



О разрыве потока мощности в трансмиссии легковых автомобилей



Дмитрий ДЕМИДОВ
Dmitry V. DEMIDOV

Владимир КУЧКАРОВ
Vladimir V. KUCHKAROV



Демидов Дмитрий Валентинович — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Уральского государственного лесотехнического университета, Екатеринбург, Россия.

Кучкаров Владимир Владимирович — магистрант Уральского государственного лесотехнического университета, Екатеринбург, Россия.

On the Interruption in Torque Delivery of Passenger Cars

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 85)

В статье в порядке обсуждения рассматривается явление разрыва потока мощности в трансмиссии легковых автомобилей, наблюдающееся при переключении передачи движущейся на подъём машины, а также условия, при которых будет иметь место откат автомобиля. Анализ принципа действия коробки перемены передач различного типа позволяет сделать вывод, что откат автомобиля при разрыве потока мощности в трансмиссии не будет наблюдаться для преселективной коробки — в отличие от механической и роботизированной.

Ключевые слова: автомобиль, трансмиссия, коробка перемены передач (КПП), разрыв потока мощности, механическая КПП, автоматическая КПП, бесступенчатая трансмиссия, вариатор, роботизированная коробка.

При управлении легковым автомобилем нередко случаи, когда при движении на подъём имеет место откат автомобиля назад. Такое явление в большинстве своём объясняют недостаточным опытом водителя при трогании с места, когда он тратит больше времени на перевод ноги с тормоза на газ, или освобождением стояночного тормоза. Естественно, что значительный откат может привести к дорожно-транспортному происшествию, особенно при несоблюдении требуемой дистанции.

Но откат машины назад может быть вызван и работой коробки перемены передач определённого вида. Так, для механической и роботизированной коробки возникает явление разрыва крутящего момента (потока мощности), передаваемого на ведущие колёса легкового автомобиля, что и приводит к откату.

Принцип действия коробки перемены передач легковых автомобилей. Коробка перемены передач (далее — КПП) необходима для поддержания оптимального тягового усилия на ведущих колёсах при смене величины крутящего момента в широком диапазоне скоростей путём

изменения передаточного отношения, а также направления движения транспортного средства. На серийных легковых автомобилях выделяют четыре основных типа коробок перемены передач (рис. 1): механическая, автоматическая, бесступенчатая и роботизированная [3].

Что касается их принципа действия, то, например, в механической коробке перемены передач (далее — МКПП) изменение передаточного числа обеспечивается за счёт нескольких пар шестерён различных диаметров.

Основными достоинствами МКПП являются: простота конструкции, невысокая стоимость, малая масса, высокий коэффициент полезного действия, высокая надёжность, возможность буксировки автомобиля.

МКПП имеет и недостатки: необходимость правильного выбора оптимальной передачи для поддержания тягового усилия на нужном уровне, разрыв мощности в момент переключения передач, утомляемость водителя при переключении передач.

Из-за недостатков, присущих МКПП, возникла потребность в автоматической коробке перемены передач (АКПП), не отвлекающей водителя на переключение передач.

АКПП состоит из следующих узлов: гидротрансформатор, механическая коробка передач — набор фрикционных муфт (фрикционов) и шестерён с планетарным рядом, система управления.

Применение АКПП позволяет автоматизировать переключение передач и избежать разрыва потока мощности. Однако имеются и недостатки, среди которых потеря мощности и повышение расхода топлива автомобиля, сложность конструкции, высокая стоимость агрегата.

Из-за сложности конструкции и повышенного расхода топлива появилась бесступенчатая трансмиссия — вариатор (CVT), в котором изменение передаточного числа обеспечивается не зубчатыми шестернями, а двумя коническими шкивами и ремнём между ними.

Достоинствами автомобилей, оснащённых вариаторами, являются высокая топливная экономичность по сравнению с АКПП и плавность работы, а недостатками — психологический фактор (вариатор поддерживает двигатель на оборотах,

обеспечивающих максимальный крутящий момент), высокую стоимость ремонта в случае неисправности.

Ради соответствия экологическим нормам и уменьшения среднего расхода топлива возникли новые требования: нужна такая коробка передач, которая сохранит тот же расход топлива, что и автомобиль с механической коробкой передач, но при этом управление выбором передач будет автоматическим.

