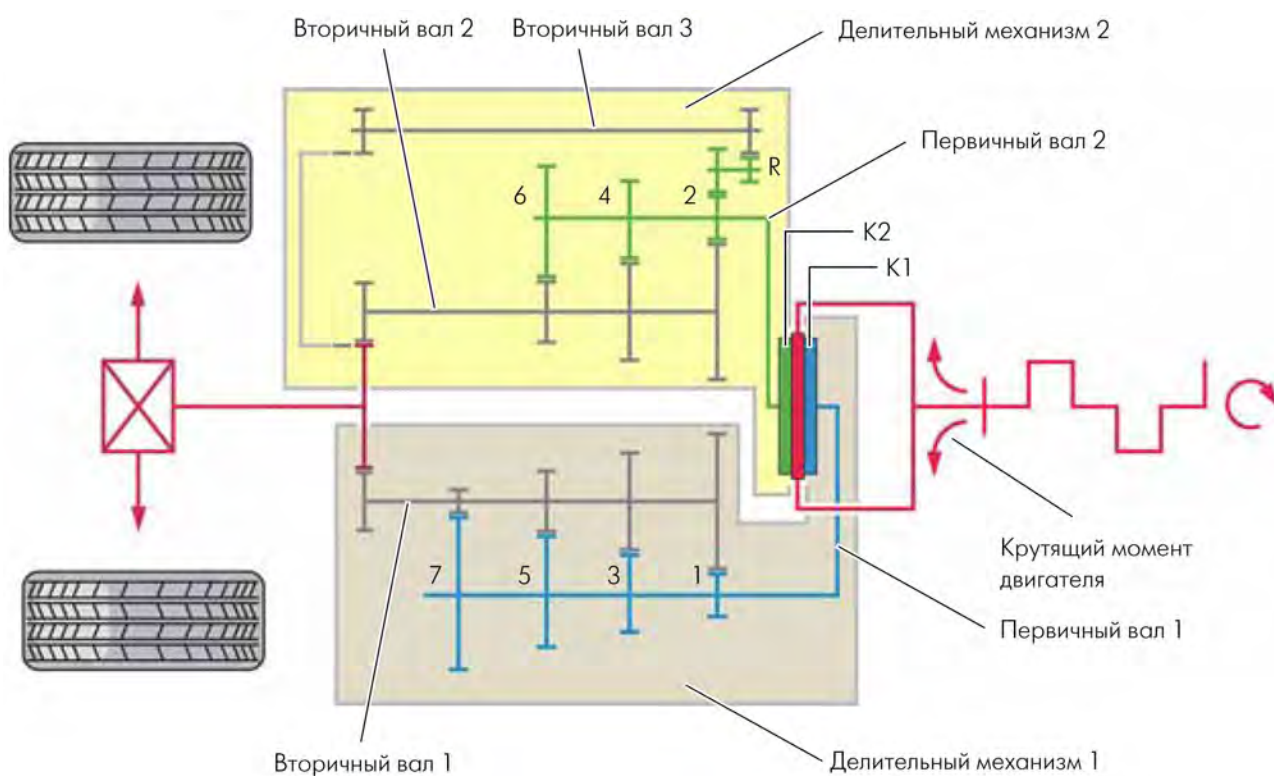


Рисунок 3.1 – Схема коробки передач

Особенности конструкции

- модульная конструкция КП: сцепление, блок Mechatronik и КП; каждый из этих компонентов выполнен в виде отдельного модуля;
- сухое сдвоенное сцепление;
- отдельные масляные контуры для блока Mechatronik и механической части КП с заправкой масла на весь срок службы;
- 7 передач на 4 валах;
- масляный насос, работающий в зависимости от расхода;
- отсутствие теплообменника масло/охлаждающая жидкость.

3.1 Конструкция коробки передач

Принцип работы

Коробка передач со сдвоенным сцеплением состоит из двух независимых друг от друга делительных механизмов (рисунок 3.2). Каждый делительный механизм функционирует как механическая КП. Каждому делительному механизму соответствует одно сцепление. Оба сцепления сухие. Блок Mechatronic регулирует, размыкает и замыкает диски обоих сцеплений в зависимости от включаемой передачи.

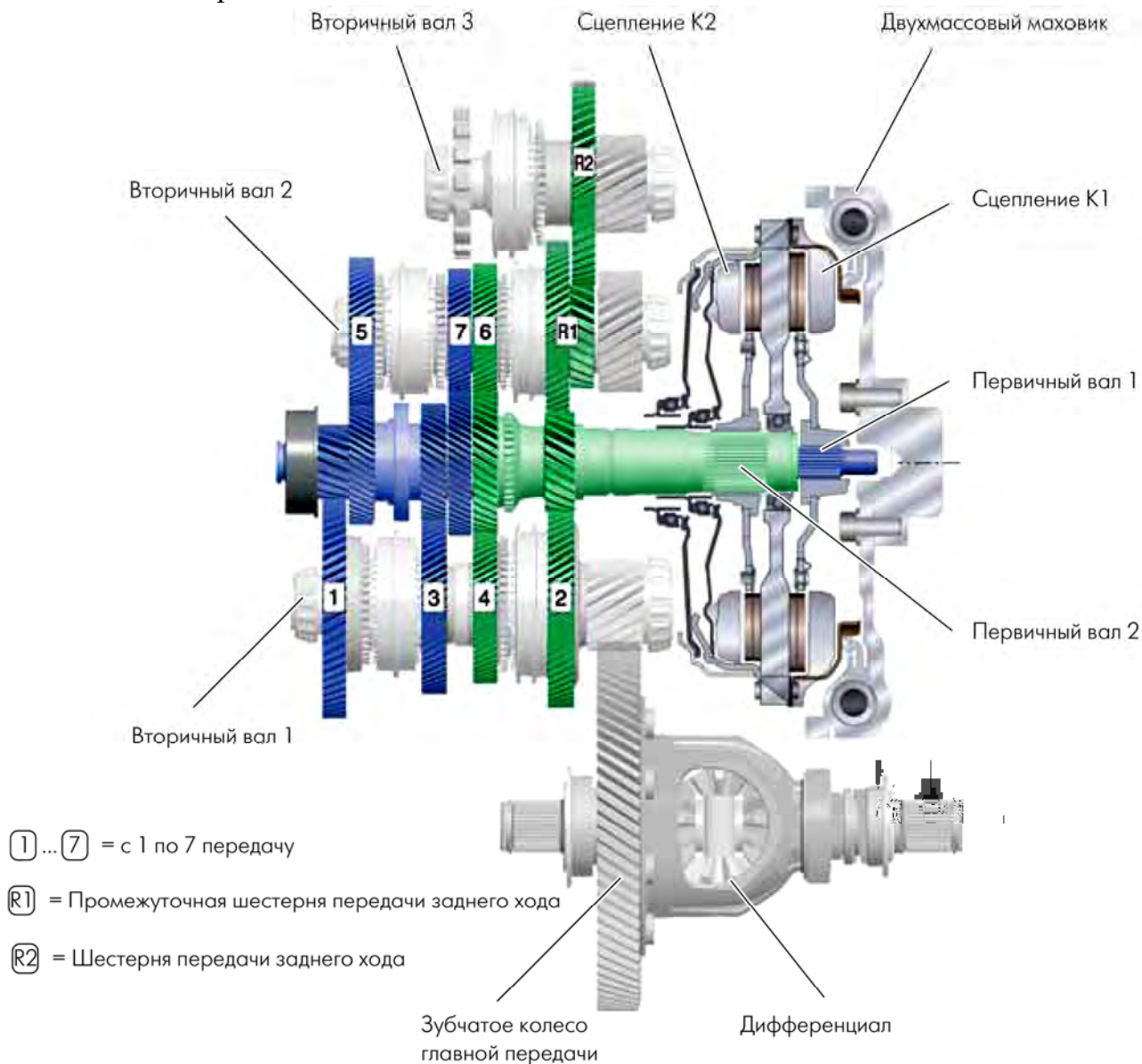


Рисунок 3.2 – Конструкция коробки передач

Через сцепление K1, соответственно через делительный механизм 1 и вторичный вал 1 производится включение 1-й, 3-й, 5-й и 7-й передач. 2-й, 4-й, 6-й передачи и передача заднего хода включаются через сцепление K2 и соответственно через делительный механизм 2 и вторичные валы 2 и 3. В один и тот же момент только один делительный механизм находится в состоянии силового

замыкания. В другом делительном механизме уже может быть включена следующая передача, поскольку сцепление этой передачи разомкнуто.

Для каждой передачи предусмотрен стандартный для механической КП механизм синхронизации и переключения передач.

Передача крутящего момента на сдвоенное сцепление осуществляется двухмассовым маховиком, который закреплён на коленчатом валу. Для этого в двухмассовом маховике предусмотрен внутренний зубчатый венец. Он входит в зацепление с наружным зубчатым венцом на несущем кольце сдвоенного сцепления. Оттуда крутящий момент передаётся в механизм сдвоенного сцепления.

Сдвоенное сцепление и передача крутящего момента

Сдвоенное сцепление расположено в картере сцепления (рисунок 3.3). Оно состоит из двух обычных сцеплений, объединённых в сдвоенное сцепление. Далее в тексте сцепления будут обозначаться как К1 и К2.

Сцепление К1 передаёт крутящий момент через шлиц на первичный вал 1. От первичного вала 1 крутящий момент для 1-й и 3-й передач передаётся на вторичный вал 1, а для 5-й и 7-й передач — на вторичный вал 2. Сцепление К2 передаёт крутящий момент через шлиц на первичный вал 2. Оттуда крутящий момент для 2-й и 4-й передач передаётся на вторичный вал 1; а для 6-й передачи и передачи заднего хода — на вторичный вал 2. Через промежуточную шестерню передачи заднего хода R1 происходит дальнейшая передача крутящего момента на шестерню передачи заднего хода R2 вторичного вала 3.

Все три вторичных вала соединены с зубчатым колесом главной передачи дифференциала.

Ведущий диск сдвоенного сцепления. Крутящий момент передаётся на ведущий диск сдвоенного сцепления через несущее кольцо. Для этого несущее кольцо и ведущий диск прочно соединены друг с другом. Ведущий диск установлен на первичном валу 2 как свободно вращающееся колесо.

Принцип действия: при задействовании одного из двух сцеплений крутящий момент передаётся от ведущего диска на соответствующий диск сцепления и далее на соответствующий первичный вал.

В сдвоенном сцеплении работают два независимых друг от друга сухих сцепления. Каждое из них передаёт крутящий момент на соответствующий делительный механизм. Существует два возможных положения сцеплений:

- при неработающем двигателе и в режиме холостого хода оба сцепления разомкнуты;
- в режиме движения замкнуты диски только одного из сцеплений.

На рисунке 3.4 изображены ведущие детали сдвоенного сцепления, кроме этого к ведущим деталям относятся нажимные диски первого и второго сцеплений.

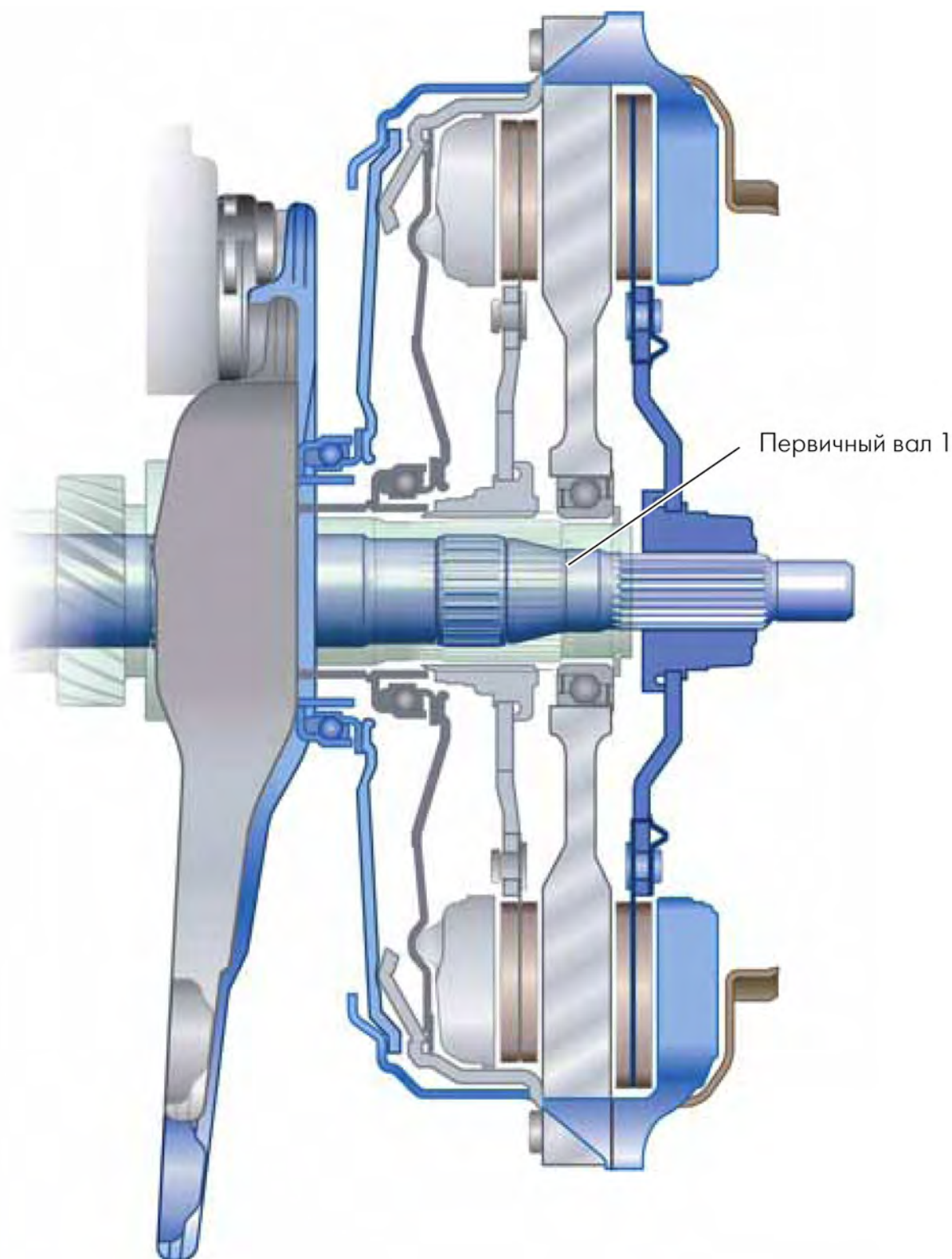


Рисунок 3.3 – Сдвоенное сцепление в разомкнутом состоянии

Сцепление К1. Сцепление К1 передаёт крутящий момент для 1-й, 3-й, 5-й и 7-й передач на первичный вал 1.

Для приведения сцепления в действие рычаг выключения сцепления прижимает выжимной подшипник к диафрагменной пружине (рисунок 3.5). Благодаря наличию нескольких точек опоры усилие прижима преобразуется в

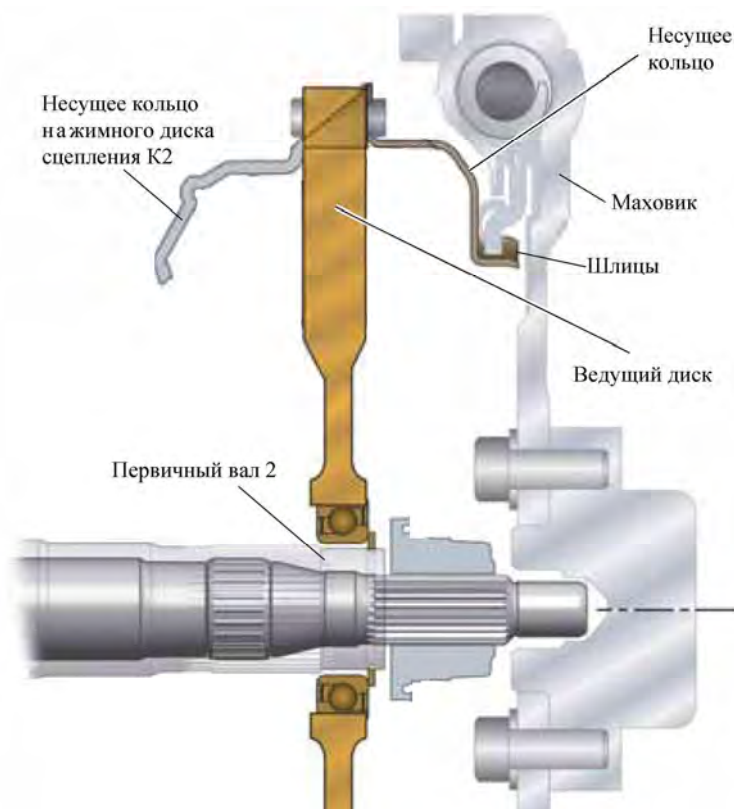


Рисунок 3.4 – Ведущий диск сдвоенного сцепления

силовое перемещение. За счет этого нажимной диск прижимается к диску сцепления и к ведущему диску. Это происходит так: пружина своей частью упирается в несущее кольцо нажимного диска К2, и поэтому пружина работает как рычаг. Центральная часть пружины под действием выжимного подшипника перемещается вправо, а периферийная часть идет влево. Она захватывает приводное кольцо нажимного диска К1, которое проходит в пазах ведущего диска. При этом пружина деформируется, а когда сцепление будет выключено, пружина вернет нажимной диск в исходное состояние, т.е. сцепление выключится. Таким образом осуществляется передача крутящего момента на первичный вал.

Рычаг выключения сцепления приводится через клапан 3, расположенный в делительном механизме 1 N215, от гидравлического исполнительного механизма привода сцепления К1.

Сцепление К2. Сцепление К2 передаёт крутящий момент на первичный вал 2 для 2-й, 4-й, 6-й передач и передачи заднего хода.

При приведении в действие рычага выключения сцепления выжимной подшипник перемещается вправо, преодолевая усилие диафрагменной пружины (рисунок 3.6). Поскольку диафрагменная пружина опирается на корпус сцепления, нажимной диск прижимается к ведущему диску и обеспечивает передачу крутящего момента на первичный вал 2.

Рычаг выключения сцепления приводится через клапан 3 в делительном механизме 2 N216 от гидравлического исполнительного механизма привода сцепления К2.

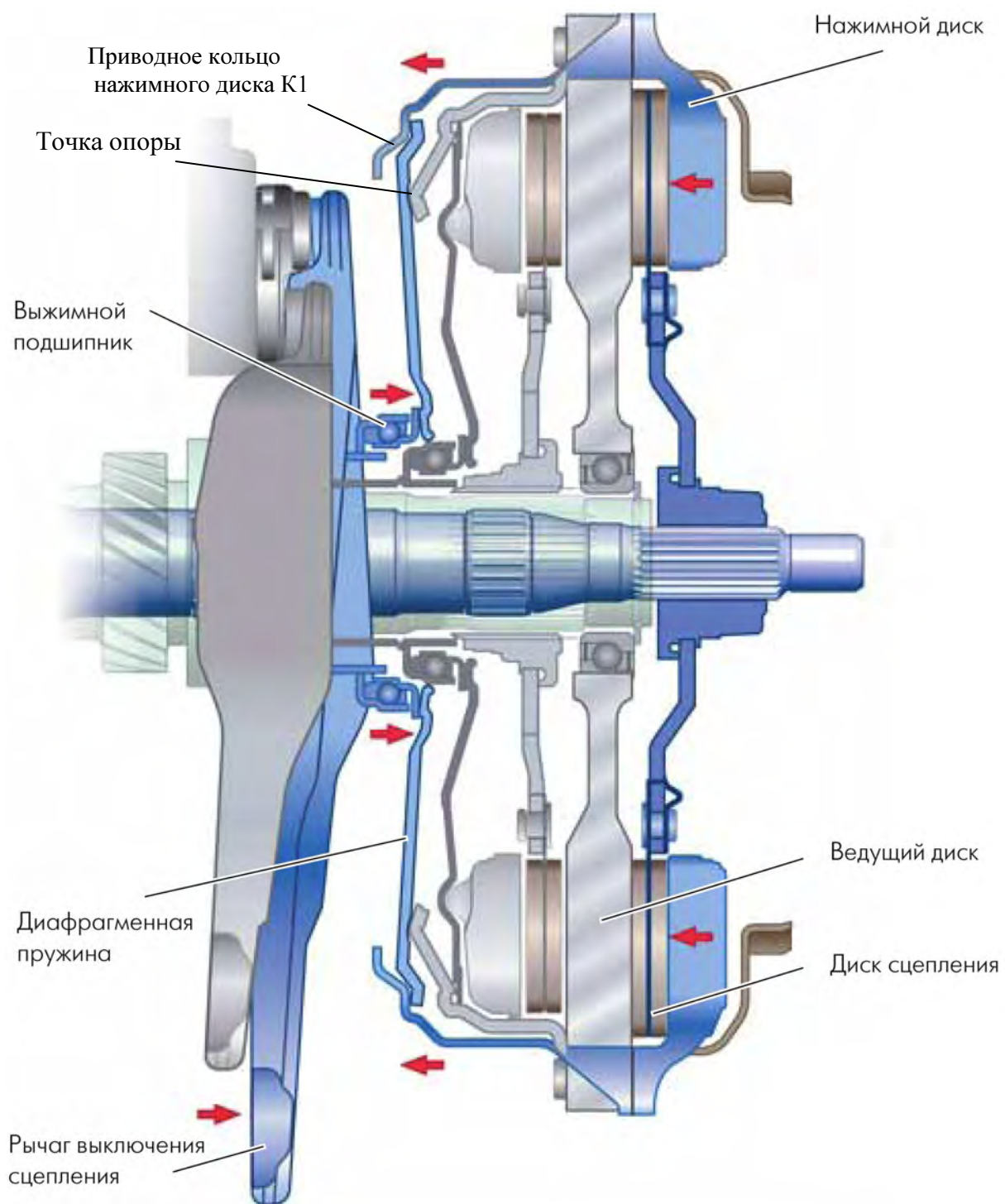


Рисунок 3.5 – Включение сцепления К1

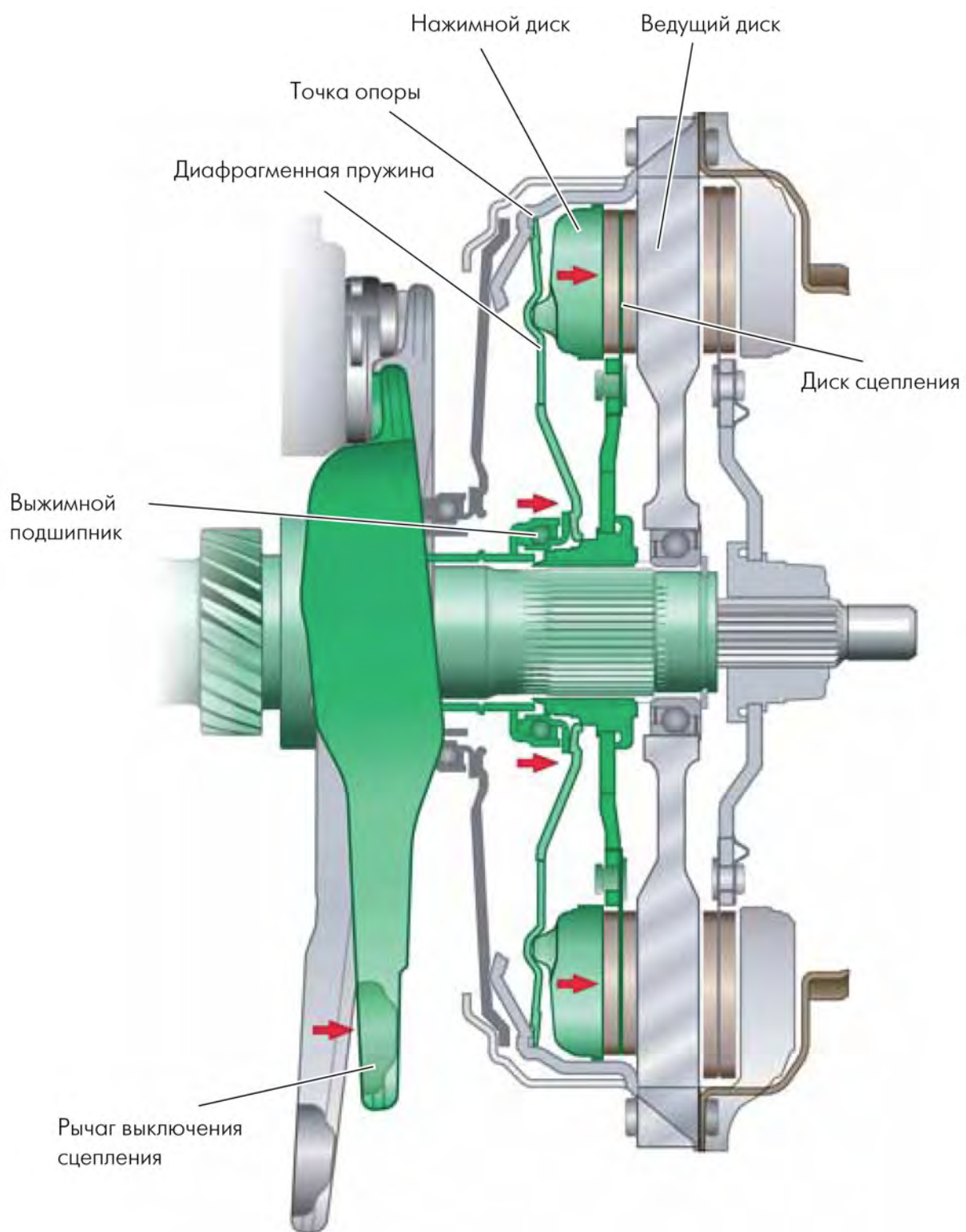


Рисунок 3.6 – Включение сцепления K2

Конструкция первичных валов

Первичные валы расположены в корпусе КП. Каждый первичный вал соединён со сцеплением при помощи шлицев. Эти шлицы передают крутящий момент на вторичные валы в соответствии с выбранной передачей. Расположение всех валов коробки передач аналогично коробке, изображенной на рисунке 2.5.

