

**М.Ю. Петухов, Б.В. Галкин**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **О ЛЕГКОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ И НЕДОСТАТКАХ СТУПЕНЧАТЫХ КОРОБОК С МНОГОКОНУСНЫМИ СИНХРОНИЗАТОРАМИ**

*Приведен обзор конструкций современных многоконусных синхронизаторов. Применение многоконусных синхронизаторов позволяет снизить усилие при переключении передач, но не лишено недостатков. Затрудненное переключение главным образом связано с присутствием масла в зоне трения.*

**Ключевые слова:** синхронизатор, конструкция, усилие переключения.

Синхронизаторы в ступенчатых коробках передач появились настолько давно, что современный водитель даже не представляет, что для корректного управления процессом переключения передач в ней требовалось производить весьма сложные манипуляции для того, чтобы избежать хруста зубчатых муфт. Синхронизация включаемых деталей коробки осуществлялась путем управления педалями сцепления и газа, отточенного до совершенства. С появлением синхронизаторов – устройств, осуществляющих выравнивание угловых скоростей соединяемых деталей коробки, все изменилось, казалось бы, в лучшую сторону, но при этом ресурс коробки передач начал стремительно сокращаться. Детальями, ограничивающими долговечность коробки, оказались именно синхронизаторы. К слову сказать, когда-то на четырехступенчатой коробке грузовика ГАЗ –53 для включения третьей и четвертой передачи использовался синхронизатор. Примерно в 80-х гг. блокирующие кольца синхронизаторов были удалены, и путем некоторых усовершенствований синхронизатор превратился в зубчатую муфту, а водителя опять «заставили» вспомнить двойной выжим и перегазовку. Так АвтоГАЗ увеличил ресурс коробки самого массового грузовика в то время.

С тех пор прошло много времени. Ступенчатые коробки грузовиков стали изготавливать с 16 и даже 22 передачами переднего хода. Как правило, они автоматические, реже – полуавтоматические. Начало дви-

жения у автомобилей с полуавтоматическими трансмиссиями (трогание) происходит только с команды водителя. Существует также класс неавтоматических коробок передач. Переключение передач в большинстве коробок грузовиков осуществляется с помощью зубчатых муфт. Это обусловлено прежде всего соображениями экономии. Водитель-профессионал в состоянии осилить приемы управления с двойным выжимом сцепления и перегазовкой. Кроме того, шаг по частоте вращения соединяемых деталей коробки очень мал, поэтому техническая возможность обойтись без синхронизаторов имеется. Коробки передач без синхронизаторов, вне сомнений, являются более долговечными.

В современном же легковом автомобиле переключение передач в его ступенчатых коробках происходит только при помощи синхронизаторов. Даже передача заднего хода на многих коробках синхронизирована. В подавляющем большинстве используются конусные инерционные синхронизаторы. Конструкция наиболее распространенного конусного синхронизатора представлена на рис. 1. В основе этой конструкции синхронизатор, предложенный компанией Borg-Warner еще в 30-х гг. XX в.

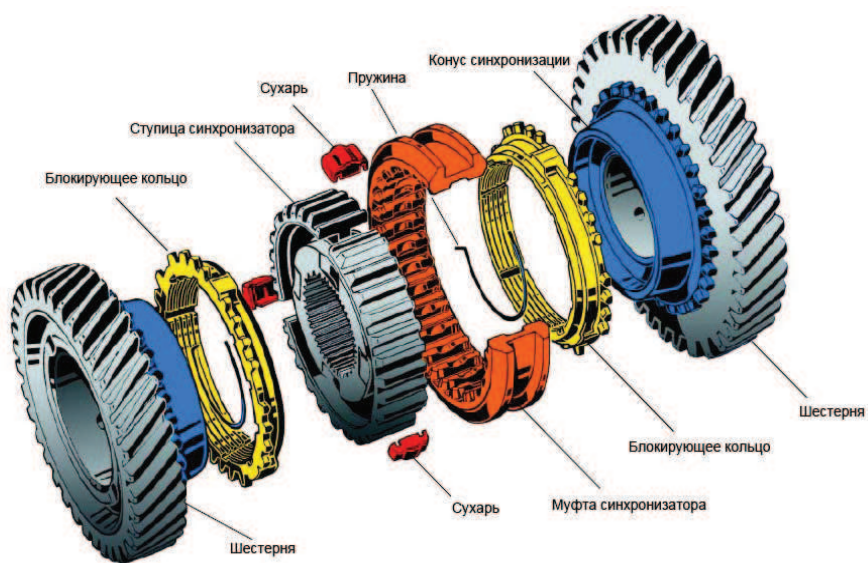


Рис. 1. Конструкция одноконусного синхронизатора

Особенностью работы этого синхронизатора является блокировка включения передачи из-за поворота блокирующего кольца в положение, препятствующее перемещению муфты синхронизатора. Поворот

блокирующего кольца обычно ограничен тремя пазами, выполненными в ступице синхронизатора. Ширина пазов немного больше ширины выступов на блокирующих кольцах.

При включении передачи происходит перемещение муфты синхронизатора в направлении одной из шестерен. Такое перемещение вызывает смещение сухарей, которые, в свою очередь, передают усилие блокирующему кольцу, которое перемещается под действием довольно малого усилия со стороны сухарей в сторону конуса синхронизации. При этом происходит подготовка к синхронизации, заключающаяся в поворачивании блокирующего кольца под действием сил трения до упора в кромку паза ступицы синхронизатора. На этом заканчивается первый этап включения передачи, так называемая предсинхронизация.