Так появились автоматизированные механические трансмиссии (далее — АМТ), в которых управление обеспечивается электроникой с помощью сервоприводов (актуаторов). Соответственно АМТ состоит из сцепления, коробки передач, актуаторов сцепления и передач, блока управления.

Автоматизированные механические трансмиссии именуют роботизированными коробками передач и выделяют два их вида: с одним сцеплением (роботизированная КПП) и с двумя сцеплениями (преселективная).

Роботизированная коробка передач (далее — РКПП) представляет собой МКПП, в которой переключение передач и разъединение двигателя и коробки осуществляется электроникой.

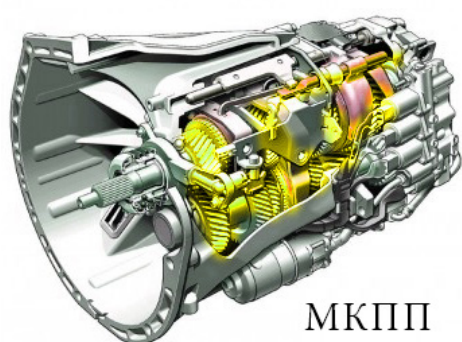
Среди достоинств РКПП можно отметить низкую стоимость узла по сравнению с АКПП или вариатором.

Несмотря на достоинства, автомобили, оснащённые роботизированными коробками с одним сцеплением, имеют и свой недостаток — длительное время переключения (примерно 1,5 с) отрицательно сказывается на времени разгона. При интенсивном разгоне водитель ощущает длительный разрыв потока мощности, что вызывает дискомфорт.

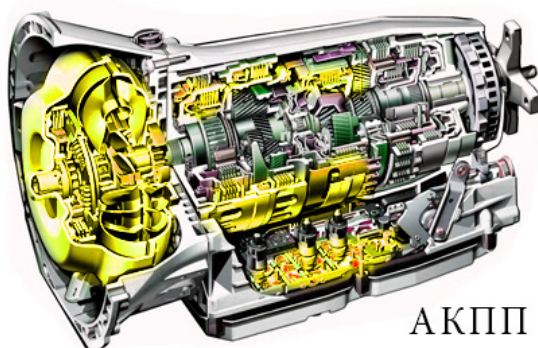
Для сокращения времени переключения была предложена конструкция роботизированных коробок передач, практически исключающих разрыв потока мощности. Такая конструкция получила название автоматизированных коробок передач с двойным сцеплением, иначе называемых преселективными.

Отметим конструктивные особенности автомобилей, оснащённых преселективной коробкой перемены передач: маховик

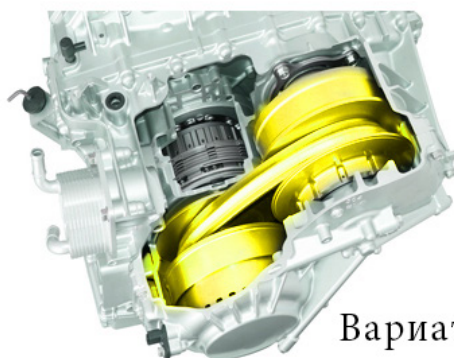




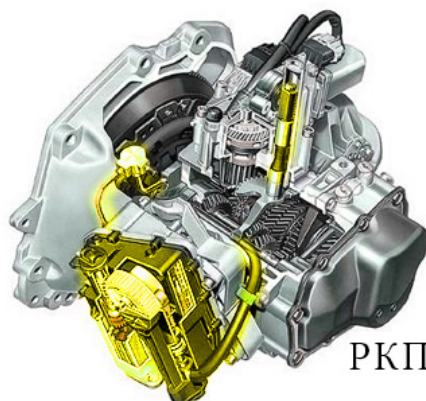
МКПП



АКПП



Вариатор



РКПП

Рис. 1. Различные типы коробок перемены передач. Отличительные элементы: МКПП – валы и шестерни; АКПП – гидротрансформатор, блоки фрикционов и управления; вариатора – конусные шкивы и ремень; РКПП – блок управления и актуаторы сцепления и передач.

особой формы, два сцепления с разными диаметрами, два первичных вала (один – полый, другой – сплошной). Сплошной вал обеспечивает передачу крутящего момента на шестерни нечётных передач, а полый – на шестерни чётных передач. Среди недостатков стоит отметить возросшую стоимость по отношению с РКПП с одним сцеплением или МКПП.