Первичный вал 2 полый (рисунок 3.7). Первичный вал 1 расположен внутри первичного вала 2.

На каждом валу имеется шарикоподшипник, на который опираются первичные валы в корпусе КП. Таким образом, валы как бы опираются друг на друга. Для этого еще используются два игольчатых подшипника, которые расположены внутри первичного вала 2.

Первичный вал 2. Первичный вал 2 представляет собой полый вал. Он соединён со сцеплением К2 при помощи шлицев. Первичный вал 2 обеспечивает включение 2-й, 4-й, 6-й передач и передачи заднего хода. Шестерни изготовлены за одно целое с валом. Для измерения частоты вращения первичного вала КП на этом валу предусмотрен зубчатый ротор для датчика частоты вращения первичного вала КП G612.

Первичный вал 1. Первичный вал 1 соединён со сцеплением К1 при помощи шлицев. Оно обеспечивает включение 1-й, 3-й, 5-й и 7-й передач. Шестерни изготовлены за одно целое с валом. Для измерения частоты вращения первичного вала КП на этом валу предусмотрен зубчатый ротор для датчика частоты вращения первичного вала КП G632.

Вторичные валы. В корпусе КП расположено 3 вторичных вала.

В зависимости от выбранной передачи крутящий момент двигателя передаётся от первичных валов на вторичные валы. На каждом вторичном валу предусмотрено ведомое зубчатое колесо, при помощи которого осуществляется передача крутящего момента на зубчатое колесо главной передачи дифференциала.

Вторичный вал 1. На вторичном валу 1 расположены шестерни каретки 1-й, 2-й и 3-й передач; все три передачи имеют тройную синхронизацию; шестерня каретки 4-й передачи; 4-я передача имеет двойную синхронизацию (рисунок 3.8). Шестерня привода промежуточного вала изготовлена за одно целое с валом. Остальные шестерни установлены на валу свободно, на игольчатых подшипниках. Вал от осевого смещения удерживают конические подшипники, регулировка которых осуществляется кольцом. Вал относительно подшипников зафиксирован болтом.

Вторичный вал 2. На вторичном валу 2 расположены шестерни каретки для 5-й, 6-й и 7-й передач с двойной синхронизацией; промежуточные шестерни передач заднего хода 1 и 2 (рисунок 3.9). Шестерни 5-й, 6-й, 7-й и шестерни передач заднего хода установлены на валу свободно, на игольчатых подшипниках. Фиксация вала и регулировка подшипников осуществляется аналогично.

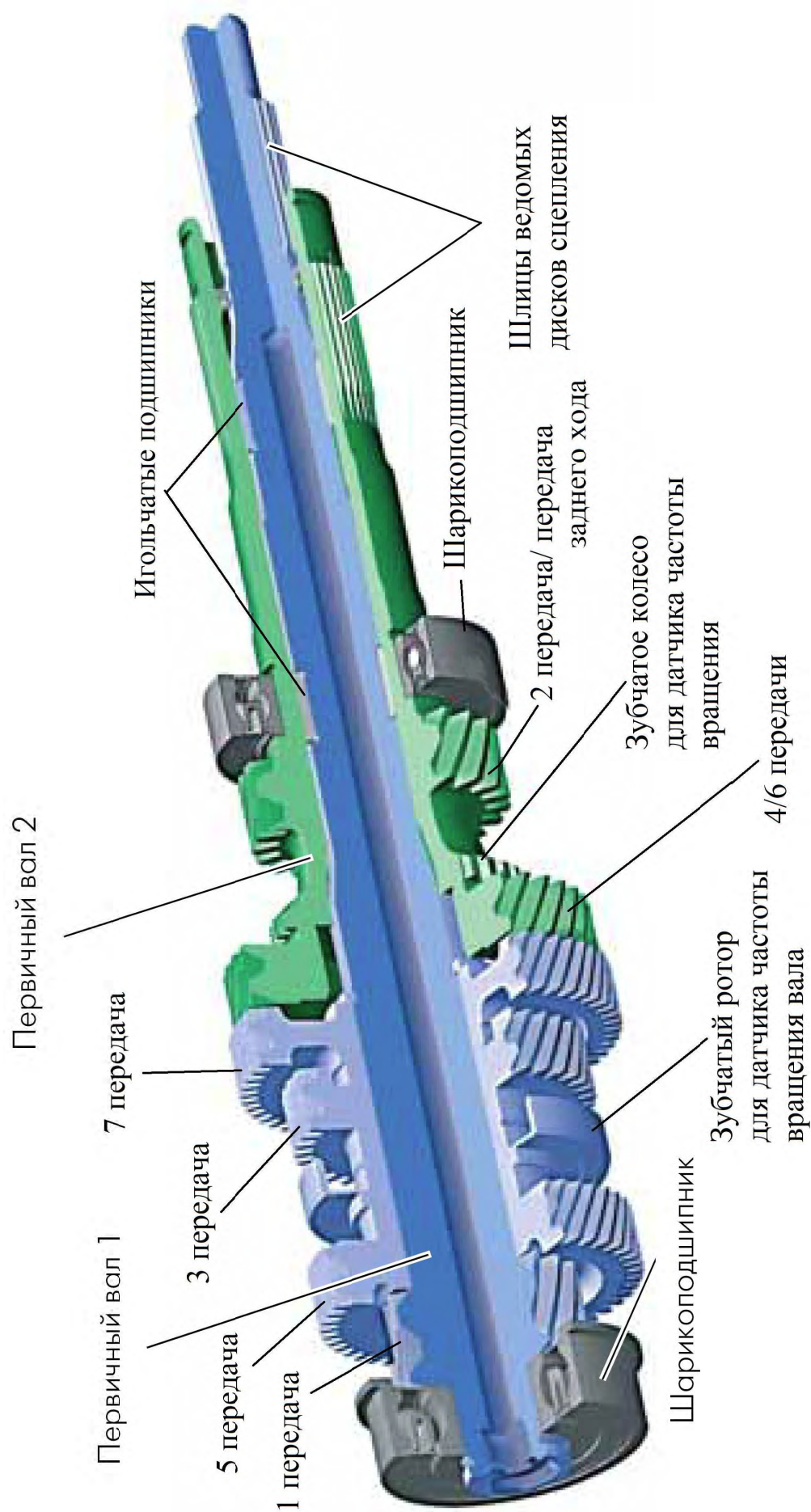


Рисунок 3.7 – Первичные валы

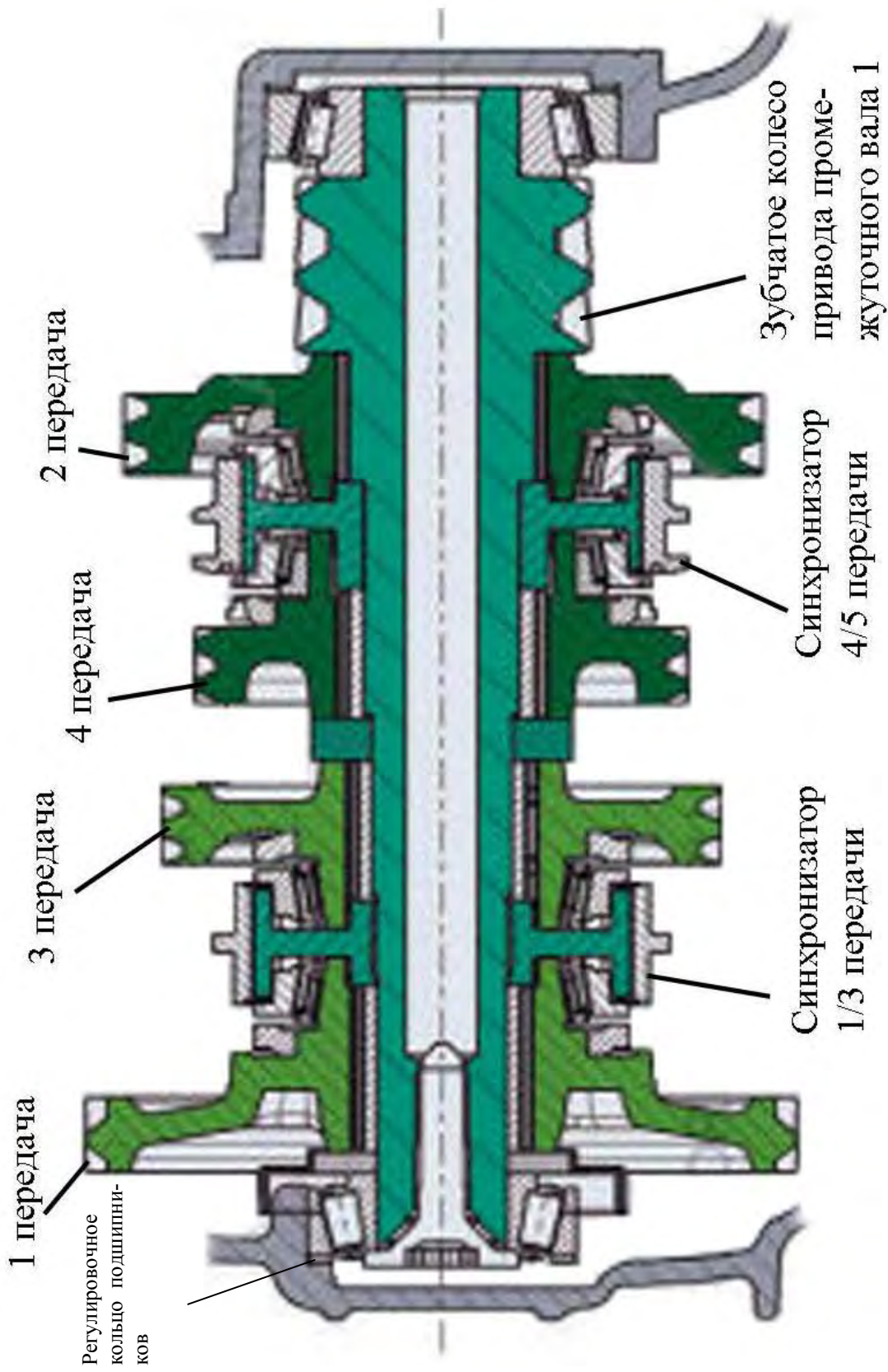


Рисунок 3.8 – Расположение шестерен на вторичном валу 1

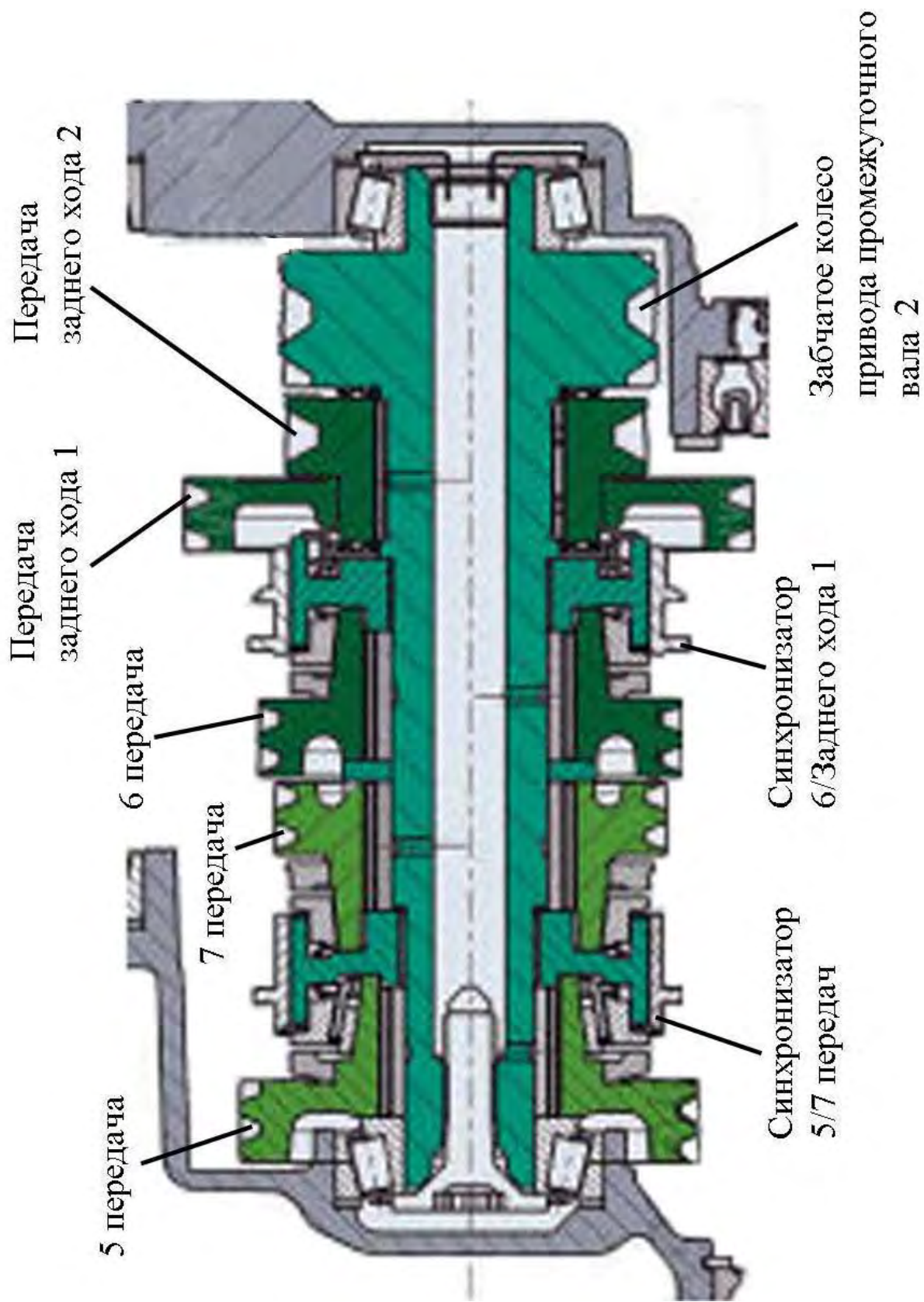


Рисунок 3.9 – Расположение шестерен на вторичном валу 2

Вторичный вал 3. На вторичном валу 3 расположены шестерня каретка для передачи заднего хода с одинарной синхронизацией; шестерня механизма блокировки трансмиссии на стоянке (рисунок 3.10).

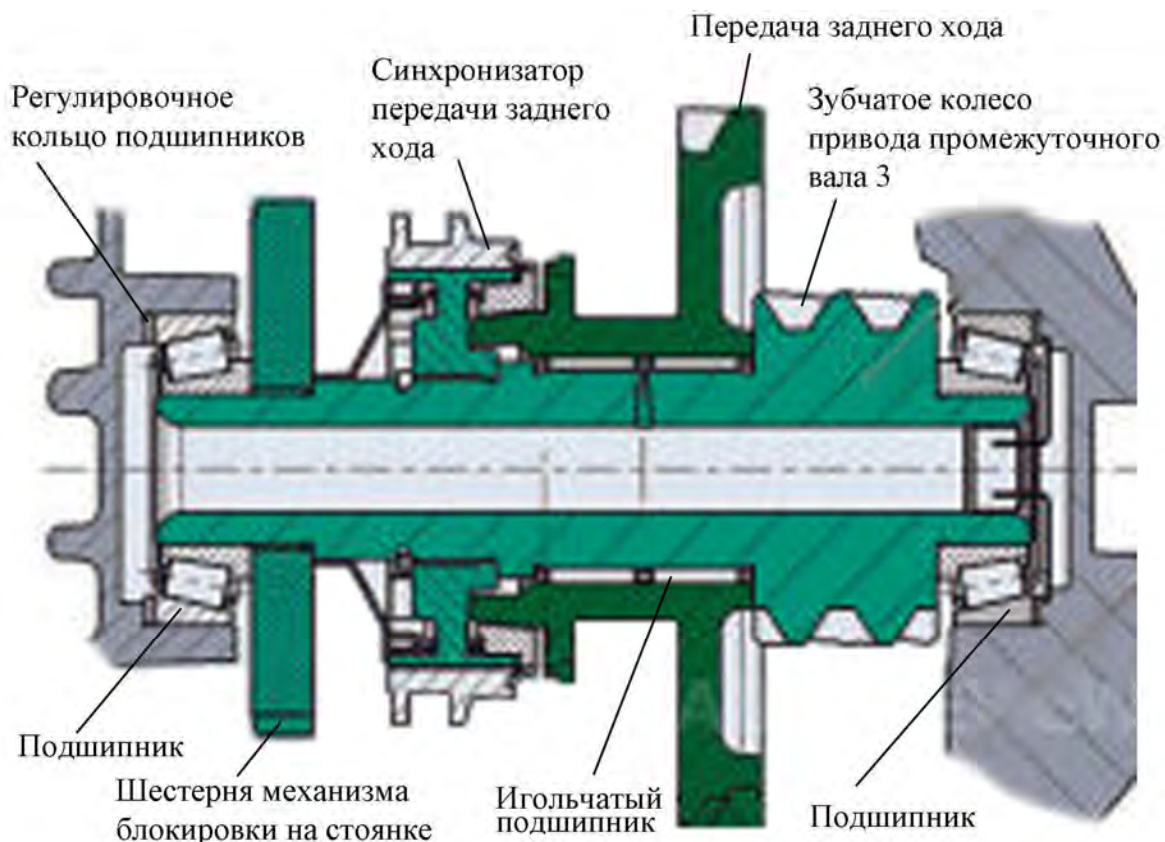


Рисунок 3.10 – Вторичный вал 3

Синхронизация передач. Для синхронизации различных частот вращения при переключении передач используются инерционные синхронизаторы. В зависимости от нагрузки при переключении передачи они имеют различную степень синхронизации: от одинарной до тройной (рисунок 2.9).

На рисунке 3.11 показано устройство синхронизатора 2-я, 4-я передач и передачи заднего хода.

Принцип работы двойного синхронизатора. Ступица синхронизатора с помощью шлицев уставлена на валу (рисунок 3.12). Рассмотрим включение второй передачи. В выключенном состоянии между кольцами имеется зазоры (рисунок 3.13).