После того как поворот кольца произошел, зубья муфты синхронизатора установятся напротив зубьев блокирующего кольца. Скошенными поверхностями зубьев они взаимодействуют друг с другом, передавая осевые усилия на блокирующее кольцо. Усилие возрастает, и начинается синхронизация. Силы трения между блокирующим кольцом и конусом синхронизации выравнивают скорости ступицы синхронизатора и шестерни. При этом в основном увеличивается или уменьшается скорость вращения шестерни.

По окончании этапа синхронизации наступает этап включения передачи, который начинается с разблокирования синхронизатора. Зубья муфты синхронизатора проходят через зубья блокирующего кольца, поворачивая его относительно конуса синхронизации. На этом же этапе происходит утапливание сухарей. В дальнейшем скошенные поверхности зубьев муфты и зубьев малого зубчатого венца на шестерне взаимодействуют друг с другом, наподобие ранее описанного для случая муфты и блокирующего кольца, с той лишь разницей, что положение остановившейся шестерни является случайным. Потому включение может быть с усилием, связанным с поворотом шестерни или совсем без него, когда зубья являются отцентрированными. На заключительном этапе муфта свободно перемещается и этап включения заканчивается – можно передавать момент. Таким образом, существует несколько этапов включения передачи. Усилие, требуемое для ее включения, зависит от этапа. Характер изменения показан на рис. 2.



Рис. 2. Изменение усилия на муфте синхронизатора

Совершенствование конструкции синхронизаторов и стремление снизить усилие при включении привели к разработке многоконусных синхронизаторов. На рис. 3 показана конструкция таких синхронизаторов. Условно слева показан двухконусный, а справа – трехконусный синхронизатор.

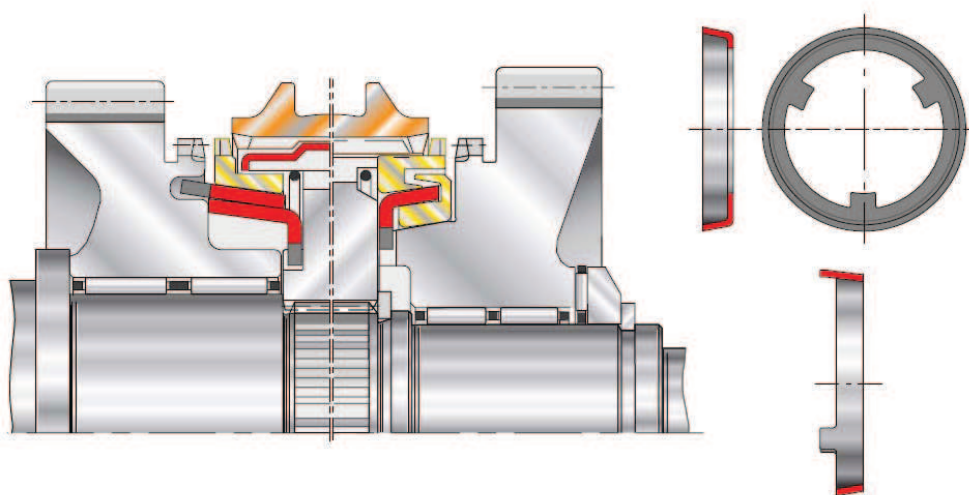


Рис. 3. Конструкция многоконусного синхронизатора

Применение многоконусных синхронизаторов позволяет довольно простыми средствами получить снижение усилия включения путем увеличения количества пар трения, что при приемлемом радиусе синхронизации обеспечивает получение эффекта снижения усилия. Данное обстоятельство подтверждается и диаграммой, представленной на рис. 2 справа.

Как правило, многоконусные синхронизаторы установлены на низших передачах. Обычно синхронизатор первой передачи современных коробок – трехконусный, второй передачи – двухконусный, а остальных передач – одноконусный. Современные коробки типа DCT (dual clutch transmission) – DSG или S-tronic фирмы Borg-Warner или PowerShift фирмы Getrag – также оборудованы синхронизаторами, в том числе и многоконусными. Особенность их конструкции и преселективное управление не оставляет другого выбора, кроме использования многоконусных синхронизаторов.

Проведенные нами исследования показали, что усилие переключения коробок передач, оборудованных многоконусными синхронизаторами, действительно снижено. Передачи переключаются легко и надежно. В то же время имеются и недостатки. В частности, отмечаются повышенные усилия переключения передач, особенно второй передачи. Эта особенность переключения передач свойственна ступенчатым коробкам многих производителей автомобилей. Проведенные исследования также показывают, что указанная особенность наблюдается в основном при эксплуатации автомобиля в городских условиях, с незначительными пробегами. В условиях продолжительной работы автомобиля, например при значительных однократных пробегах, такая особенность отсутствует. Затрудненное переключение передач в большей степени проявляется при эксплуатации автомобиля зимой.

Указанные особенности позволили предположить, что причина такого поведения ступенчатой коробки кроется в несоответствии температурных режимов работы агрегата. Результаты моделирования работы многоконусных синхронизаторов, проведенных нами, подтверждают общее значительное улучшение производительности многоконусных синхронизаторов по сравнению с одноконусным эквивалентом, за исключением условий работы при низких температурах, когда возникают сложности в удалении смазочного материала из нескольких поверхностей трения.

### Список литературы

1. Автомобильный справочник: пер. с английского. Первое русское издание. – М.: За рулем, 1999.
2. Красеньков В.И., Егоркин В.В. Синхронизаторы в ступенчатых трансмиссиях. – М.: Машиностроение, 1967.
3. Учебные материалы фирмы Volkswagen AG.
4. Рекламные проспекты фирмы INA.

Получено 15.09.2011