Все типы коробок перемены передач легковых автомобилей, а также отличительные элементы конструкции каждого типа коробки перемены передач представлены на рис. 1.

Работа КПП и поведение автомобиля при изменении дорожных условий. Проблема разрыва потока мощности и, как следствие, в некоторых случаях откат машины назад при определённых обстоятельствах присущ автомобилям, оснащённым механической или роботизированной КПП. Иначе говоря, не все современные модели легковых авто полноценно приспособлены к условиям эксплуатации.

Необходимо учитывать, что откат автомобиля назад будет иметь место при совокупности дорожных обстоятельств, обусловленных в первую очередь наличием продольного уклона, изменением направления движения (поворот) и другими факторами, вызывающими снижение скорости машины [2].

Для понимания проблемы выделим возможные дорожно-транспортные ситуации, приводящие к откату автомобиля назад. Допустим, модель с РКПП движется по дороге с асфальтобетонным покрытием равномерно со скоростью 20 км/ч. Алгоритм роботизированной коробки предполагает использование второй передачи. Рассмотрим работу РКПП и поведение автомобиля при смене дорожных условий – увеличении уклона и (или) изменении направления дороги в плане.

А. Отсутствие прекращения движения и отката. Например, направление дороги изменяется на 90°, что вынуждает водителя снизить скорость до 10 км/ч. При этом

роботизированная коробка понижает передачу: включается первая. После выхода из поворота автомобиль продолжает движение без отката.

В этом случае значение силы инерции превышает значение силы сопротивления движению, и автомобиль в момент переключения передач движется накатом (при отсутствии силы тяги на ведущих колёсах), то есть:

$$F_j > F_{\psi}, \quad (1)$$

где F_j — сила инерции автомобиля; F_{ψ} — сила сопротивления движению автомобиля [6].

Выражаем требуемые величины сил:

$$F_j = ma, \quad (2)$$

где m — масса автомобиля; a — ускорение автомобиля.

$$F_{\psi} = G(f \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (3)$$

где G — сила тяжести; f — коэффициент сопротивления качению; α — угол продольного уклона дороги.

Преобразуя выражение (1) через выражения (2) и (3), получаем, что отката не произойдет при условии, когда

$$a > g(f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (4)$$

Б. Прекращение движения без отката.

Например, автомобиль поворачивает и начинается движение на подъём. В этом случае роботизированная коробка передач тоже понижает передачу, включается начальная — машина продолжает движение, но с одной особенностью: возможна такая ситуация, что автомобиль может остановиться за то время, пока переключались передачи. И тогда силы инерции и сопротивления движению уравниваются, то есть:

$$F_j = F_{\psi}. \quad (5)$$

Иными словами, движение прекратится при условии:

$$a = g(f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (6)$$

В. Откат после прекращения движения.

Например, автомобиль поворачивает и начинается движение на подъём. РКПП

понижает передачу, включая первую передачу. За то время, пока переключалась передача, возникает остановка из-за возросшей силы сопротивления движению. А при подаче крутящего момента на ведущие колёса возможен откат назад из-за недостаточного сцепления ведущих колёс с опорной поверхностью [7].

Условие отката автомобиля после прекращения движения будет иметь вид:

$$F_j < F_{\psi}. \quad (7)$$

То есть откат произойдет при условии:

$$a < g(f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (8)$$

Автомобиль должен быть безопасен. Поэтому неконтролируемые ситуации надо исключить, в том числе и конструкцией его узлов и механизмов.

Во избежание отката автомобиля назад следует либо вручную заранее выбирать первую передачу (что противоречит смыслу роботизированной коробки), либо изменять конструкцию коробки передач таким образом, чтобы исключить внештатные ситуации.

Длительность разрыва потока мощности.

Откат автомобиля показывает, что автомобиль полноценно не приспособлен к условиям эксплуатации. Данная проблема, тем не менее, имеет место лишь при действии совокупности факторов.

Длительность разрыва потока мощности на автомобилях, оборудованных МКПП и РКПП, определяется временем переключения. Для его уменьшения необходимо организовать работу коробки перемены передач так, чтобы после выключения предыдущей передачи муфта включения следующей уже находилась в зацеплении. То есть в целях снижения длительности разрыва крутящего момента требуется наличие преселективной роботизированной КПП.