При включении передачи с помощью вилки скользящая муфта перемещается в правую сторону. Вслед за ней будут перемещаться сухари, расположенные в пазах ступицы (рисунок 3.11). Это произойдет потому, что выступы на сухарях входят в канавки на ступице. Сухари для этого прижимаются стопорной пружиной. Сухари, входя в пазы наружного блокирующего кольца, и будут перемещать это кольцо (рисунок 3.12). Внутренняя конусная поверхность кольца прижмется к конусной поверхности промежуточного кольца. Поэтому промежуточное кольцо также будет перемещаться в правую сторону и прижмется своей внутренней конусной поверхностью к конусной поверхности

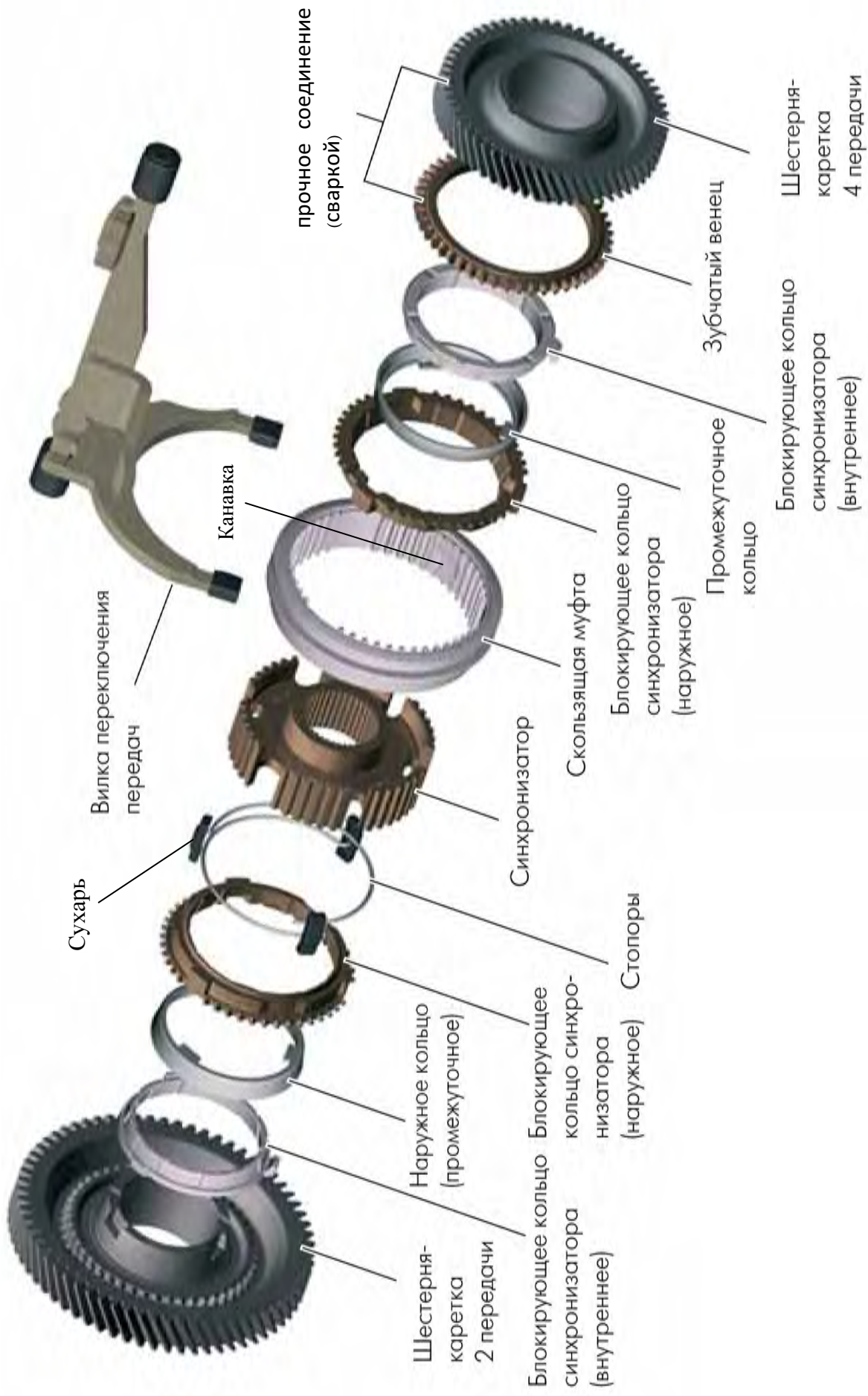


Рисунок 3.11 – Двойной синхронизатор (трехконусный)

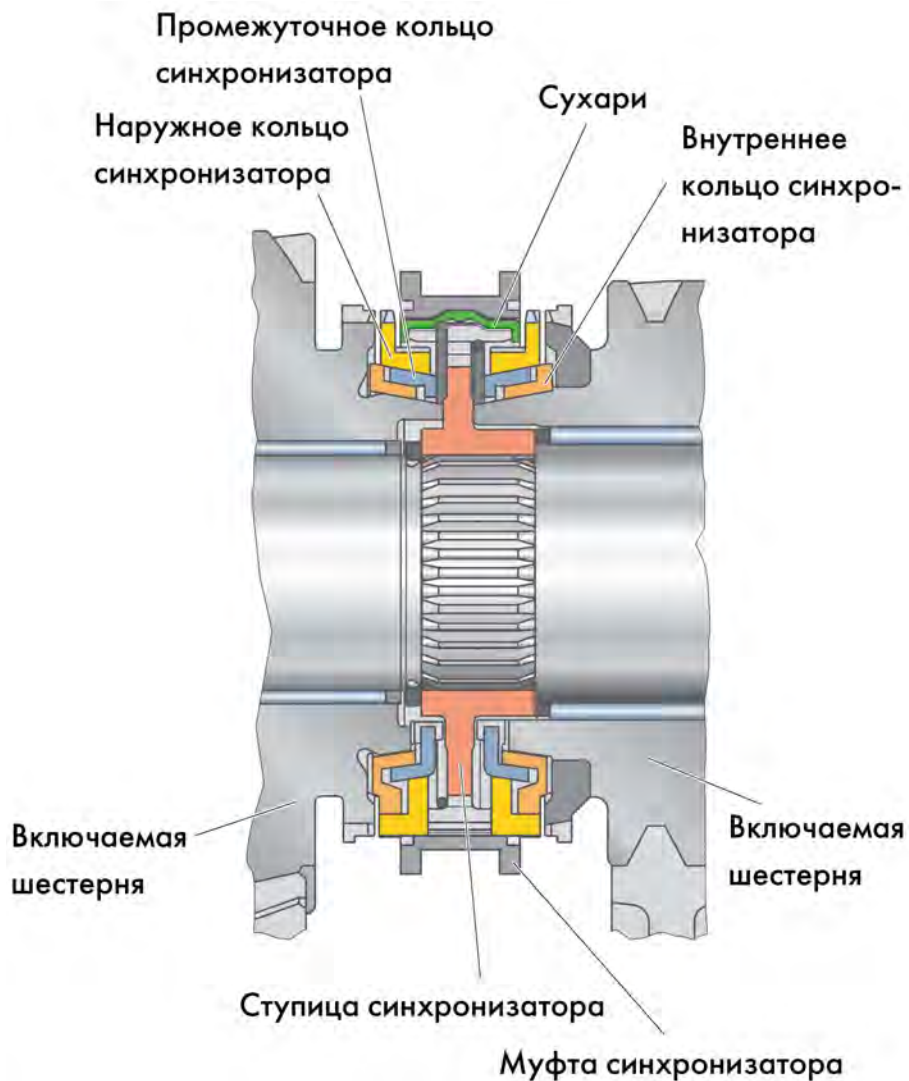


Рисунок 3.12 – Конструкция двойного синхронизатора передачи

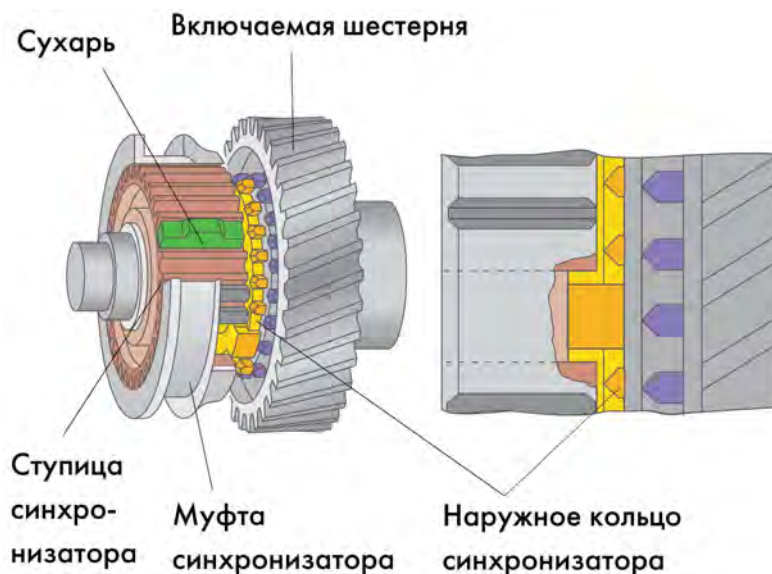


Рисунок 3.13 – Исходное положение синхронизатора

внутреннего блокирующего кольца. В последнюю очередь внутреннее блокирующее кольцо прижмется к конусной поверхности ступицы шестерни. В этот момент на конусной поверхности колец возникнут силы трения, за счет них начнется выравнивание угловых скоростей вала и включаемой шестерни. При этом трение будет происходить на всех трех конусных поверхностях.



Рисунок 3.14 – Положение синхронизатора в процессе включения передачи

кольцо связано с конусным фланцем через выступы на кольце и пазами на фланце, т.е. они тоже вращаются вместе.

Включение передачи не происходит до тех пор, пока не выровняются угловые скорости вала и шестерни. До этого момента скользящую муфту удерживает от дальнейшего перемещения наружное блокирующее кольцо синхронизатора (рисунок 3.14). Это происходит потому, что кольцо поворачивается под действием сил трения (т.е. окружных сил) на угол, равный половине зуба на внешнем зубчатом венце. Зубья муфты упираются в зубья кольца. Поворот происходит потому, что пазы на кольце больше ширины сухарей. После того как угловые скорости вала и шестерни выровняются, силы, поворачивающие

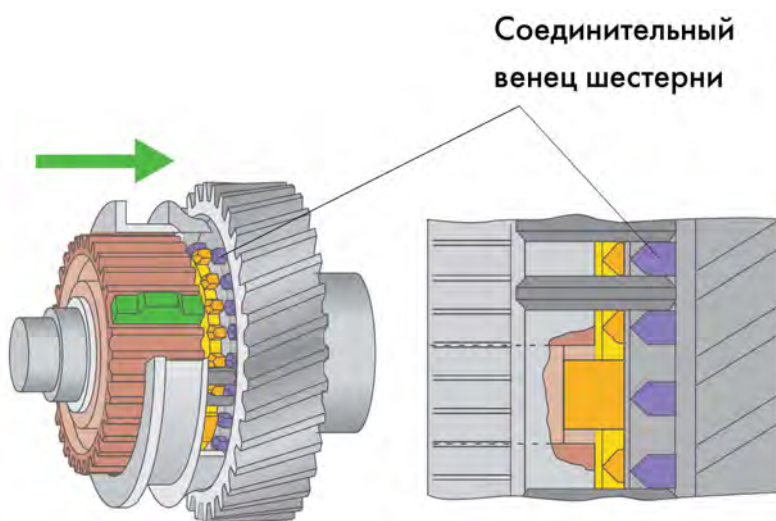


Рисунок 3.15 – Положение синхронизатора при включенной передаче

Это реализуется следующим образом. Крутящий момент от ступицы синхронизатора к наружному блокирующему кольцу передается через боковые поверхности сухарей и пазов (рисунок 3.13). От наружного блокирующего кольца к внутреннему блокирующему кольцу момент передается через внутренние пазы на наружном кольце (на рисунке 3.13 не видны) и выступы на внутреннем. Таким образом, ступица и кольца вращаются вместе. Промежуточное

кольцо, исчезают, и кольцо поворачивается в обратную сторону, этому способствуют скошенные кромки зубьев. Затем зубья муфты проходят мимо зубьев кольца (рисунок 3.15), и дальше муфта входит в зацепление с зубьями на венце шестерни. Таким образом передача включается.

Одинарный синхронизатор работает аналогично.

Потоки мощности на различных передачах. Вход крутящего момента в

КП осуществляется через сцепление К1 или К2 (рисунок 3.2). Каждое сцепление приводит один первичный вал. Первичный вал 1 приводится от сцепления К1, а первичный вал 2 — от сцепления К2.

Передача усилия на главную передачу происходит через вторичный вал 1 на 1-ю, 2-ю, 3-ю, и 4-ю передачу; вторичный вал 2 на 5-ю, 6-ю, и 7-ю передачу; вторичный вал 3 на передачи заднего хода и механизм блокировки трансмиссии на стоянке. Прохождение потока мощности на передачах показано на рисунках 3.16 и 3.17.

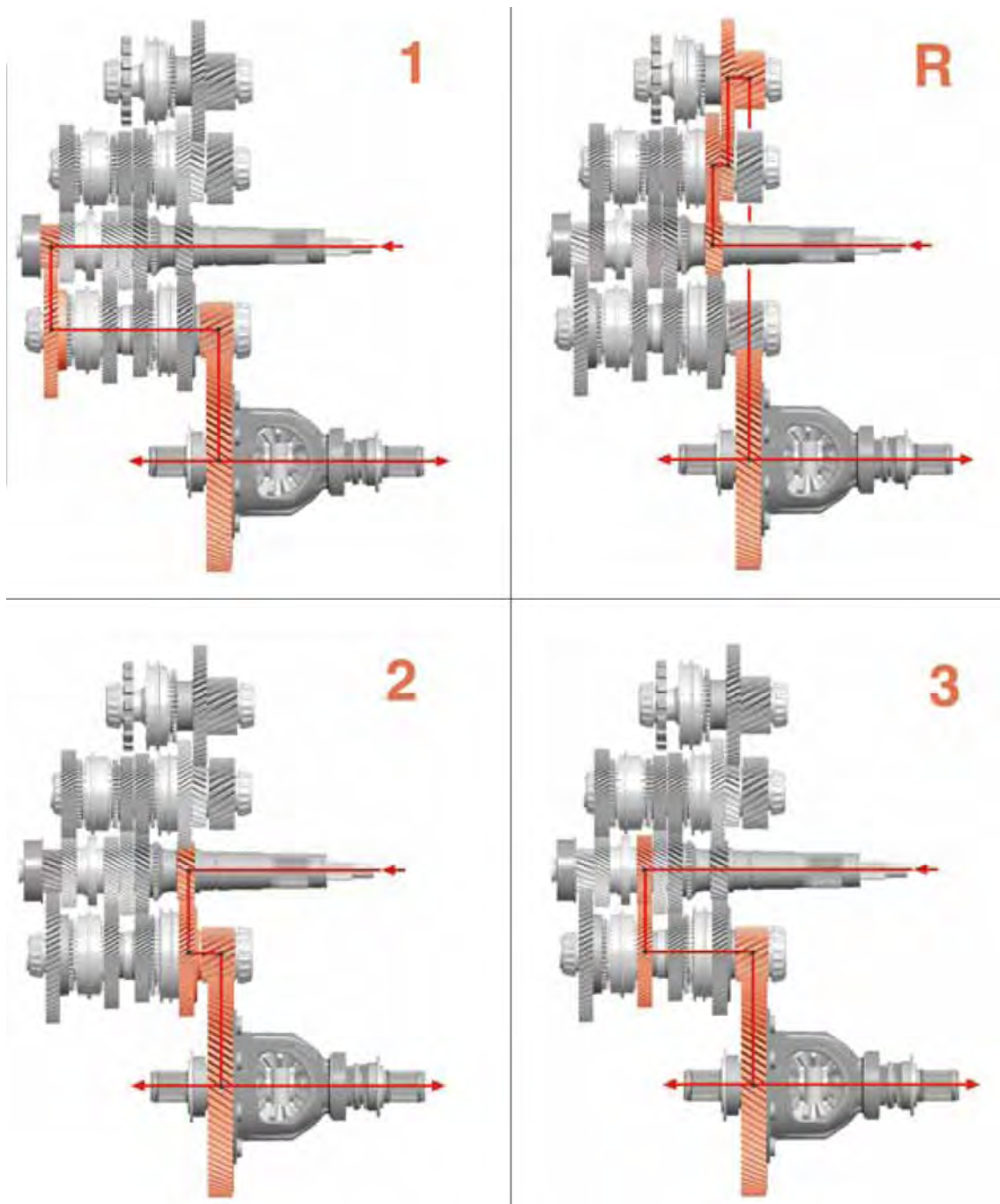


Рисунок 3.16 – Передача потока мощности на 1-й, 2-й, 3-й и передаче заднего хода

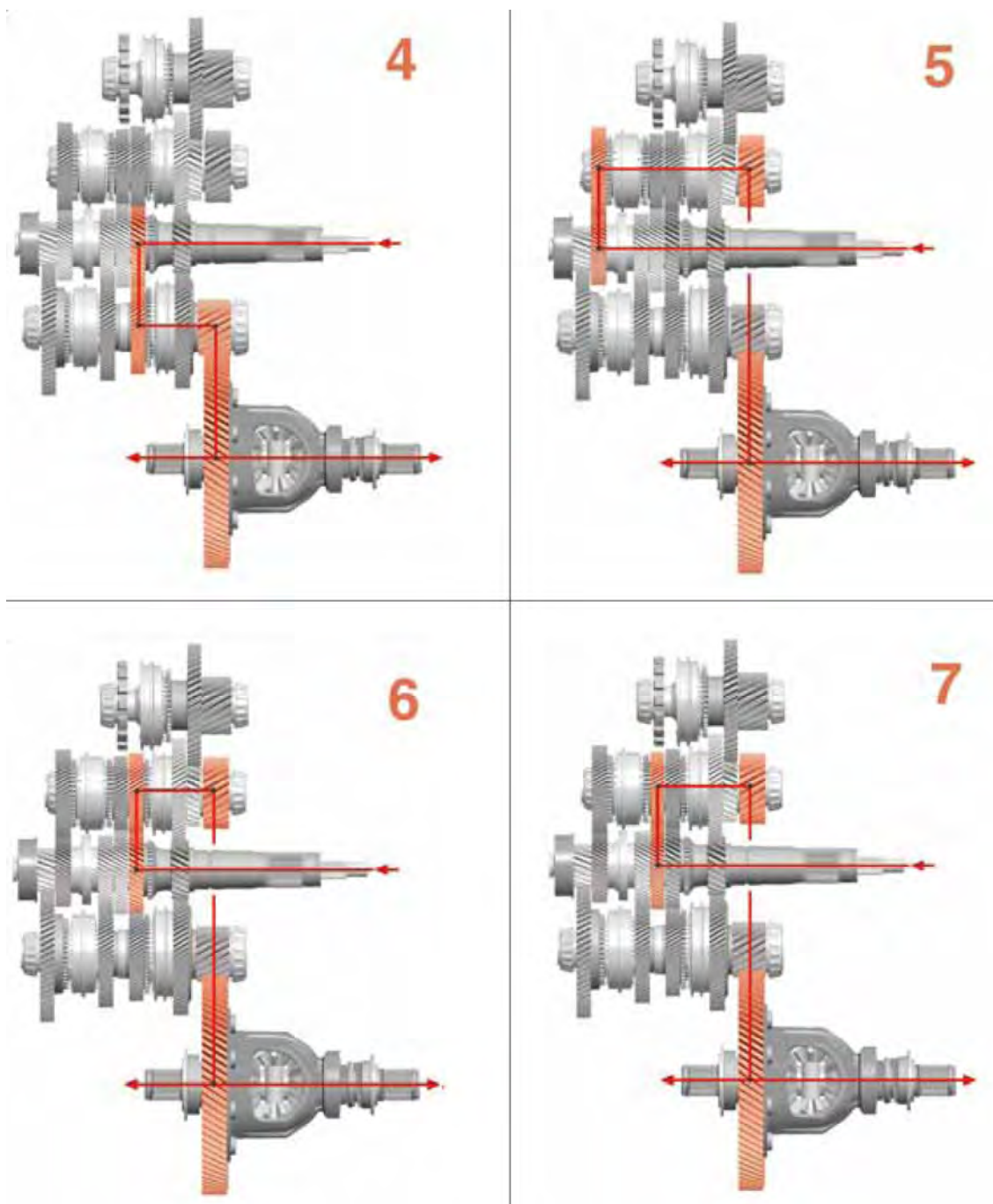
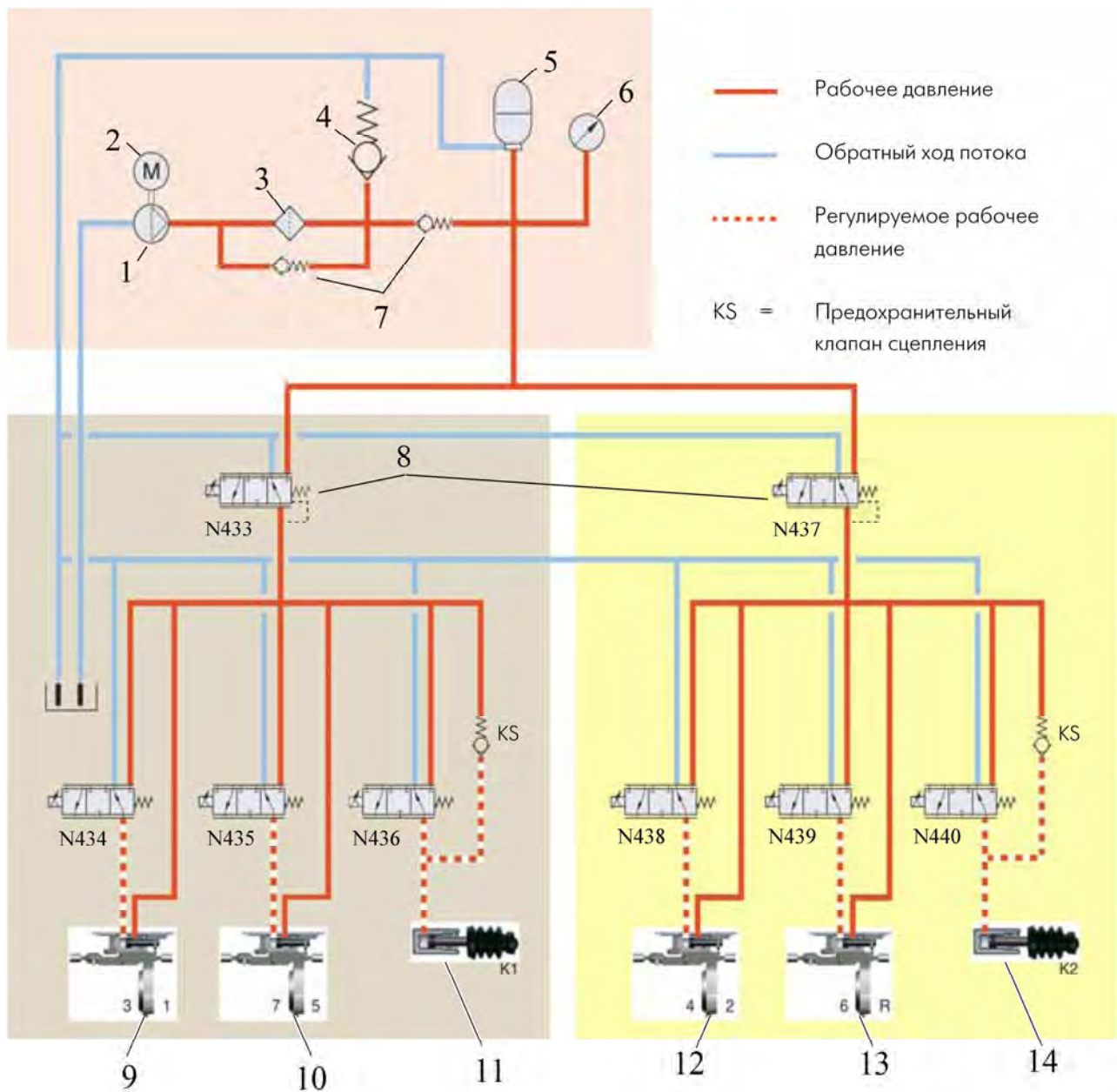


Рисунок 3.17 – Передача потока мощности на 4-й, 5-й, 6-й и 7-й передачах

Масляный контур гидравлических приводов. Модуль гидравлического насоса состоит из гидравлического насоса 1 и электродвигателя 2 (рисунок 3.18). Электродвигатель гидравлического насоса бесщеточный постоянного тока. Электродвигатель включается под управлением электронного блока управления в зависимости от необходимого давления. Он приводит в действие гидравлический насос через разъемную муфту. Гидравлический насос шестеренчатого типа с внешним зацеплением подает масло в рабочий контур под давлением 70 бар. Очистка масла осуществляется с помощью фильтра 3. Рабочее давление в системе поддерживается за счет клапана ограничения давления 4 и ак-

кумулятора давления 5. Когда давление масла в гидросистеме достигает 70 бар, блок управления отключает электродвигатель и соответственно гидравлический насос. Аккумулятор давления выполнен в виде газового ресивера. Он обеспечивает давление масла в гидравлической системе при выключенном насосе. Обратный клапан 7 обеспечивает работу системы при засорении фильтра.



