

УДК 629.113

НОВАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Р. Г. Хабибуллин, д. т. н. / В. В. Волошко / И. Р. Мавлеев, к. т. н. /
И. И. Салахов, к. т. н. / И. Д. Галимянов, к. т. н.

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального университета

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей программы стратегического развития ОАО «КамАЗ» является вывод на рынок грузовых автомобилей КамАЗ нового поколения, обладающих принципиально иными техническими характеристиками и потребительскими свойствами. В трансмиссии этого поколения грузовых автомобилей будут использоваться многоступенчатые коробки передач ZF Ecosplit. Они представляют собой механические коробки передач, состоящие из основного четырёхступенчатого редуктора, двухступенчатого делителя передач, встроенного в основной редуктор, и двухступенчатого демультипликатора, образованного трёхзвенным планетарным механизмом.

Такая схема имеет ряд недостатков, а именно:

- размещение делителя, состоящего из двух пар зубчатых передач и синхронизатора, в корпусе основного редуктора увеличивает длину и вес вторичного и промежуточного валов, а следовательно и габариты основного редуктора;
- основной редуктор имеет дополнительный ряд шестерён для обеспечения задней передачи, который также увеличивает длины валов и габариты корпуса основного редуктора;
- ряд шестерён задней передачи, в силу конструктивных особенностей, не обеспечивает передачу полной мощности двигателя в случае необходимости использования её при эксплуатации автомобиля;
- синхронизатор, служащий для переключения делителя, при управлении движением автомобиля переключается в четыре раза чаще, чем каждый син-

хронизатор основной коробки, что приводит к более интенсивному его износу;

- каждое переключение делителя осуществляется с выключением или включением сцепления, что приводит к повышенному износу трущихся деталей сцепления, разрыву потока мощности, передаваемого на ведущие колёса автомобиля. При этом уменьшается коэффициент использования мощности двигателя и коэффициент полезного действия коробки и снижается комфорт управления автомобилем.

Очевидно, что перед проектировщиками многоступенчатых коробок передач стоят следующие задачи:

- создание надёжной и жёсткой конструкции коробки передач с меньшими габаритными размерами и весом;
- повышение быстродействия и плавности переключения диапазона передач делителя без разрыва потока мощности и без выключения сцепления;
- обеспечение возможности испытания отдельно узлов коробки передач (дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора), что повысит качество общей сборки коробки передач в условиях крупносерийного производства.

НОВАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

Авторами данной публикации разработана и запатентована новая конструкция автомобильной многоступенчатой коробки передач, при реализации кото-

рой могут быть получены следующие технические результаты:

- исключение из конструкции основного редуктора зубчатых передач и синхронизатора, образующих делитель коробки передач в прототипах, за счёт применения дифференциального делителя приводит к значительному уменьшению осевых размеров и веса вторичного и промежуточного валов, что обуславливает уменьшение веса коробки передач;

- исключение из конструкции основного редуктора дополнительного ряда зубчатых шестерён заднего хода за счёт применения дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей дополнительно уменьшает осевые размеры и вес вторичного и промежуточного валов;

- увеличение жёсткости промежуточного и вторичного валов основного редуктора за счёт уменьшения их осевых размеров при одновременном уменьшении крутильных колебаний и моментов инерции способствует более быстрому выравниванию угловых скоростей вращающихся масс и меньшему износу блокирующих колец синхронизаторов основного редуктора при переключении передач;

- использование дифференциального делителя в конструкции коробки передач позволяет осуществлять переключение диапазона делителя без выключения сцепления, плавно и без разрыва потока мощности, что обеспечивает уменьшение износа трущихся деталей сцепления, повышение коэффициента использования мощности и увеличение топливной экономичности двигателя, так как в моменты переключения диапазона делителя, которые происходят в четыре раза чаще, чем переключение передач основного редуктора, двигатель не переходит в режимы частичных нагрузок;

- управление дифференциальным делителем осуществляется гидроприводом, включаемым только с помощью кнопки, расположенной на рычаге переключения передач, без выключения сцепления, что облегчает управление при движении автомобиля, повышает комфорт и снижает физическую нагрузку на водителя;

- использование дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей позволяет передавать полную мощность двигателя в случае необходимости при эксплуатации автомобиля на различных скоростях его движения задним ходом, что особенно важно для автомобилей специального назначения;