Время, необходимое на переключение передачи, будет зависеть от конструкции КПП, применяемой в автомобиле. В варианте с МКПП время будет зависеть как от времени срабатывания муфты на уравнивание угловых скоростей синхронизатора, так и от времени, нужного водителю для воздействия на рычаг.



Зависимость времени переключения от типа КПП

Вид КПП	МКПП	АКПП	Вариатор	РКПП	Преселективная КПП
Длительность разрыва потока мощности (время переключения передачи)	1...2 с ¹⁾	0 ²⁾	0 ³⁾	1...2 с	0,08...0,1 с

Примечания: 1) Зависит от квалификации водителя, конструкции коробки передачи типа двигателя. Для механических коробок передач принимают 1...2 с. [1]. 2) В АКПП разрыв потока мощности отсутствует за счёт особенности конструкции КПП: в момент перемены передач обеспечивается небольшое буксование фрикционов, что позволяет плавно переключить передачу и избежать разрыва потока мощности. 3) В вариаторе разрыв потока мощности отсутствует за счёт плавного изменения передаточного отношения [4].

В АКПП разрыва потока мощности не происходит благодаря гидравлике. Вариатор за счёт плавного изменения передаточного отношения также исключает разрыв потока мощности

В РКПП это время будет зависеть от скорости исполнительных элементов (актуаторов сцепления и перемены передач) и времени срабатывания муфты.

В преселективных КПП разрыв потока мощности столь незначителен (0,08–0,1 с [5]), что его можно не учитывать.

Более наглядно зависимость длительности разрыва потока мощности от типа КПП представлена в таблице 1.

Выводы

Выявленная проблема разрыва потока мощности, передаваемого на ведущие колёса легкового автомобиля, в настоящее время не имеет должного внимания специалистов.

При сравнении типов КПП по длительности разрыва потока мощности можно считать, что АКПП, вариатор и преселективная КПП обладают преимуществом над МКПП и РКПП, поскольку в этих коробках перемены передач отсутствует разрыв потока мощности.

Как показывает сравнительный анализ, наиболее перспективной выглядит коробка передач с двумя сцеплениями, так как она объединяет преимущества всех существующих типов: отсутствие разрыва потока мощности, плавность переключения и плавность хода, комфорт управления, высокая топливная экономичность, высокие тягово-динамические

характеристики. Алгоритм программирования РКПП подстраивается под манеру вождения водителя, что является немаловажным преимуществом роботизированной коробки.

Более того, если сравнить преселективную коробку передач с первыми механическими коробками, то можно сделать вывод, что коробка передач с двумя сцеплениями — это две механических коробки, объединённых в один корпус и выполненных с применением современных технологий — электронного автоматизированного управления.

Насколько правомерны подобные выводы и могут ли они оспариваться — видно, все же вопросы дискуссионные. Но внимания специалистов, повторим, они несомненно заслуживают.

ЛИТЕРАТУРА

- Иларионов В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля. — М.: Машиностроение, 1966. — 280 с.
- Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. — М.: Транспорт, 1989. — 255 с.
- Кучкаров В. В., Демидов Д. В. Исторический обзор развития конструкции коробок перемены передач легковых автомобилей // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2017. — № 1. — С. 125–132.
- Бесступенчатая автоматическая коробка передач Multitronic 01J. Устройство и принцип действия / Программа самообучения Audi № 228. — М.: Фольксваген Груп Рус, 2001. — 99 с.
- Шестиступенчатая коробка передач со сцепным сцеплением 02E (S-tronic) / Программа самообучения Audi № 386. — М.: Фольксваген Груп Рус, 2010. — 87 с.
- Дэниэлс Д. Современные автомобильные технологии. — М.: АСТ; Астрель, 2003. — 223 с.
- Умняшкин В. А., Филькин Н. М., Музафаров Р. С. Теория автомобиля: Учеб. пособие. — Ижевск: ИжГТУ, 2006. — 272 с.

Координаты авторов: **Демидов Д. В.** – demidov1974@yandex.ru,
Кучкаров В. В. – nrg17194@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 23.04.2017, принята к публикации 02.06.2017.