1 – гидравлический насос; 2 – электродвигатель гидравлического насоса; 3 – фильтр; 4 – клапан ограничения давления; 5 – аккумулятор давления; 6 – датчик давления; 7 – обратный клапан; 8 – электромагнитный клапан управления; 9 – переключатель 1/3 передач; 10 – переключатель 5/7 передач; 11 – привод сцепления К1; 12 – переключатель 4/2 передач; 13 – переключатель передач 6/3X; 14 – привод сцепления К2

Рисунок 3.18 – Масляная система гидравлических приводов

Электромагнитные делительные клапаны 8 направляют масло в контур 1 и 2. Управление переключателями передач и приводов сцепления в соответствующем контуре также осуществляется электромагнитными клапанами по сигналам блока управления Mechatronik.

Переключатели передач. Переключение передач осуществляется под воздействием поршней (рисунок 3.19). Для переключения передач на поршень воздействует давление масла, за счёт чего он перемещается. При движении он перемещает вилку включения и скользящую муфту вместе с собой. Скользящая муфта приводит в действие синхронизатор, и передача включается.

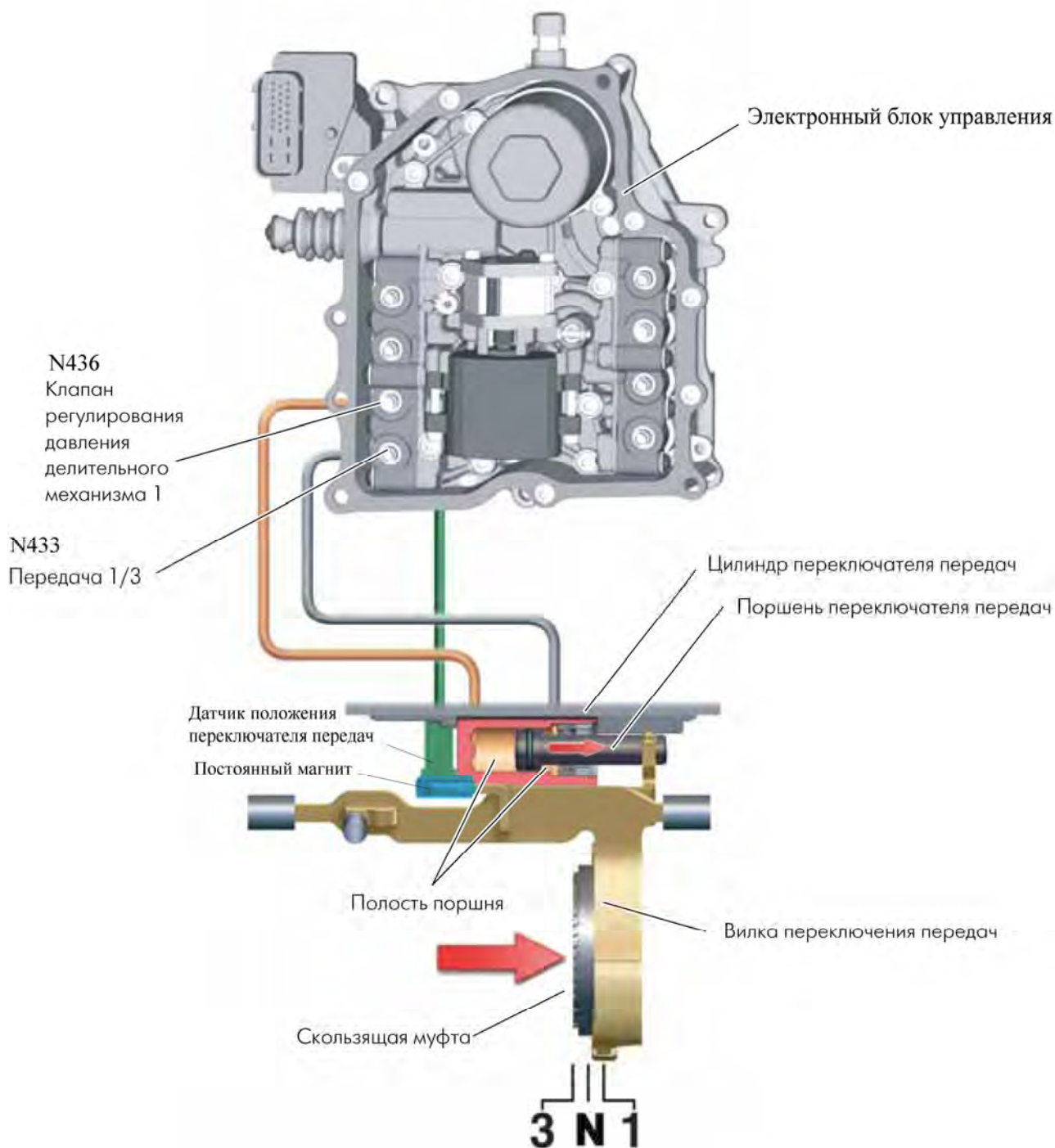


Рисунок 3.19 – Переключатель передач

Блок Mechatronik распознает новое положение вилки включения при помощи постоянных магнитов и датчика хода переключателя передач.

Привод сцепления. Сцепления К1 и К2 приводятся гидравлически (рисунок 3.20). Для этого для каждого из сцеплений предусмотрен отдельный привод. Привод сцепления состоит из цилиндра и поршня. Поршень приводит в действие рычаг выключения сцепления. На поршне расположен постоянный магнит, который служит для распознавания положения поршня с помощью датчика хода сцепления.

На рисунке 3.20 сцепление К2 не задействовано. Поршень привода сцепления находится в исходном положении. Электромагнитный клапан управления сцеплением N435 открыт в направлении обратного потока. Под воздействием диафрагменной пружины сцепления масло из цилиндра поступает в масляный резервуар.

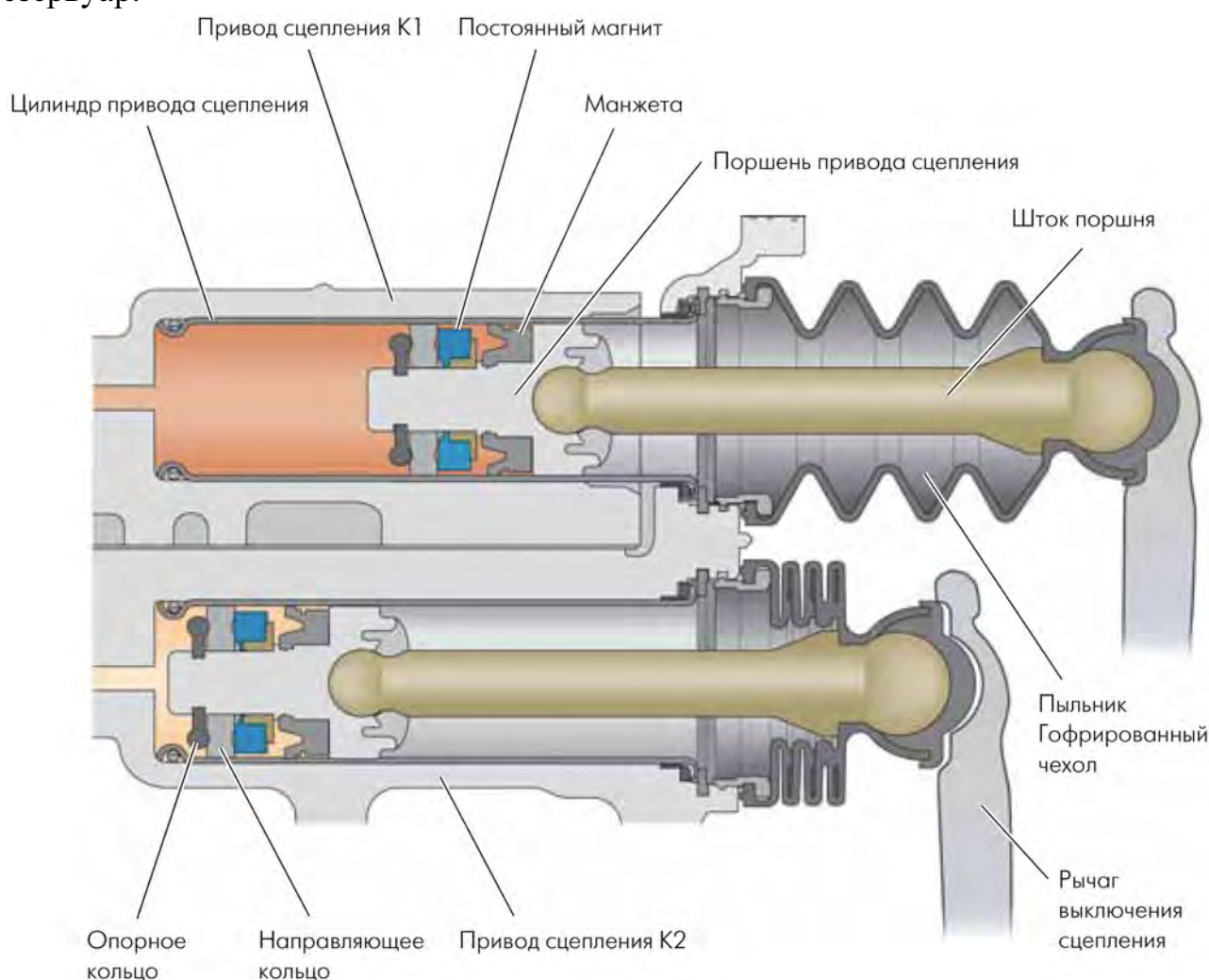


Рисунок 3.20 – Привод сцеплений К1 и К2

Для приведения в действие сцепления К1 блок управления Mechatronik подаёт сигнал управления на электромагнитный клапан N433 в делительном механизме (рисунок 3.18). Этот клапан открывает масляный канал, ведущий к приводу сцепления, и масло под давлением подаётся в цилиндр привода сцепления. Поршень перемещается и приводит в действие рычаг выключения сцеп-

ления К1. Диски сцепления К1 замыкаются. Блок управления получает от датчика хода сцепления сигнал о точном положении сцепления.

Степень пробуксовки сцепления, разность частот вращения первичного и выходного вала КП регулируется электромагнитным клапаном управления сцеплением N435 путём распределения давления масла между приводом сцепления и обратной магистралью.

Для обеспечения работы коробки передач в электронный блок управления поступает информация с датчика частоты вращения первичного вала КП G185, датчика 1 частоты вращения первичного вала КП G632, датчика 2 частоты вращения первичного вала КП G612, датчика давления в гидросистеме КП G270, датчика температуры в блоке управления G510, датчика хода сцепления К1 G617, датчика хода сцепления К2 G618, датчика положения 1, 2, 3 и 4 переключателя передач (G487, G488, G489 и G490).

Датчики хода сцепления расположены в блоке Mechatronik над приводами сцеплений. Для управления КП со сдвоенным сцеплением необходимо точное измерение фактического положения сцеплений. Поэтому для регистрации хода сцепления используются бесконтактные датчики. При использовании бесконтактного метода измерения положения сцепления повышается достоверность результатов. Это позволяет избежать влияния износа и вибраций на точность измерений. Блок управления использует эти сигналы для управления приводом сцепления.

На первичную обмотку подаётся переменное напряжение (рисунок 3.21). За счёт этого в железном сердечнике образуется магнитное поле. При заедывании сцепления поршень с постоянным магнитом перемещается через магнитное поле. При движении постоянного магнита во вторичных обмотках создаётся напряжение. Величина создаваемого во вторичных обмотках напряжения слева и справа зависит от положения постоянного магнита. На основании величины напряжения в левой и правой вторичных обмотках электронный блок распознает положение поршня привода сцепления.

Датчик частоты вращения первичного вала установлен в корпусе КП. Он считывает импульсы с зубчатого обода маховика и таким образом измеряет частоту вращения первичного вала КП. Частота вращения первичного вала КП идентична частоте вращения двигателя. Датчик работает по принципу датчика Холла. Сигнал, поступающий от датчика частоты вращения первичного вала КП, используется блоком управления для управления и расчёта степени пробуксовывания сцеплений. Для этого блок сравнивает сигналы, поступающие от датчика G182 частоты вращения первичного вала КП перед сцеплением с сигналами о частоте вращения первичных валов от датчиков G612 и G632.

Датчик G632 считывает импульсы с задающего ротора, расположенного на первичном валу 1. На основании поступающего сигнала блок управления рассчитывает частоту вращения первичного вала 1. Датчик G612 считывает импульсы с зубчатого колеса, расположенного на первичном валу 2. На основании поступающего сигнала блок управления рассчитывает частоту вращения первичного вала 2. Оба датчика представляют собой датчики Холла. Сигналы

частоты вращения первичных валов 1 и 2 используются блоком управления для управления сцеплениями и для расчёта степени пробуксовывания сцеплений.

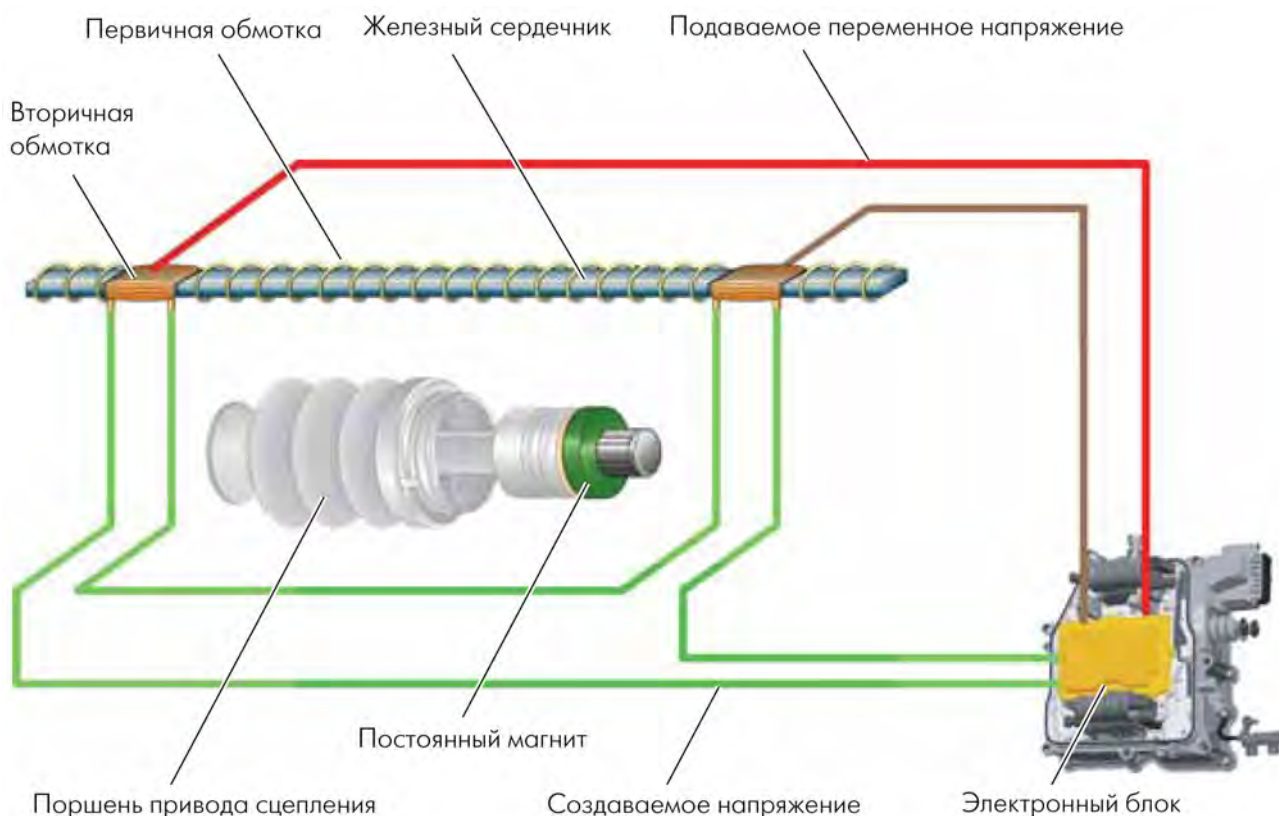


Рисунок 3.21 – Датчик хода сцепления

Датчик температуры расположен непосредственно внутри блока управления Mechatronik. Блок управления постоянно омывается горячим маслом и за счёт этого нагревается. Сильное нагревание может оказать негативное воздействие на работу блока управления. Датчик регистрирует температуру, при температуре выше 139 °С частота вращения двигателя может быть снижена.

Датчик давления в гидросистеме встроен в масляный контур блока Mechatronik. Он представляет собой мембранный датчик давления. Блок управления использует этот сигнал для управления электродвигателем гидравлического насоса. При давлении гидравлического масла 60 бар после поступления сигнала от датчика давления электродвигатель отключается и включается вновь при давлении 40 бар.

Датчики хода переключателей передач совместно с магнитом на вилках переключения вырабатывают сигнал, по которому блок управления определяет точное положение переключателей передач. Данные о точном положении необходимы блоку управления для управления переключателями при переключении передач.

4 БЕССТУПЕНЧАТАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ MULTITRONIC 01J

Бесступенчатая автоматическая коробка относится к классу трансмиссий с плавно изменяемым передаточным CVT (Continuously Variable Transmission). Концепция CVT базируется на давно известном принципе клиноременных передач, позволяющих бесступенчато изменять передаточное отношение КП с помощью так называемого вариатора.

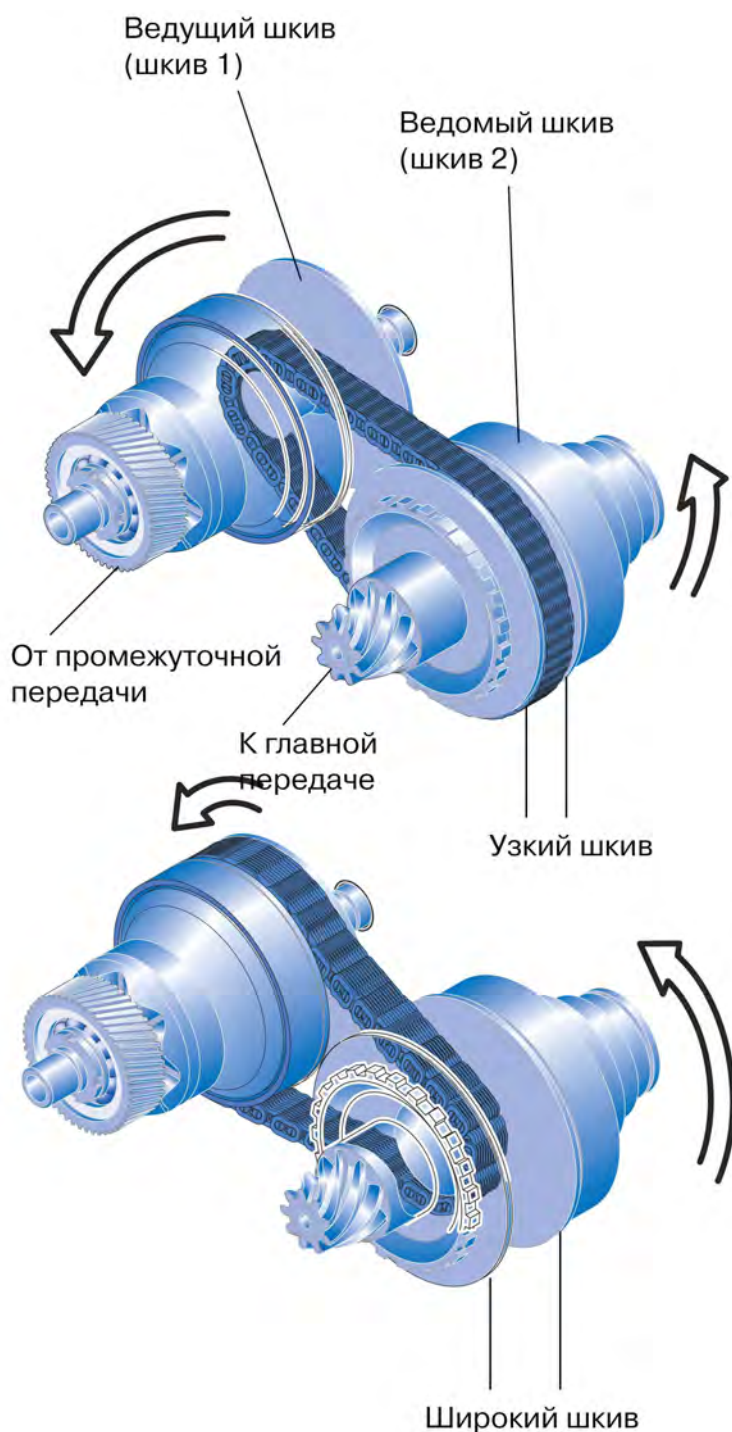


Рисунок 4.1 – Принцип работы вариатора

Эта коробка передач предназначена для автомобилей верхнего среднего класса, которые благодаря ей отличаются не только стремительным разгоном и малым расходом топлива, но и убедительными динамикой и комфортом.

Принцип работы. Главным элементом КП multitronic является ее вариатор. С его помощью передаточное отношение плавно изменяется от наибольшего значения до наименьшего. Благодаря вариатору всегда возможна реализация оптимального передаточного отношения. Поэтому двигатель для достижения требуемых наилучших показателей (например, мощности или экономичности) всегда работает в оптимальном режиме.

Вариатор состоит из двух шкивов, ведущего (шків 1) и ведомого (шків 2), и натянутой между ними специальной цепи (рисунок 4.1). Каждый из шкивов представляет собой пару дисков с коническими рабочими поверхностями. Цепь служит для передачи крутящего момента. Шків 1 соединен с коленвалом двигателя через промежуточную передачу. От него крутящий момент двигате-

ля передается цепью на шкив 2 и далее на главную передачу. Благодаря тому, что один диск каждого из шкивов подвижный, меняется радиус установки цепи на шкиве и передаточное отношение плавно изменяется. Шкивы должны синхронно сдвигаться/раздвигаться так, чтобы цепь оставалась постоянно натянутой и это усилие было достаточным для того, чтобы она не проскальзывала.

В автоматическом режиме возможна реализация любого передаточного отношения в пределах диапазона регулирования. Число оборотов двигателя определяется желанием водителя (положение педали акселератора и скорость ее нажатия) и величиной сопротивления движению. Изменение передаточного отношения происходит абсолютно плавно и без разрыва потока мощности.

В режиме tiptronic КП располагает шестью фиксированными передаточными числами для выбора передач вручную. Это позволяет водителю полностью контролировать управление динамикой движения автомобиля. Такой контроль целесообразен, например, при движении под уклон: переключившись на низшую «передачу», водитель может эффективно тормозить двигателем. Максимальная скорость достигается на 5-й передаче. Шестая передача является экономичной, ее еще называют «овердрайв». При наличии соответствующего дополнительного оборудования управлять коробкой передач в режиме tiptronic можно клавишами на рулевом колесе, то есть с максимальным комфортом.

Преимущества коробки передач Multitronic при максимальной динамике (спортивный режим). Бесступенчатое автоматическое регулирование обеспечивает режим движения во всем диапазоне от экономичного до спортивного режима (площадь между линией экономичного и спортивного режима) (рисунок 4.2). Для сравнения взята пятиступенчатая механическая коробка передач. На рисунке серым цветом выделены диапазоны, в которых у ступенчатой

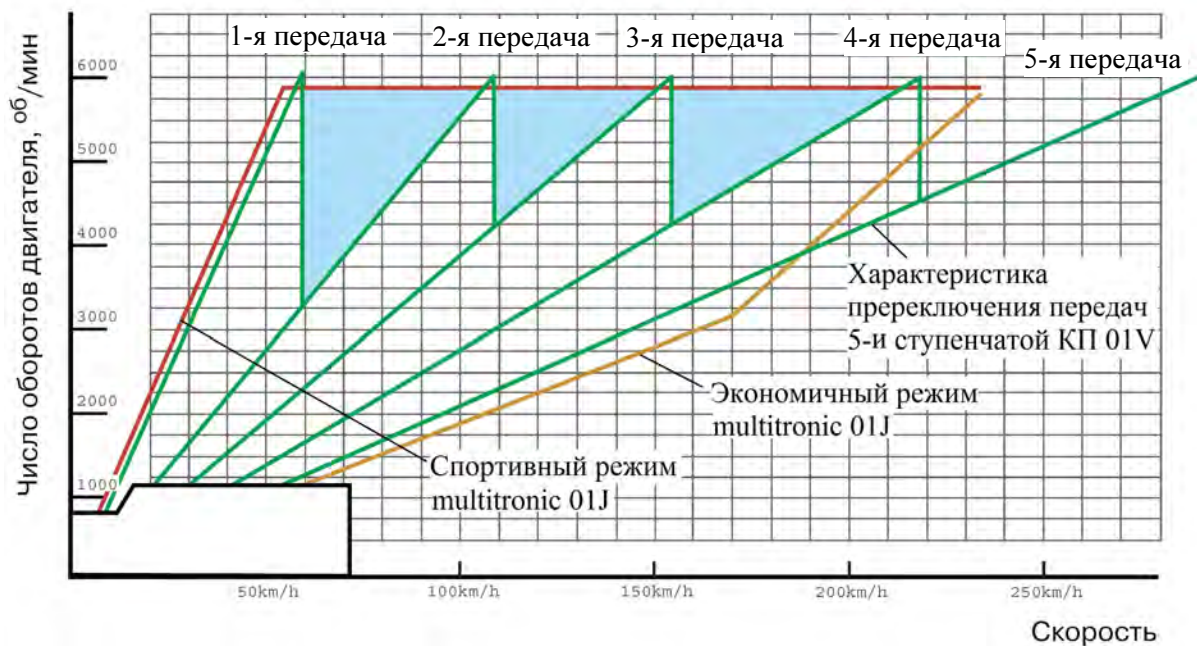


Рисунок 4.2 – КП Multitronic для максимальной динамики в сравнении с КП 01V

коробки после переключения передачи происходит падение мощности двигателя. Это ведет к уменьшению скорости разгона. В коробке Multitronic бесступенчатая регулировка передаточного отношения позволяет постоянно поддерживать мощность двигателя на максимально возможном уровне (не уходить вниз с кривой внешней характеристики). При этом разгон осуществляется без разрыва потока мощности. Результат – наиболее оптимальная характеристика разгона.

Преимущества коробки передач Multitronic при экономичной езде. При стремлении к экономии малое передаточное отношение позволяет значительно уменьшить число оборотов двигателя. Например, при 130 км/ч обороты двигателя составляют не 3200 об/мин, как у пятиступенчатой механической КП, а примерно 2450 об/мин. Соответственно, уменьшается и расход топлива (рисунок 4.3). Благодаря бесступенчатому изменению передаточного отношения, двигатель для достижения требуемых наилучших показателей (например, мощности или экономичности) всегда работает в оптимальном режиме. Заштрихованная зона на диаграмме показывает уменьшение оборотов двигателя при езде в экономичном режиме.

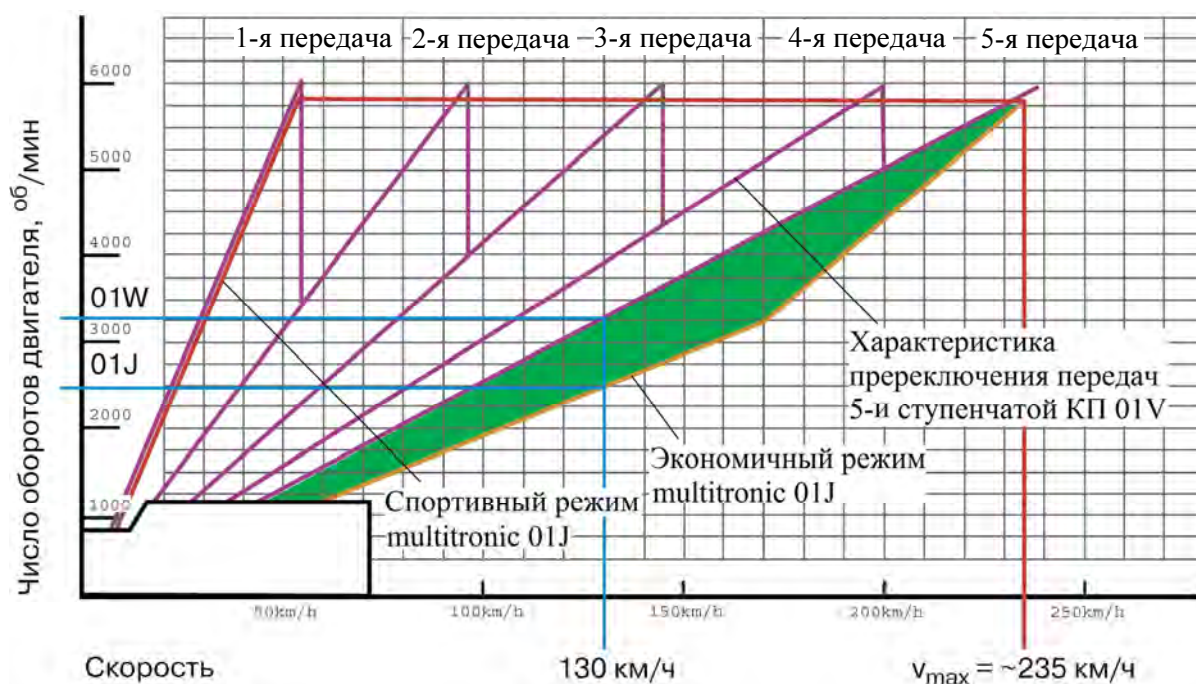


Рисунок 4.3 – КП multitronic для экономичной езды в сравнении с КП 01V

4.1 Конструкция коробки передач

В зависимости от двигателя его крутящий момент передается на коробку передач через маховик с демпфером крутильных колебаний или через двухмассовый маховик. Роль сцепления при трогании с места выполняют две «мокрые» (то есть заполненные маслом) многодисковые фрикционные муфты: фрикцион переднего хода и фрикцион заднего хода (рисунок 4.4).

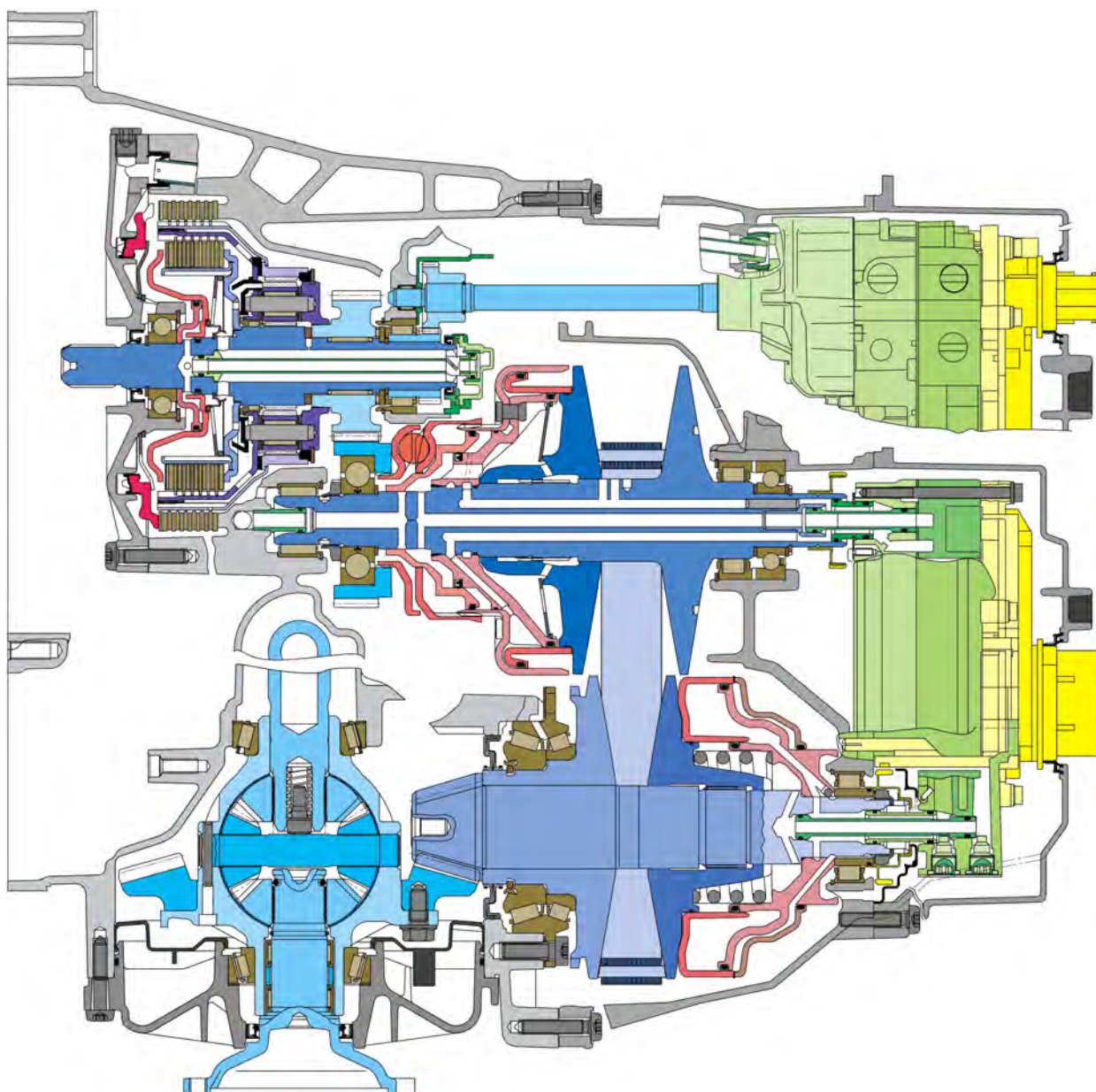


Рисунок 4.4 – Конструкция коробки передач

Направление вращения для движения задним ходом изменяется с помощью планетарного механизма. Через промежуточную передачу крутящий момент двигателя передается на вариатор, а оттуда — на главную передачу.

Электрогидравлический блок управления (БУ) объединен в единый узел с блоком управления коробки передач. Этот узел находится в картере КП.

Главные технические характеристики:

максимальный передаваемый крутящий момент –	до 310 Нм;
диапазон передаточных отношений вариатора –	2,40÷0,40;
масса (без маховика) –	примерно 88 кг;
длина: примерно –	610 мм.

Фрикцион переднего хода, фрикцион заднего хода и планетарный механизм. В отличие от ступенчатых гидромеханических АКП, где для передачи крутящего момента используется гидротрансформатор, в КП CVT марки Audi

эту задачу выполняют два фрикциона, по одному фрикциону для переднего и заднего хода (рисунок 4.5). Это работающие в масле многодисковые фрикционы, аналогичные тем, которые используются в ступенчатых АКП для переключения передач. Они служат для плавного соединения трансмиссии в начальной фазе движения автомобиля и дальнейшей передачи крутящего момента к промежуточной передаче. Процессы трогания с места и передачи крутящего момента контролируются электроникой и регулируются с помощью электрогидравлической системы.

Многодисковый фрикцион с электрогидравлическим управлением имеет следующие преимущества перед гидротрансформатором: малая масса; компактность; электронно-управляемая адаптация характеристики трогания с места к дорожным условиям; электронно-управляемая адаптация крутящего момента при медленном маневрировании к дорожным условиям; защита от перегрузок, ошибок и неправильных действий водителя.

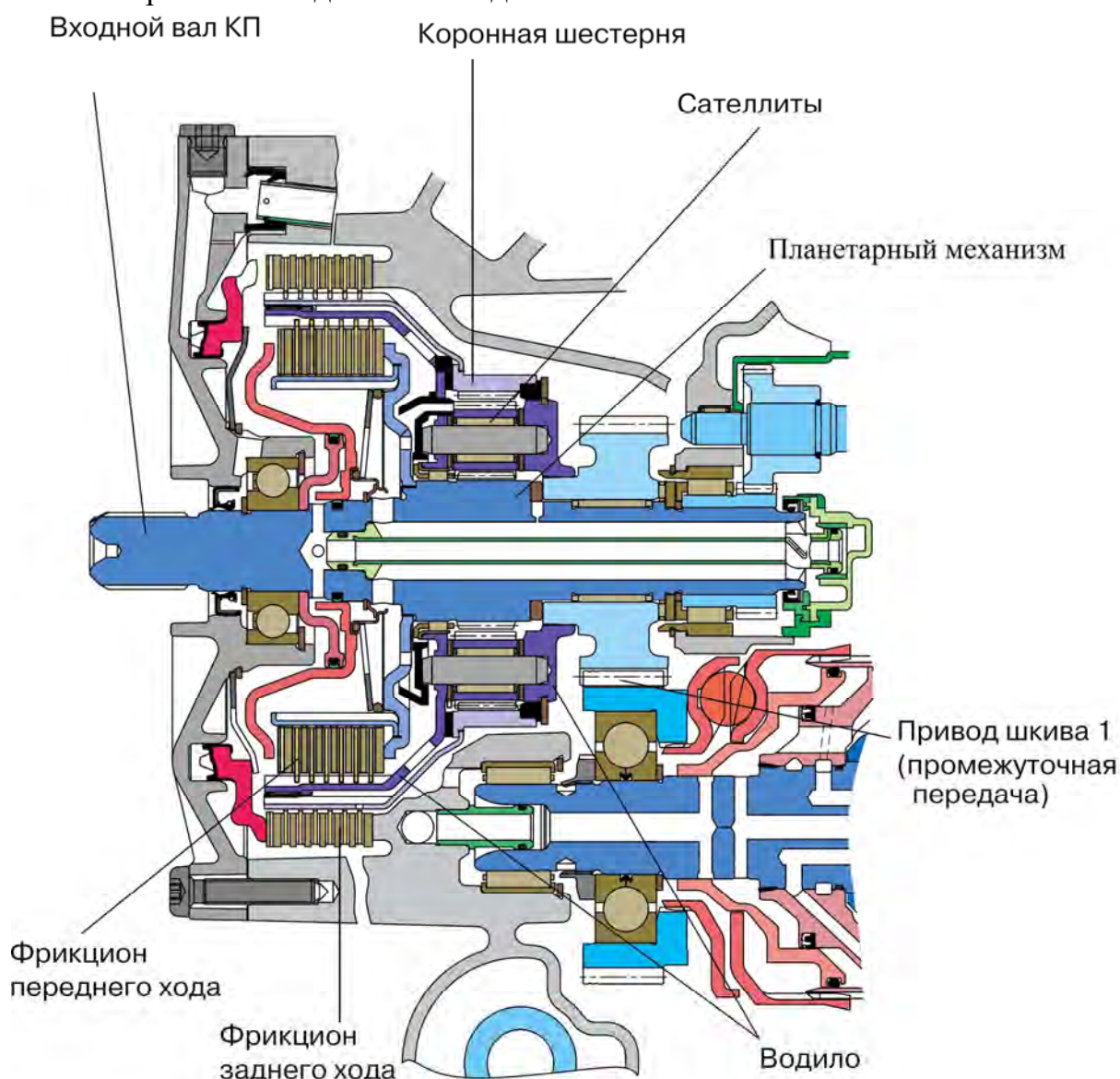


Рисунок 4.5 – Фрикционы и планетарный механизм

Планетарный механизм служит исключительно для изменения направления вращения привода при включении заднего хода. Передаточное отношение планетарного механизма при движении задним ходом равно 1. Солнечная шестерня (вход) соединена с входным валом КП и стальными дисками фрикциона переднего хода. Водило (выход) соединено с ведущей шестерней промежуточной передачи и металлокерамическими дисками фрикциона переднего хода. Коронная шестерня соединена с сателлитами и металлокерамическими дисками фрикциона заднего хода.

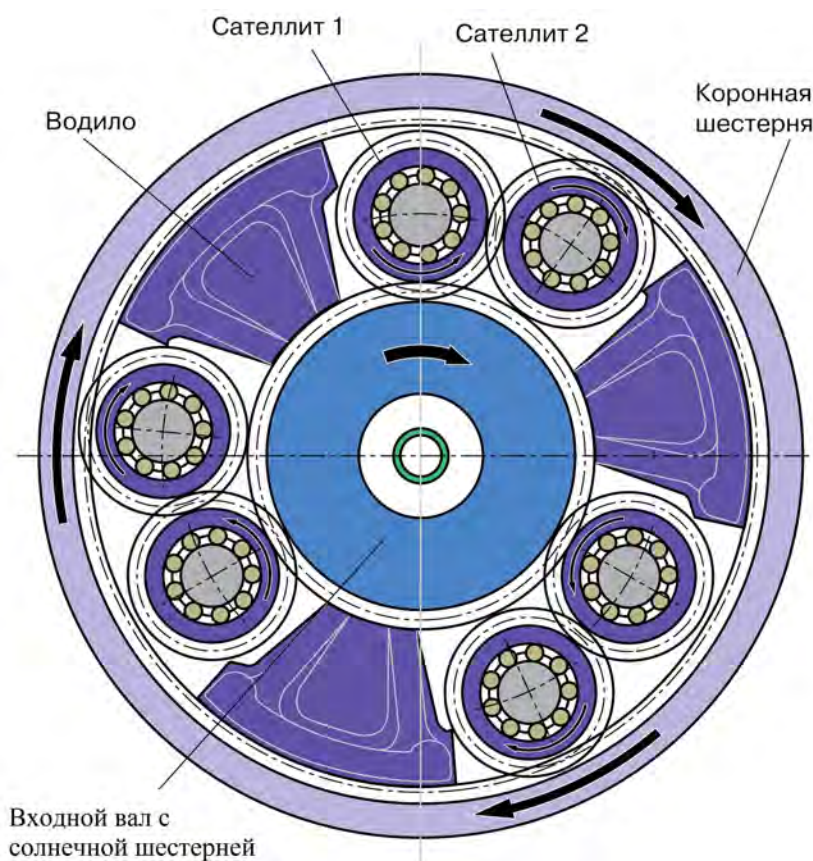


Рисунок 4.6 – Схема планетарного механизма

Коронная шестерня соединена с сателлитами и металлокерамическими дисками фрикциона заднего хода. Через соединенную с входным валом солнечную шестерню крутящий момент подводится к планетарному механизму, где он приводит в движение сателлиты 1 (рисунок 4.6). Сателлиты 1 заставляют вращаться сателлиты 2, которые находятся в зацеплении с коронной шестерней. Водило сателлитов (выход планетарного механизма) остается неподвижным, потому что оно соединено с промежуточной передачей, а автомобиль пока стоит на месте. Коронная шестерня вращается вхолостую с частотой, равной половине оборотов двигателя, в том же направлении, что и коленвал двигателя.

Передача крутящего момента при движении вперед. Стальные диски фрикциона переднего хода соединены с солнечной шестерней, а его металлокерамические диски — с водилом (рисунок 4.7). При замыкании фрикцион переднего хода соединяет входной вал коробки передач с водилом (выход). Планетарный механизм заблокирован и вращается как единое целое в том же направлении, что и коленвал двигателя. При этом передаточное отношение планетарного механизма равно 1.

Передача крутящего момента при движении назад. Металлокерамические диски фрикциона заднего хода соединены с коронной шестерней, а его стальные диски — с картером коробки передач. При замыкании фрикцион заднего хода замыкает коронную шестерню на картер коробки передач. Крутящий момент передается на водило, которое вращается в направлении, обратном направлению вращения коленвала двигателя. Автомобиль движется назад. При

движении задним ходом скорость ограничивается электроникой. Вариатор остается в положении, соответствующем наибольшему передаточному отношению.

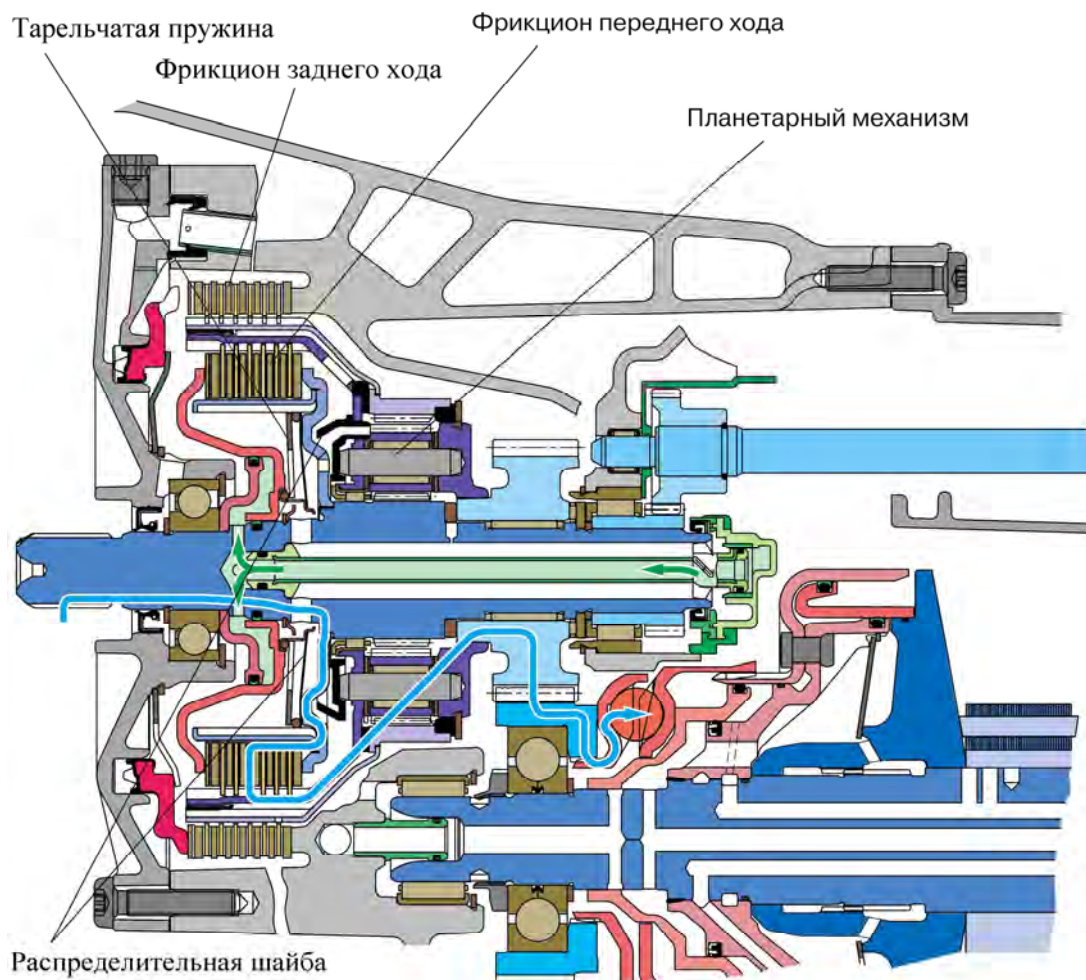


Рисунок 4.7 – Передача крутящего момента при движении вперед

Управление фрикционами. При трогании с места важнейшим параметром для регулировки фрикционов является число оборотов двигателя. В зависимости от характеристики трогания с места блок управления КП рассчитывает заданное число оборотов двигателя, которое регулируется через момент проскальзывания фрикциона. Характеристику трогания с места определяют желание водителя, выражающееся в нажатии на педаль газа, и запросы внутри блока управления КП. При плавном старте, который среди прочего характеризуется слабым нажатием на педаль газа, требуется незначительное увеличение числа оборотов двигателя. Непродолжительное проскальзывание фрикциона и малые обороты двигателя способствуют низкому расходу топлива. При резком старте обороты двигателя необходимо увеличить сильнее. При этом более высокий крутящий момент делает разгон стремительнее.

4.2 Система управления коробкой передач

При управлении фрикционами учитываются следующие параметры:

- число оборотов двигателя,
- число оборотов входного вала КП,
- положение педали акселератора,
- крутящий момент двигателя,
- информация «тормоз нажат»,
- температура масла в коробке передач.

По этим параметрам блок управления КП рассчитывает заданное давление масла, подаваемого к поршням фрикционов, а также ток сигнала управления клапаном регулировки давления N215. Почти пропорционально току сигнала управления изменяется давление масла, подаваемого к поршням фрикционов и, соответственно, передаваемый фрикционом крутящий момент.

Находящийся в гидравлическом блоке управления датчик 1 давления масла (G193) измеряет давление масла, подаваемое к фрикциону (фактическое). Фактическое значение давления постоянно сравнивается с заданным значением, которое рассчитывает блок управления КП. При этом фактическое и заданное значения давления постоянно сравниваются друг с другом. При обнаружении недостоверности принимаются защитные меры. Чтобы не допустить перегрева фрикциона, предусмотрено его охлаждение. Температура фрикциона контролируется блоком управления КП.

Гидравлическое управление. Давление масла, подаваемого к фрикционам, пропорционально крутящему моменту двигателя и не зависит от давления в общей гидросистеме (рисунок 4.8). Благодаря клапану давления предварительного управления VSTV на клапан регулировки давления N215 масло подается под постоянным давлением величиной примерно 5 бар. В зависимости от тока управляющего сигнала, рассчитанного блоком управления КП, клапан N215 обеспечивает управляющее давление, влияющее на положение клапана управления фрикционами KSV. **Чем выше ток управляющего сигнала, тем выше управляющее давление.** Клапан управления фрикционами KSV регулирует давление масла в гидросистеме фрикционов и передаваемый крутящий момент от двигателя.

К клапану KSV масло под давлением поступает из основной гидросистемы. В зависимости от того, как им управляет клапан N215, клапан KSV создает давление масла в гидросистеме фрикционов. **Чем выше управляющее давление, тем выше давление в гидросистеме фрикционов.** Нагнетаемое в гидросистему фрикционов масло проходит через предохранительный клапан SIV и достигает золотника ручного управления HS. В соответствии с положением рычага селектора золотник HS направляет его либо к фрикциону переднего хода (положение D), либо к фрикциону заднего хода (положение R). Из не задействованного в данный момент фрикциона масло стекает в масляный картер. При установке селектора в положениях N и P золотник перекрывает ток к обоим фрикционам. Масло из фрикционов стекает в масляный картер.

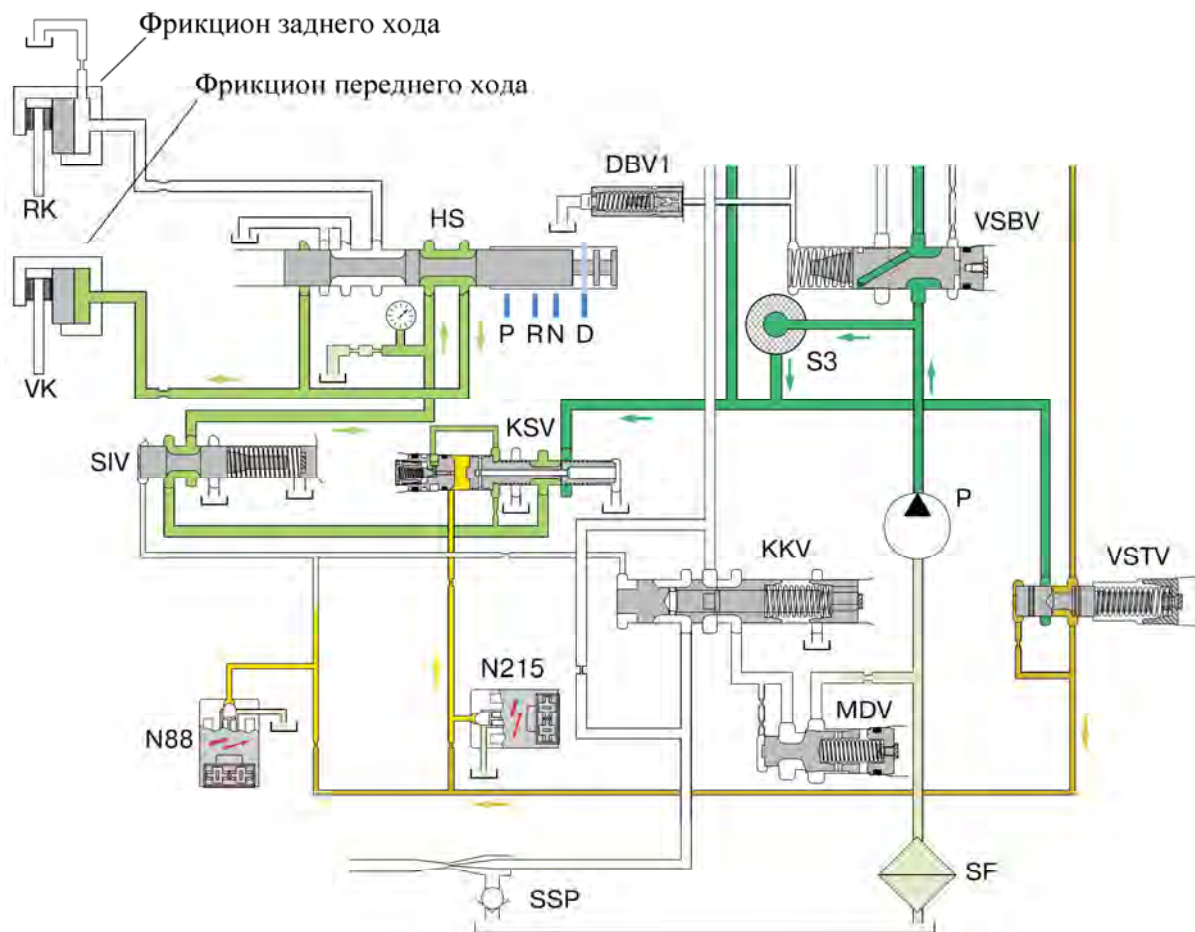


Рисунок 4.8 – Гидравлическая система управления

Управление фрикционом при движении с малой скоростью способствует тому, что при холостых оборотах двигателя и рычаге селектора в положении для движения у фрикциона настраивается определенный момент проскальзывания. Крутящий момент варьируется в пределах определенных границ в зависимости от условий и скорости движения. Для точной регулировки момента проскальзывания фрикциона используется значение давления прижима дисков шкива, измеряемое датчиком G194.

Охлаждение и смазка фрикционов. В целях защиты фрикционов от чрезмерного нагрева (особенно при трогании с места в сложных условиях) они охлаждаются отдельным потоком масла. Чтобы на охлаждение фрикционов затрачивалась как можно меньшая мощность насоса, охлаждающий поток масла подается системой управления по необходимости. Еще большему снижению нагрузки на масляный насос способствует подпитка охлаждающего контура эжекционным насосом. Для оптимизации охлаждения фрикционов охлаждающий поток масла направляется только на тот фрикцион, который участвует в передаче крутящего момента (рисунок 4.7 и 4.9). Масло для охлаждения и регулировки фрикциона переднего хода течет внутри полого входного вала КП, где его потоки разделены внутренней стальной трубой. Рядом с отверстиями для выхода масла из входного вала находится маслораспределитель, который подает охлаждающее масло к фрикциону либо переднего, либо заднего хода.

Фрикцион переднего хода

Фрикцион заднего хода

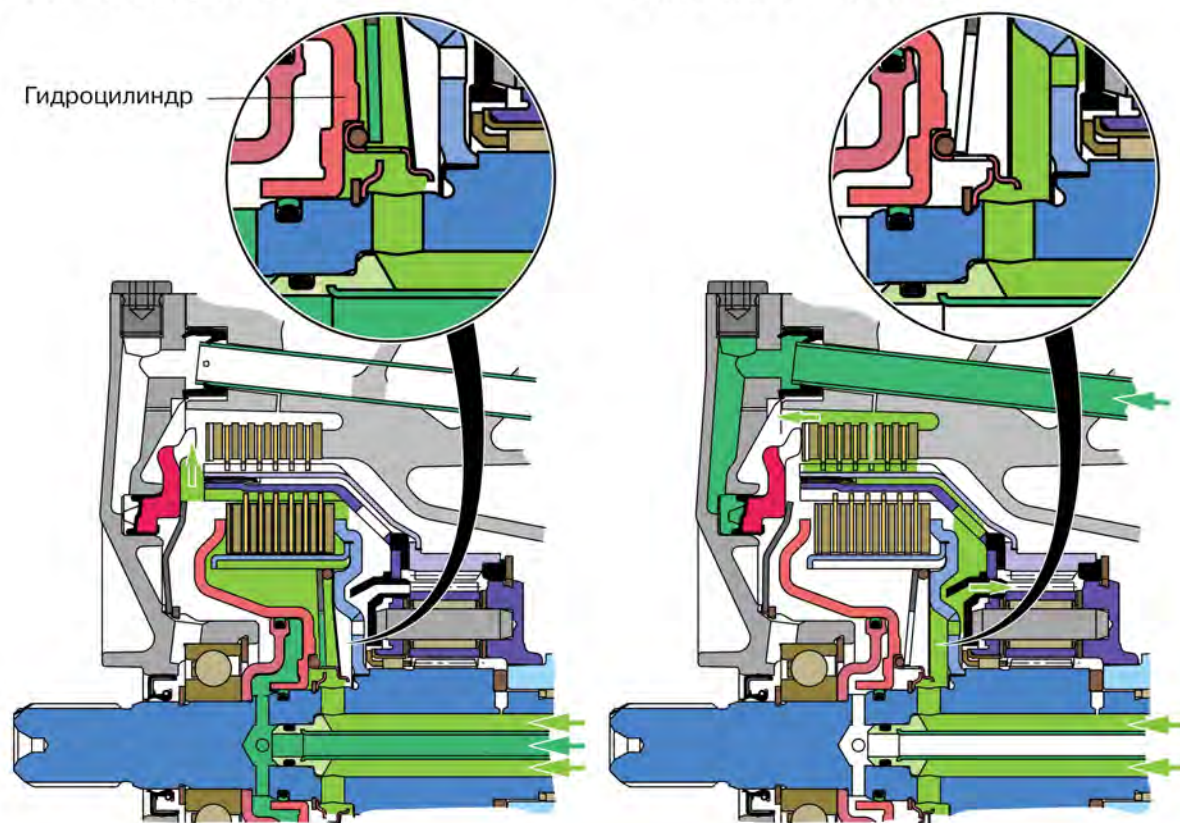


Рисунок 4.9 – Подача масла для охлаждения и смазки фрикционов

Охлаждение фрикциона переднего хода. Когда фрикцион переднего хода замкнут, его гидроцилиндр (нажимной диск) отжимает распределительную шайбу назад (рисунок 4.9). При таком положении распределительной шайбы охлаждающий поток масла омывает ее переднюю сторону и далее — фрикцион переднего хода.

Охлаждение фрикциона заднего хода. Когда фрикцион переднего хода разомкнут (на холостом ходу или при замкнутом фрикционе заднего хода), распределительная шайба находится в исходном положении. При таком положении шайбы охлаждающий поток масла омывает ее тыльную сторону и с помощью распределительной шайбы направляется далее к фрикциону заднего хода. Кроме того, часть масла направляется к планетарному механизму для его смазки.

Промежуточная передача. По компоновочным соображениям передача крутящего момента на вариатор осуществляется через промежуточную передачу (рисунок 4.5). Подбором передаточного числа промежуточной передачи КП согласуется с различными двигателями. Это позволяет вариатору работать в оптимальном диапазоне крутящего момента.

4.3. Работа вариатора КП Multitronic

В основу работы вариатора положена двухконтурная система гидравлического управления. Еще одной особенностью вариатора является наличие в шкиве 1 датчика крутящего момента (рисунки 4.10 и 4.11). Каждый из шкивов 1 и 2 имеет по одному гидроцилиндру для прижима дисков (прижимные гидроцилиндры) и одному гидроцилиндру для изменения передаточного отношения (регулирующие гидроцилиндры). Двухконтурная система гидравлического управления позволяет с помощью небольшого объема масла очень быстро изменять передаточное отношение и при сравнительно небольшом давлении масла с достаточной силой прижимать диски шкивов.

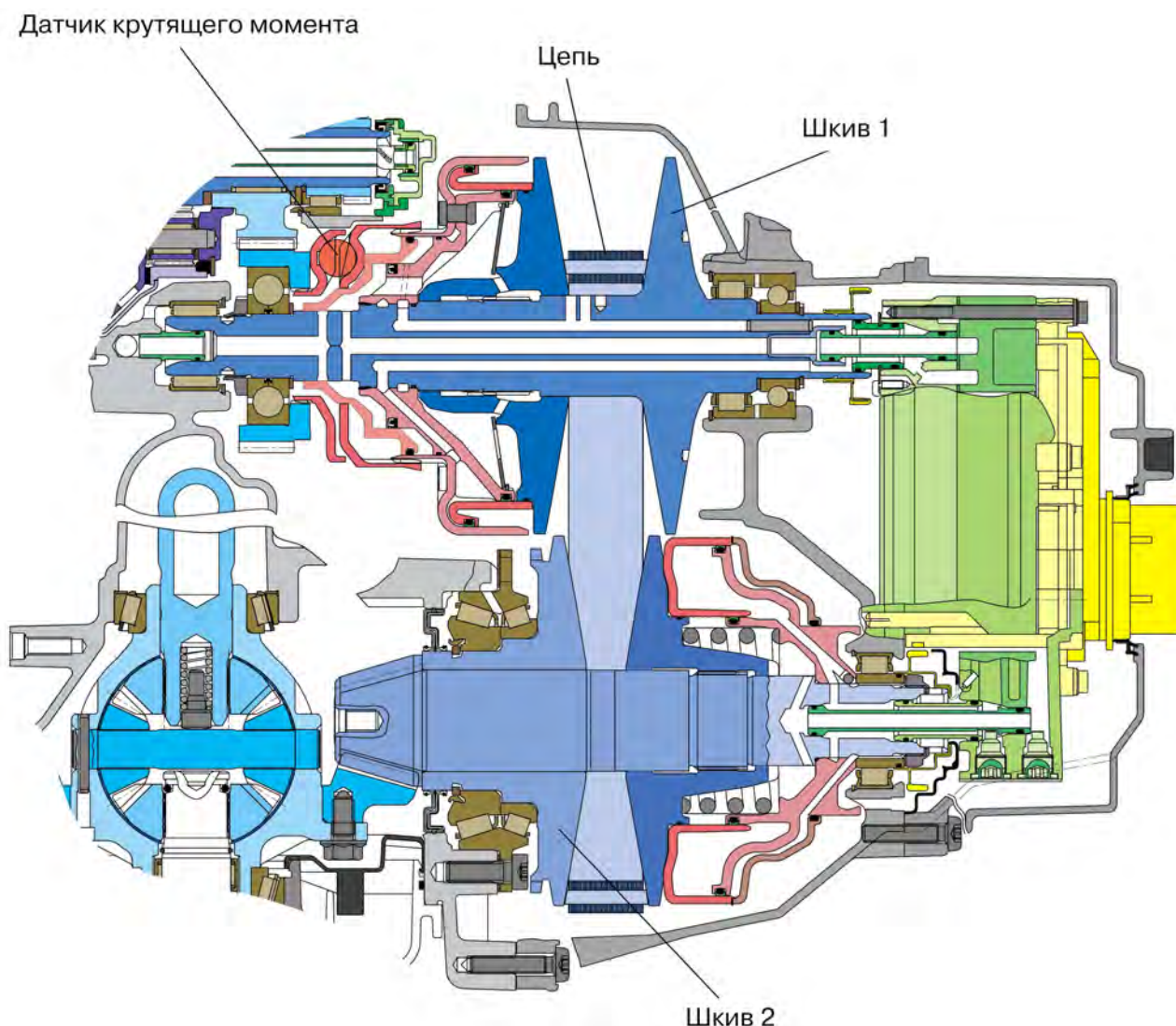


Рисунок 4.10 – Максимальное (понижающее) передаточное отношение

Динамика регулировки шкивов должна быть очень высокой, что требует соответствующего количества масла в гидравлической системе. Чтобы сократить необходимый объем масла, регулирующие гидроцилиндры имеют меньшую опорную площадь, нежели прижимные гидроцилиндры. Высокая динамика регулировки обеспечивается малой производительностью масляного насоса,

что позитивно отражается на КПД агрегата. Тарельчатая пружина в шкиве 1 и витая пружина в шкиве 2 поджимают цепь при отсутствии давления в гидравлической системе. Под нажимом витой пружины в шкиве 2 вариатор при отсутствии давления в гидравлической системе устанавливается в положение максимального передаточного отношения.

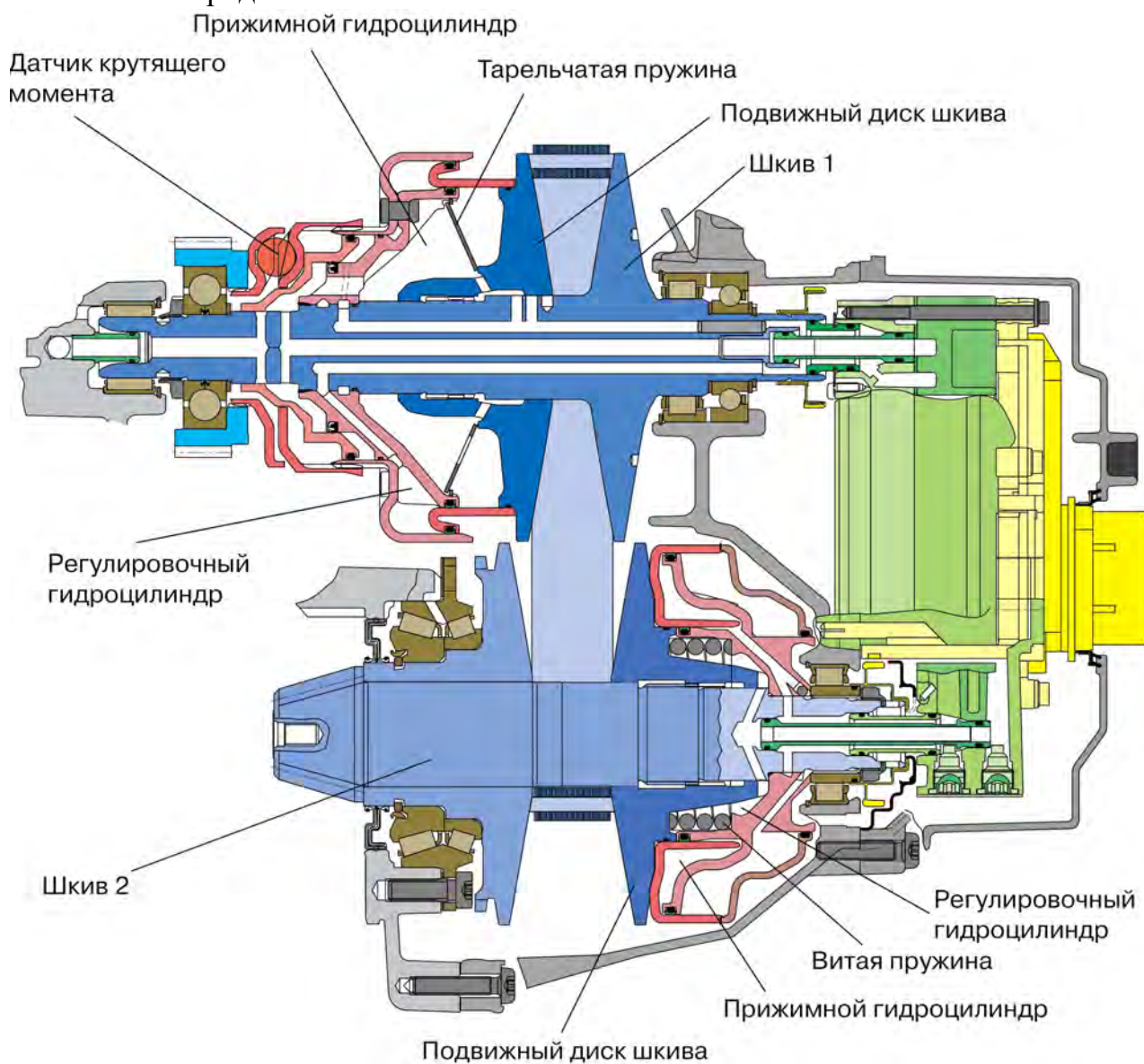


Рисунок 4.11 – Минимальное (повышающее) передаточное отношение

Благодаря большой площади прижимных гидроцилиндров требуется меньшее давление масла для прижима дисков шкивов. Сравнительно низкое давление масла также положительно отражается на КПД.

Для расчета заданного числа оборотов ведущего шкива у блока управления Multitronic имеется динамическая программа регулирования (DRP). Для выбора оптимального передаточного отношения с ее помощью анализируются желание водителя и условия движения. В зависимости от условий динамическая программа регулирования рассчитывает заданные обороты. Датчик G182 измеряет на шкиве 1 текущие обороты входного вала КП. На основе сравнения

фактического и заданного значений блок управления КП рассчитывает ток сигнала управления клапаном регулировки давления N216. Почти пропорционально значению тока управляющего сигнала клапан N216 изменяет давление масла для управления гидравлическим клапаном регулировки передаточного отношения.

Гидравлическое управление передаточным отношением. Благодаря клапану давления предварительного управления VSTV на клапан регулировки давления N216 масло подается под постоянным давлением величиной примерно 5 бар (рисунок 4.12). В соответствии с током управляющего сигнала, рассчитанным блоком управления КП, клапан N216 создает управляющее давление, влияющее на положение $\ddot{U}v$ клапана регулировки передаточного отношения.

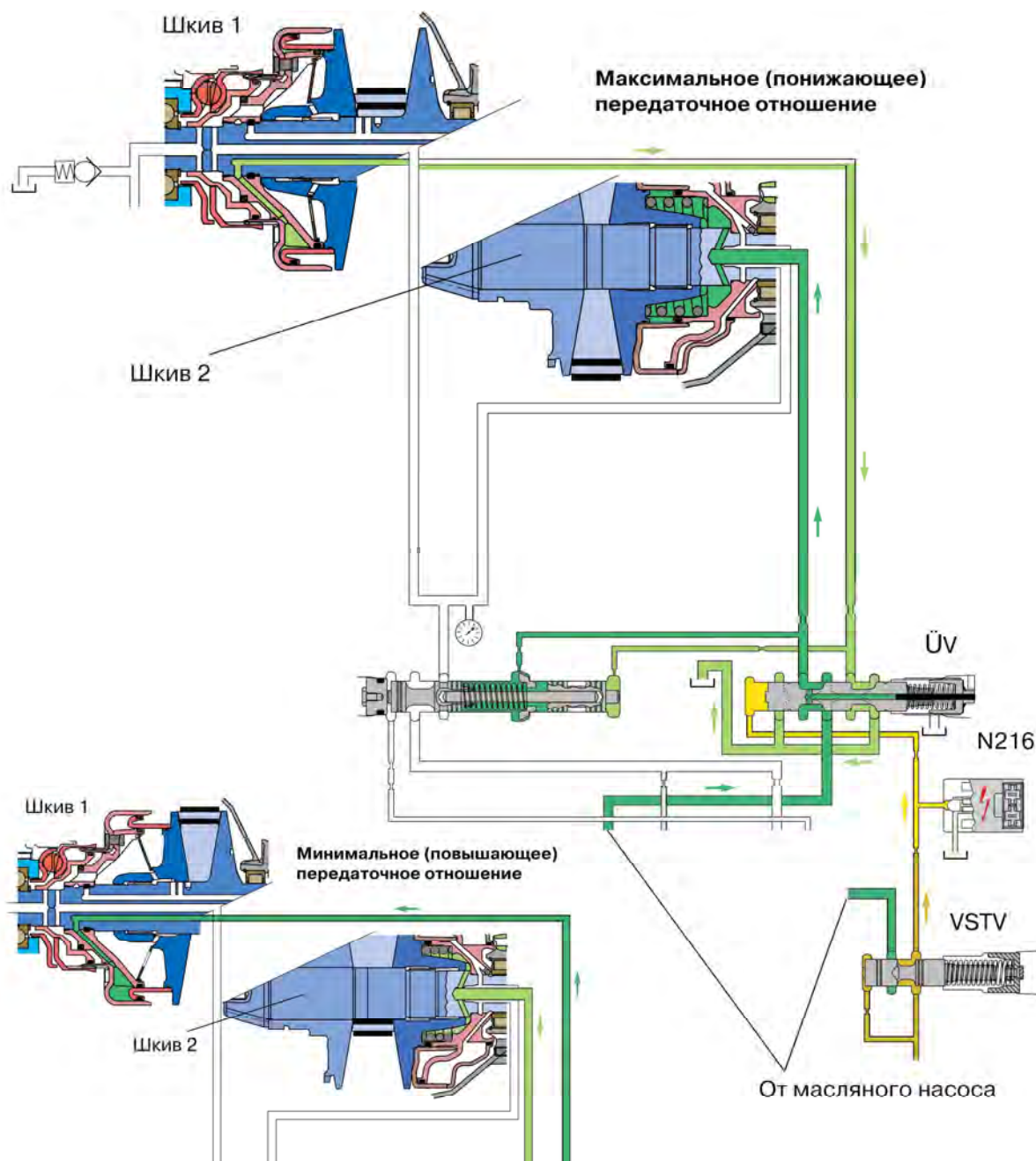


Рисунок 4.12 – Управление передаточным числом

Чем выше ток управляющего сигнала, тем выше управляющее давление. В зависимости от управляющего давления клапан регулировки передаточного отношения $\dot{U}V$ подает давление масла на регулировочный гидроцилиндр шкива 1 или 2.

При управляющем давлении от 1,8 до 2,2 бар клапан регулировки передаточного отношения $\dot{U}V$ закрыт. При управляющем давлении менее 1,8 бар регулировочное давление подается на регулировочный гидроцилиндр шкива 1, в то время как из регулировочного гидроцилиндра шкива 2 масло стекает в картер. Шкивы вариатора устанавливаются в положение минимального передаточного отношения. При управляющем давлении более 2,2 бар регулировочное давление подается на регулировочный гидроцилиндр шкива 2, в то время как из регулировочного гидроцилиндра шкива 1 масло стекает в картер. Шкивы вариатора устанавливаются в положение максимального передаточного отношения.

Датчик крутящего момента (регулировки силы прижима). Как уже говорилось, давление масла в прижимном гидроцилиндре создает соответствующую силу прижима дисков шкива. Если эта сила мала, то цепь проскальзывает на шкивах, что угрожает повреждением цепи и шкивов. Слишком высокое давление прижима уменьшает КПД трансмиссии. Поэтому важно как можно точнее и надежнее регулировать силу прижима дисков. Гидравлическо-механический датчик крутящего момента в шкиве 1 очень точно измеряет фактический передаваемый крутящий момент и устанавливает правильное давление масла в прижимных гидроцилиндрах.

Датчик крутящего момента состоит из двух полумуфт и семи стальных шариков, движущихся по наклонным дорожкам полумуфт (рисунок 4.13). Полумуфта 1 плотно соединена с приводом шкива 1 (ведомой шестерней промежуточной передачи). Полумуфта 2 подвижно сидит на прямых шлицах шкива 1 и упирается в поршень датчика крутящего момента. Поршень датчика крутящего момента служит для регулировки давления прижима и образует две внутренние полости (полости 1 и 2 поршня датчика крутящего момента). Полумуфты могут поворачиваться друг относительно друга вокруг оси. При этом за счет геометрии наклонных дорожек и шариков крутящий момент преобразуется в силу, действующую в осевом направлении. Данная осевая сила через полумуфту 2 перемещает поршень датчика крутящего момента. При этом управляющие кромки поршня закрывают или открывают выходные отверстия полости 1 (рисунок 4.14). Порождаемая датчиком крутящего момента осевая сила является управляющей силой, пропорциональной крутящему моменту двигателя. В соответствии с ней устанавливается давление в прижимном гидроцилиндре.

Конструкция всей системы такова, что осевая сила, являющаяся результатом преобразования крутящего момента, и сила от давления в прижимном гидроцилиндре уравниваются друг друга (баланс сил). При неизменных условиях движения выходные отверстия открыты лишь частично. Падение давления, вызванное тем, как датчик крутящего момента открывает выходные отверстия, изменяет давление в прижимном гидроцилиндре. Когда крутящий момент увеличивается, выходные отверстия еще больше закрываются управляющей кром-

кой. Давление в прижимном гидроцилиндре возрастает до тех пор, пока не восстановится баланс сил. Когда крутящий момент уменьшается, выходные отверстия открываются еще больше. Давление в прижимном гидроцилиндре уменьшается до тех пор, пока не восстановится баланс сил.

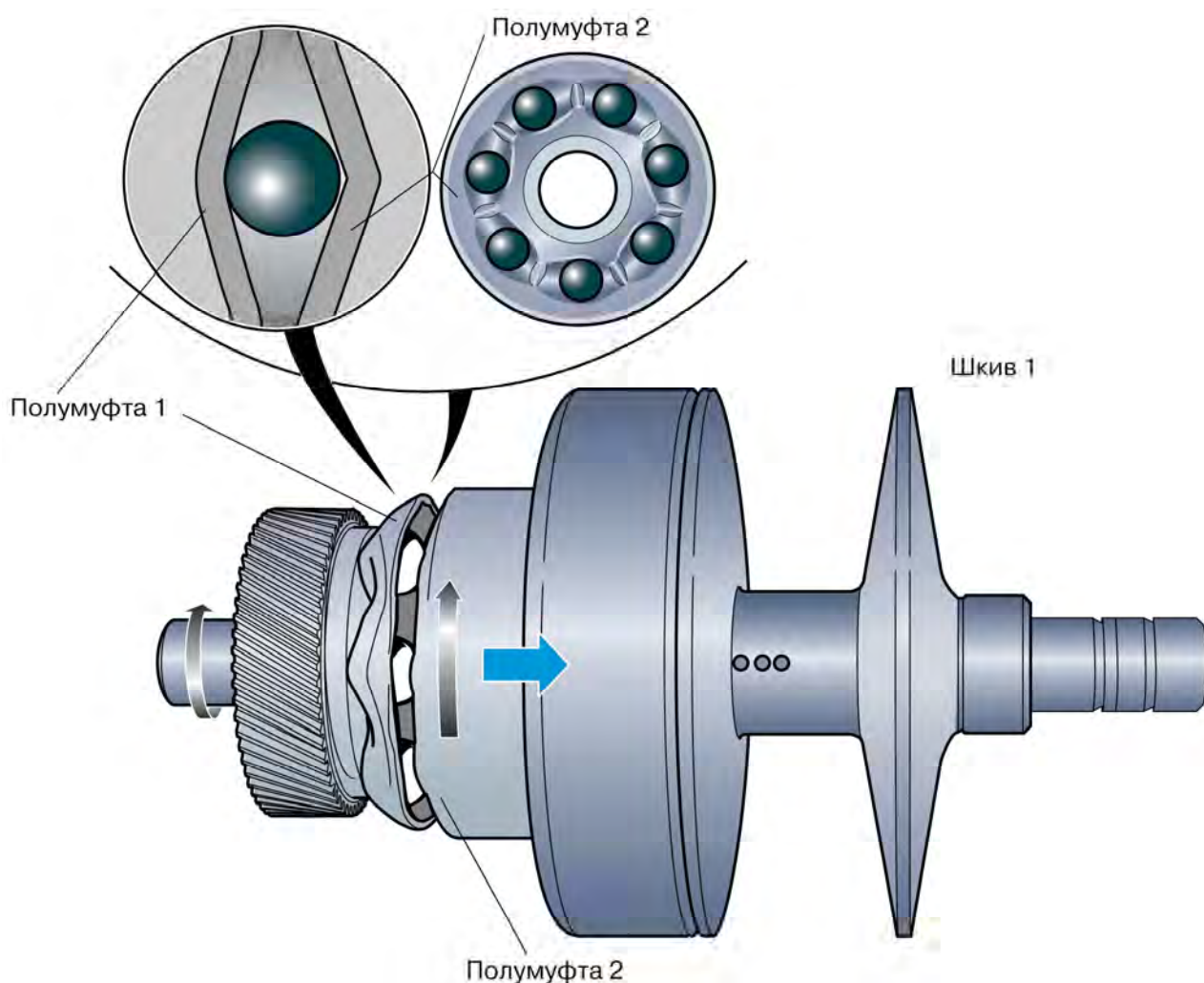


Рисунок 4.13 – Датчик крутящего момента

Давление прижима дисков шкивов зависит не только от крутящего момента, но и от радиуса цепи на шкиве, а значит — от текущего передаточного отношения вариатора (рисунок 4.15). Зависящая от передаточного отношения сила прижима регулируется через изменение давления в полости 2 поршня датчика крутящего момента. При увеличении или уменьшении давления в полости 2 изменяется давление в прижимном гидроцилиндре. Управлять давлением в полости 2 позволяют два поперечных отверстия в вале шкива 1. При осевом смещении подвижного диска шкива они открываются/закрываются. При изменении положения вариатора в сторону понижения передаточного отношения оба поперечных отверстия сначала закрываются.

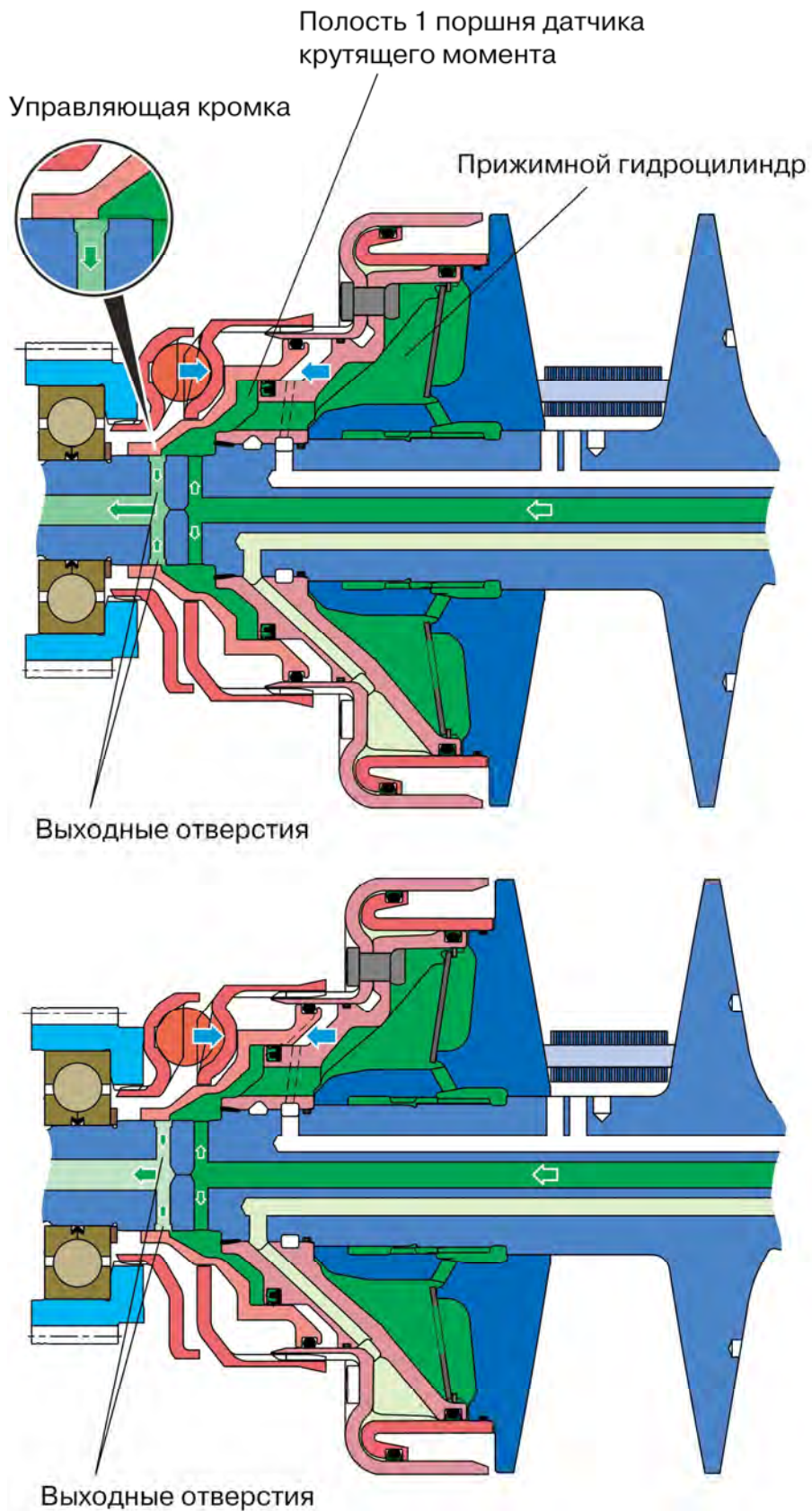


Рисунок 4.14 – Регулирование прижимающего усилия

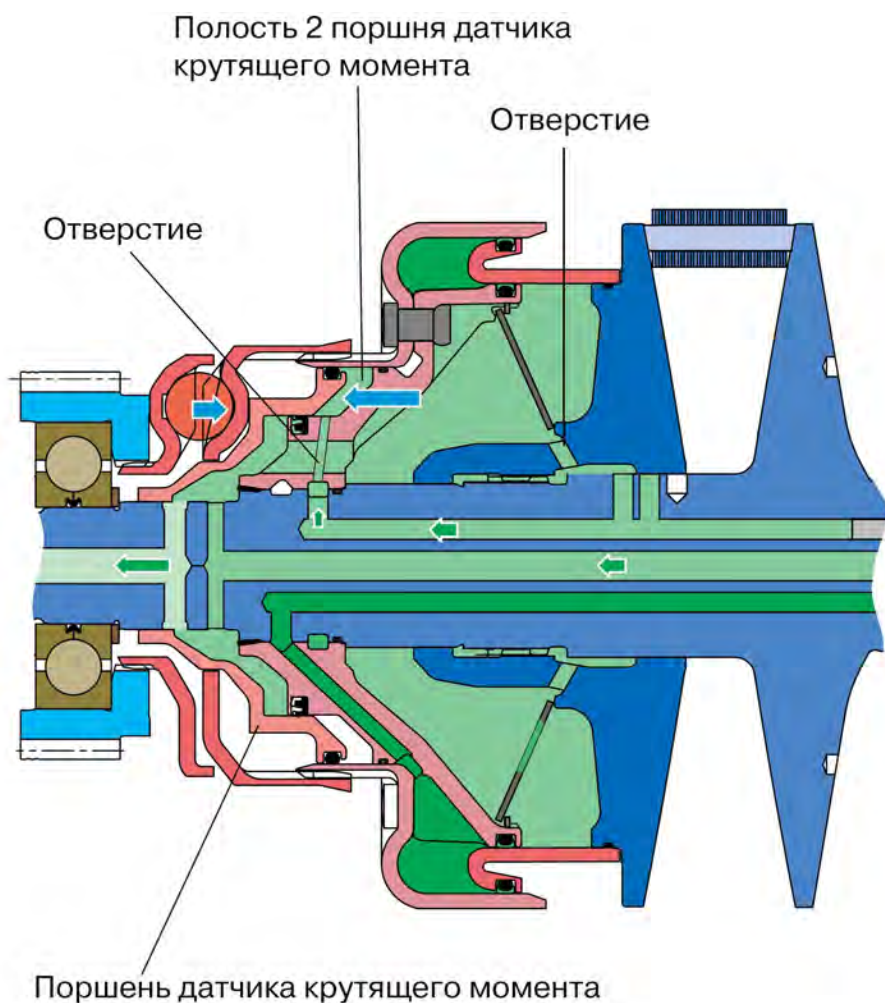


Рисунок 4.15 – Понижение передаточного отношения

Начиная с определенного передаточного отношения левое отверстие открывается и при этом через соответствующее отверстие в подвижном диске шкива сообщается с прижимным гидроцилиндром. Теперь масло под давлением поступает из прижимного гидроцилиндра в полость 2 поршня датчика крутящего момента. Это давление противодействует осевой силе датчика крутящего момента и отодвигает поршень датчика влево. Управляющая кромка еще больше открывает выходные отверстия и давление масла в прижимном гидроцилиндре уменьшается.

Цепь. Важнейшим элементом вариатора Multitronic является его цепь. Впервые в коробке передач CVT в качестве промежуточного гибкого элемента использована цепь (рисунок 4.16). Это абсолютно новое решение, которое по сравнению с до сих пор известными промежуточными гибкими элементами, такими как наборный металлический или клиновой ремни, имеет следующие преимущества:

- Очень маленькие радиусы обкатки делают возможным большой диапазон передаточных чисел при малых конструктивных размерах вариатора.
- Способность передавать большой крутящий момент.
- Высокий КПД.

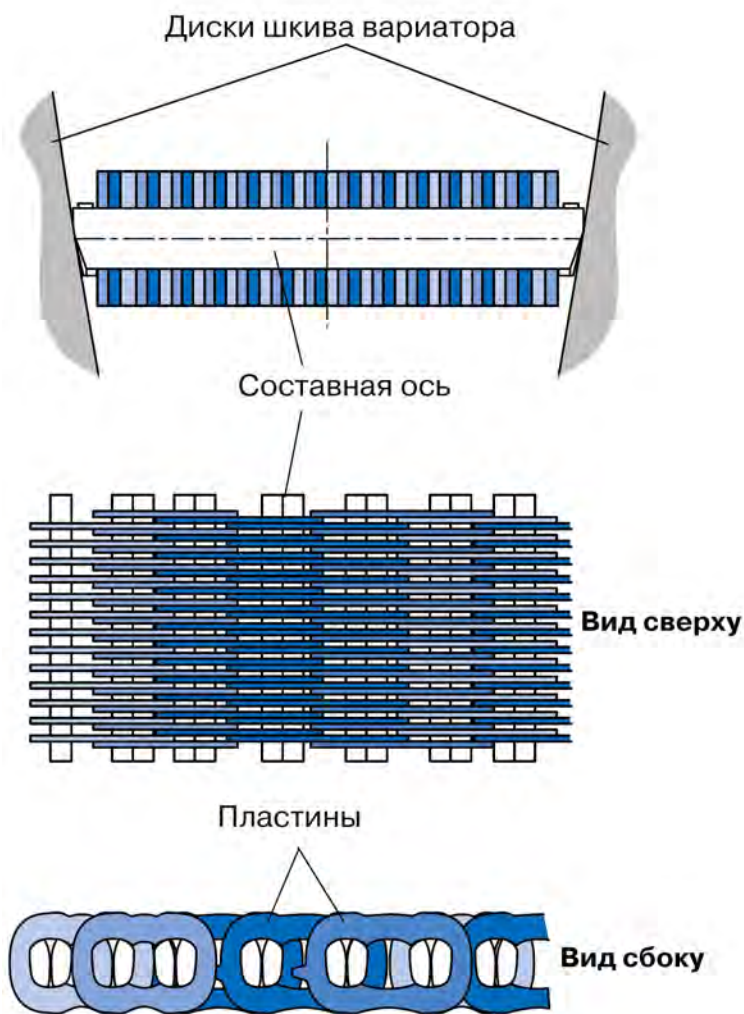


Рисунок 4.16 – Цепь

Диапазон передаточных чисел указывается в виде коэффициента. Максимальное передаточное отношение, поделенное на коэффициент диапазона передаточных чисел, дает минимальное передаточное отношение. В целом большой диапазон регулирования является достоинством, потому что допускает как высокое максимальное передаточное отношение (хорошая динамика), так и низкое минимальное передаточное отношение (низкий расход). Особенно это верно для КП CVT, у которых возможны практически любые промежуточные отношения, изменение которых происходит плавно, без скачков.

Цепь CVT состоит из набранных в ряд пластин, соединенных составными осями. Через каждый ряд пластин проходят две составных оси. Когда диски шкива сближаются и зажимают между собой

выступающие по бокам оси, крутящий момент передается за счет сил трения между торцами осей и рабочими поверхностями дисков.

Каждая из двух составных осей неподвижно соединена с одним рядом пластин. Составная ось образует качающийся шарнир. Когда цепь описывает радиус на шкиве, сегменты составной оси как бы качаются друг на друга, то есть трение между ними почти полностью отсутствует. Поэтому, несмотря на высокие значения крутящего момента и угол изгиба, потери мощности и износ сводятся к минимуму. Это способствует продолжительному сроку службы и увеличению КПД вариатора.

В настоящее время в качестве цепи используется стальная гибкая лента (рисунок 4.17), состоящая из 412 сегментов и наборов стальных колец, каждый набор состоит из 12 стальных колец (лент).

Подача масла. В КП Multitronic передача крутящего момента зависит как от электропитания, так и от подачи масла. Работа масляного насоса покрывает основные потребности коробки передач в энергии и определяет ее суммарный КПД. Поэтому описанные выше системы имеют конструкцию, позволяющую

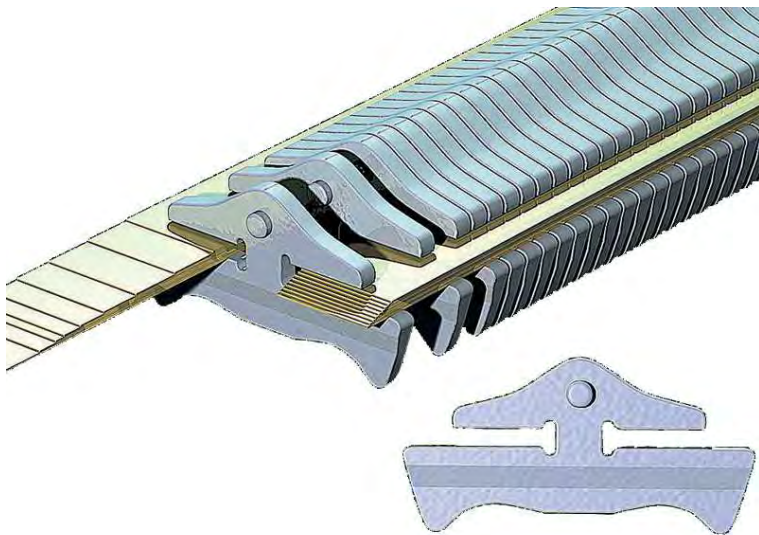


Рисунок 4.17 – Гибкий ремень

им обходиться минимальным количеством масла, подача которого была организована совершенно по-новому.

Чтобы уменьшить количество соединений, масляный насос закреплен непосредственно на гидравлическом блоке управления (рисунок 4.18). Такая конструкция обеспечивает компактность, уменьшает потери давления и недорога в изготовлении. КП Multitronic оборудована оптимизированным по КПД шесте-

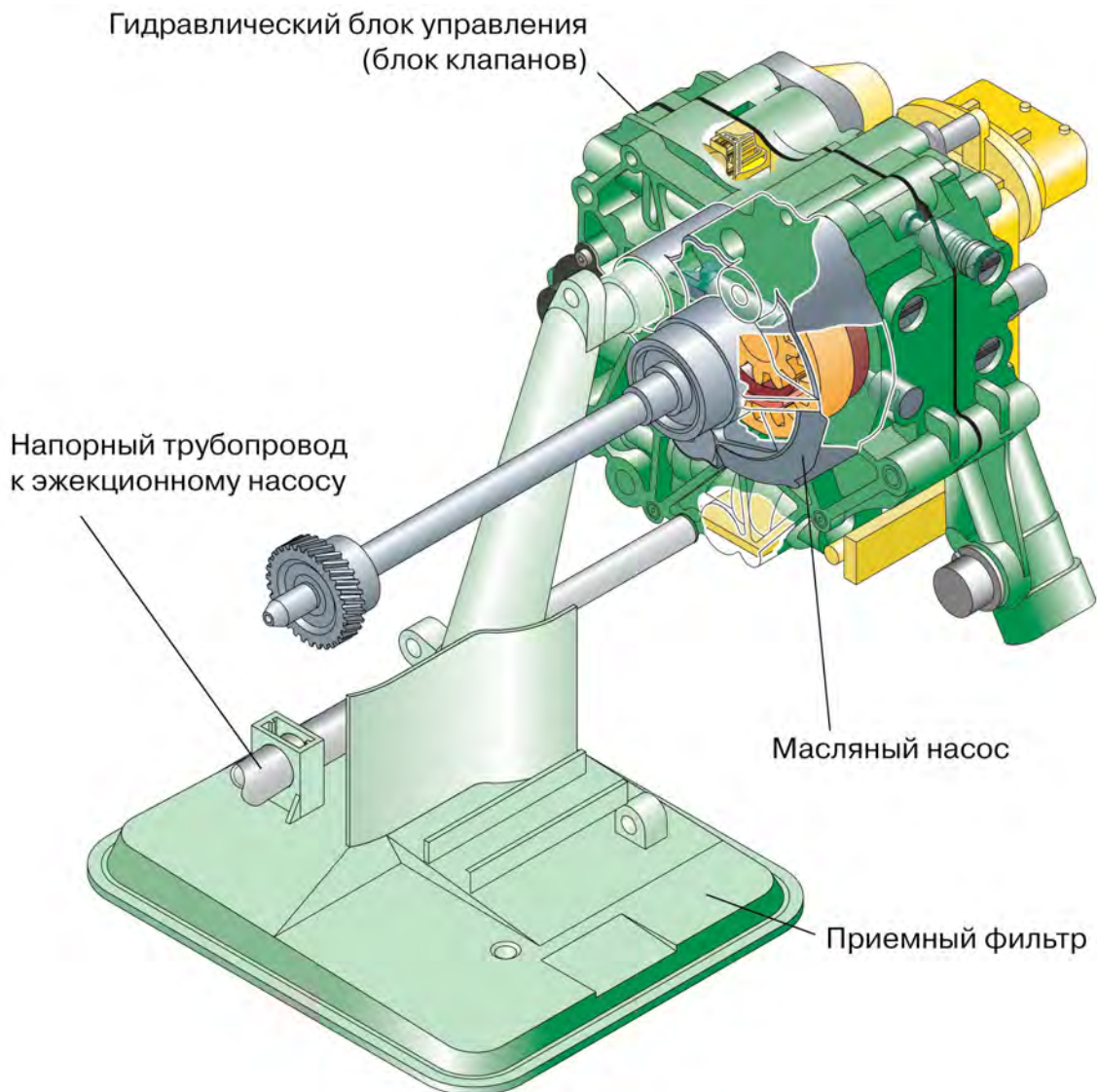


Рисунок 4.18 – Привод масляного насоса

ренчатым насосом. Он нагнетает необходимое давление при сравнительно небольшом объеме масла в системе. Эжекционный насос подает дополнительный объем масла под слабым давлением в гидросистему охлаждения фрикционов. Шестеренчатый насос встроен в гидравлический блок управления и приводится непосредственно от первичного вала через цилиндрическое зубчатое колесо и вал насоса (рисунок 4.19).

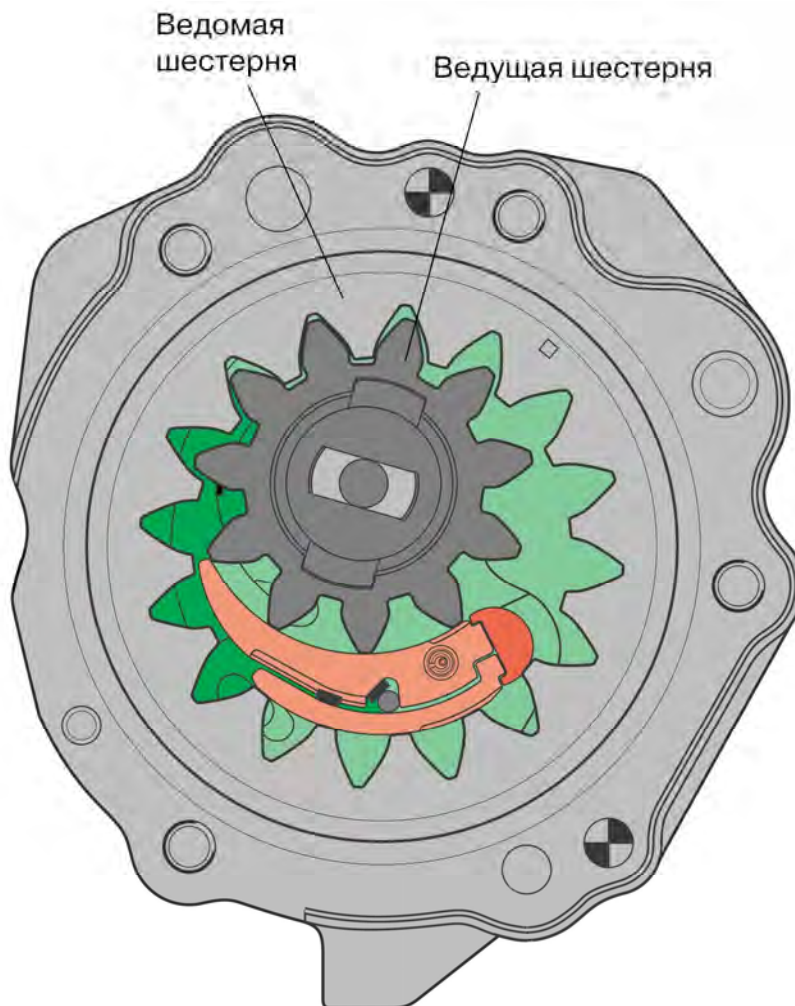


Рисунок 4.19 – Гидронасос

4.4 Элементы конструкции

Составные уплотнительные кольца. КП Multitronic использует новый тип уплотнительных колец — составные уплотнительные кольца (рисунок 4.20). Этими кольцами уплотнены прижимные и регулировочные гидроцилиндры первичного и вторичного шкивов, а также поршень фрикциона переднего хода. Кольцо круглого сечения выполняет две задачи: прижимает наружное кольцо и уплотняет зазор. Составное уплотнительное кольцо поджимается под действием давления масла. Достоинства составных уплотнительных колец: хорошее скольжение, малое сопротивление при перемещении, износостойкость, малая деформация под действием давления.

Данная коробка передач имеет особенность: масло в ней передается не по каналам в картере (как у обычных гидромеханических АКП), а почти исключительно по трубопроводам.

Для уплотнения соединений трубопроводов используются торцевые уплотнения (рисунок 4.21). Торцевые уплотнения напорных трубопроводов имеют две рабочие кромки, которые поджимаются под действием давления масла и обеспечивают надежную герметизацию. Такой способ позволяет надежно уплотнить соединения трубопроводов, даже если они расположены не под прямым углом (например, напорный трубопровод к фрикциону заднего хода). Кромки торцевого уплотнения впускного патрубка масляного насоса поджимаются за счет силы запрессовки.

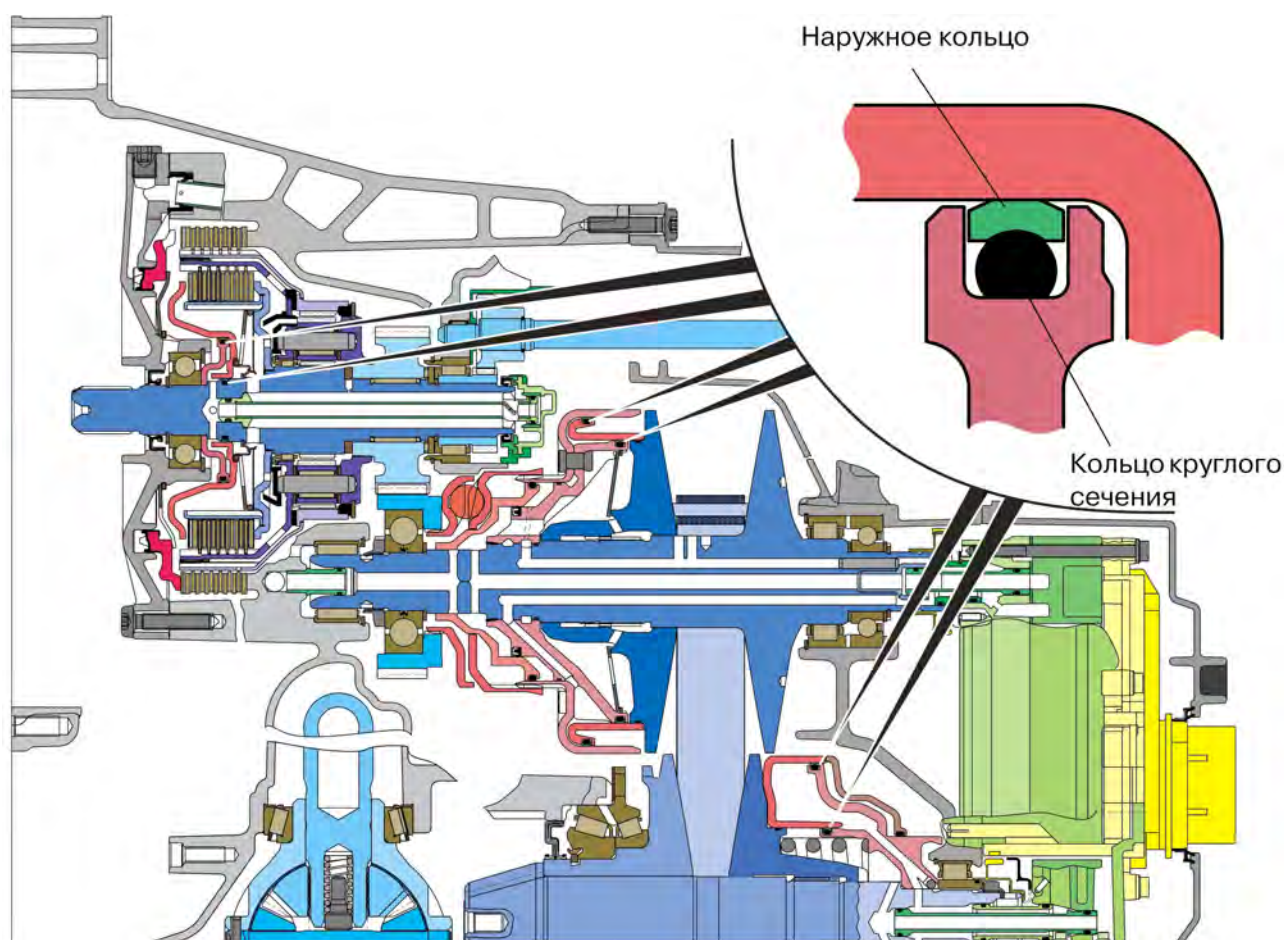


Рисунок 4.20 – Применение уплотнительных колец

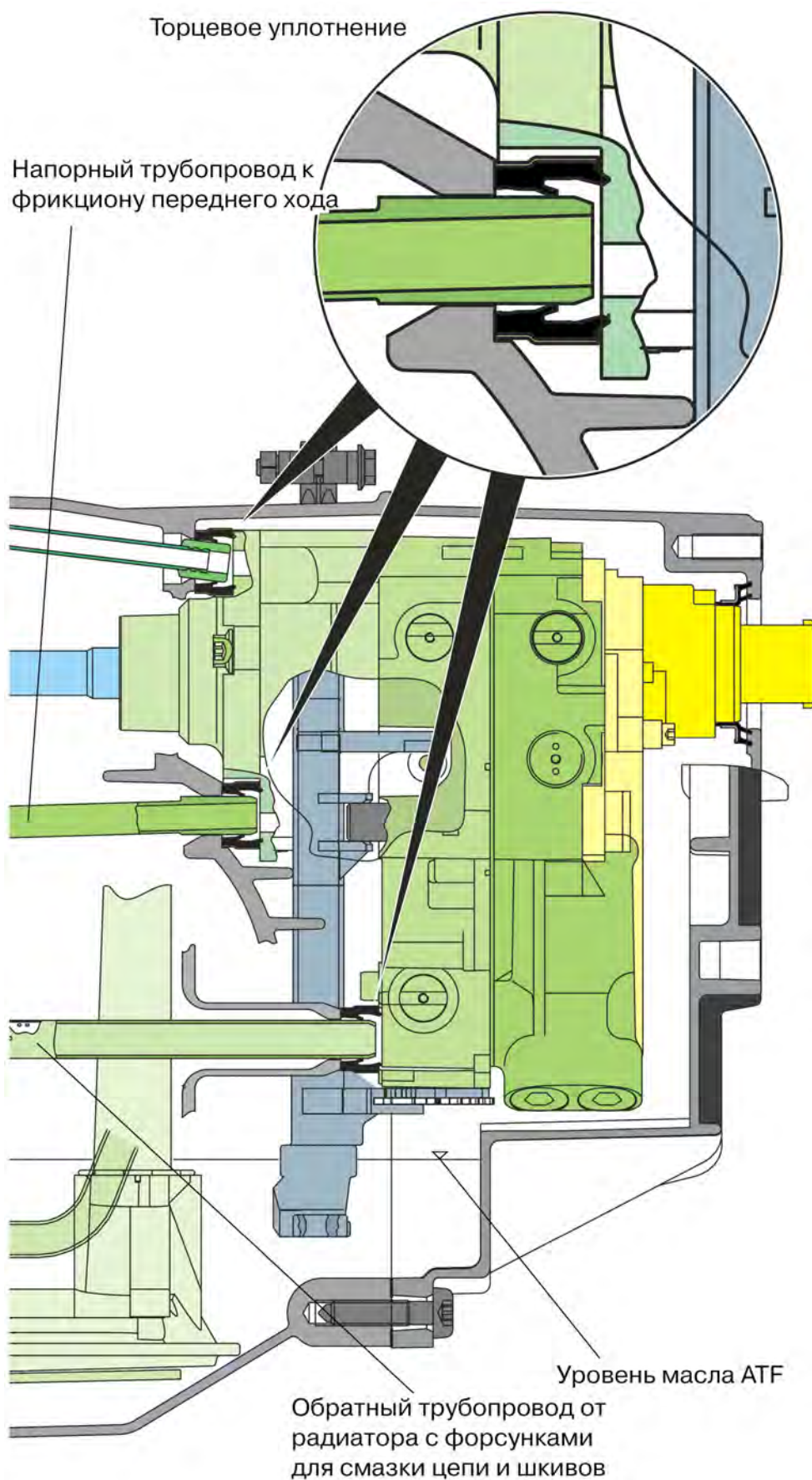


Рисунок 4.21 – Торцевые уплотнения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дениелс Дж. Современные автомобильные технологии. – М. : ООО «Издатель АСТ» ; ООО «Изд-во Астрель», 2003. – 223 с.
- 2 Механическая или автоматическая коробка передач? URL: http://www.vaz-2101-07.ru/opit_voditelja/mechanika_ili_avtomat.html.
- 3 Нарбут А. Н. Гидромеханические передачи автомобилей : учебное пособие. – М. : ООО «Гринлайт+», 2010. – 192 с.
- 4 Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета : учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.
- 5 Пособие по программе самообразование 228. Бесступенчатая автоматическая коробка передач Multitronic 01J. Устройство и принцип действия. ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», AUDI AG, Отдел I/VK-5, D-85045 Ингольштадт. URL: <http://volkswagen.msk.ru>.
- 6 Пособие по программе самообразование 308. Автоматическая коробка передач DSG 02E. ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, VK-36 Service Training. URL: <http://volkswagen.msk.ru>.
- 7 Пособие по программе самообразования 320. Шестиступенчатая механическая коробка передач 0A5. Конструкция и принцип действия. ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», AUDI AG, Отдел I/VK 5, D 85045 Ингольштадт. URL: <http://volkswagen.msk.ru>.
- 8 Программа самообучения 386. 6-ступенчатая коробка передач со сдвоенным сцеплением 02E (S tronic). ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», AUDI AG, D 85045 Ingolstadt. URL: <http://volkswagen.msk.ru>.
- 9 Программа самообучения 390. 7-ступенчатая коробка передач со сдвоенным сцеплением 0AM. Конструкция и принцип действия. ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», Volkswagen AG, Service Training VSQ, Wolfsburg. URL: <http://volkswagen.msk.ru>.
- 10 Силифонов В. В. Автоматические системы автомобиля : учебник для вузов. – М. : ООО «Гринлайт+», 2011. – 312 с.
- 11 Сравнение МКПП и АКПП. URL: <http://avtomotospec.ru/sovety/otlichiya-preimushhestva-i-nedostatki-mexanicheskoy-i-avtomaticheskoy-korobki-peredach.html>.
- 12 Харитонов С. А. Автоматические коробки передач. – М. : ООО «Изд-во Астрель» : ООО «Издатель АСТ», 2003. – 335 с.
- 13 Чередниченко Ю. И. Преимущества автомобилей с АКПП. URL: http://www.matir.ru/useful/advantage_akpp.

Учебное издание

Александр Павлович Петров

**СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ**

Учебное пособие

Редактор О.Г. Арефьева

Подписано в печать 15.10.15	Форма 60×84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ.л. 5,0	Уч.-изд. л. 5,0
Заказ 256	Тираж 50	

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.