- повышение надёжности коробки передач, так как технологический процесс её сборки может быть осуществлён после предварительных стендовых испытаний отдельных её узлов, а именно дифференциального делителя, основного редуктора и диф-

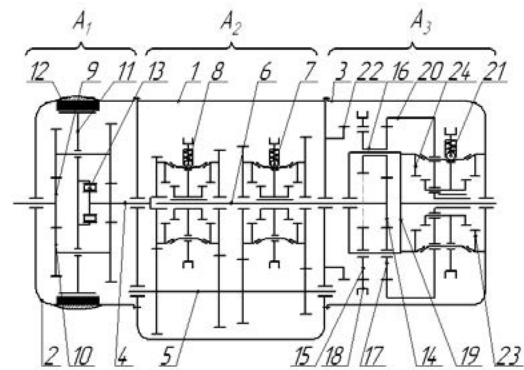


Рисунок 1. Кинематическая схема многоступенчатой коробки передач: A1 — дифференциальный делитель; A2 — основной редуктор; A3 — дифференциальный демультипликатор; 1 — корпус основного редуктора; 2 — картер сцепления (картер дифференциального делителя); 3 — картер дифференциального демультипликатора; 4 — первичный вал основного редуктора; 5 — промежуточный вал основного редуктора; 6 — вторичный вал основного редуктора; 7 и 8 — синхронизаторы первой-второй и третьей-четвёртой передач основного редуктора соответственно; 9 — входной вал-шестерня дифференциального делителя; 10 — двухвенцовые сателлиты дифференциального делителя; 11 — водило дифференциального делителя; 12 — ленточные тормоза; 13 — муфта свободного хода; 14 — ведущий зубчатый венец дифференциального демультипликатора; 15 — сателлиты дифференциального демультипликатора; 16 — двухвенцовые сателлиты дифференциального демультипликатора; 17 — паразитные сателлиты дифференциального демультипликатора; 18 — коронное колесо (муфта заднего хода) дифференциального демультипликатора; 19 — водило дифференциального демультипликатора (выходной вал коробки передач); 20 — коронное колесо дифференциального демультипликатора; 21 — синхронизатор дифференциального демультипликатора; 22 — зубчатый венец блокировки муфты заднего хода; 23 — зубчатый венец блокировки коронного колеса дифференциального демультипликатора; 24 — зубчатый венец блокировки дифференциального демультипликатора

ференциального демультипликатора, что, в свою очередь, создаёт предпосылки для автоматизации процесса общей сборки коробки передач.

Поставленная задача решается тем, что автомобильная многоступенчатая коробка передач состоит из дифференциального делителя, основного четырёхскоростного редуктора и дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей. На рис. 1 представлена кинематическая схема предлагаемой коробки передач.

Коробка передач содержит корпус 1 основного редуктора с отверстиями для крепления картера сцепления 2, являющегося одновременно картером дифференциального делителя, и картера дифференциального демультипликатора 3. Корпус основного редуктора с картером сцепления образуют замкну-

тую полость, в которой находятся первичный вал 4, промежуточный вал 5 и вторичный вал 6 основного редуктора коробки передач. Первичный вал является валом-шестернёй, опирающимся на роликоподшипник, установленный в отверстии картера сцепления. Промежуточный вал опирается на два роликоподшипника, установленные в отверстиях корпуса и картера сцепления. Вторичный вал одним концом опирается на роликоподшипник, установленный в первичном валу, а вторым концом — на роликоподшипник, установленный в корпусе основного редуктора.

Дифференциальный делитель содержит входной вал-шестерню 9, находящийся в зацеплении с двухвенцовыми сателлитами 10, установленными на осях, запрессованных в водило дифференциального делителя 11. Водило дифференциального делителя опирается на шарикоподшипники, установленные в картере сцепления и крышке дифференциального делителя, и блокируется ленточными тормозами 12. Между водилом 11 и первичным валом основного редуктора 4 установлена роликовая муфта свободного хода 13.

Дифференциальный демультипликатор содержит ведущий зубчатый венец 14, нарезанный на вторичном валу основного редуктора, сателлиты 15 и двухвенцовые сателлиты 16, паразитные сателлиты 17, коронное колесо 18, которое одновременно является муфтой заднего хода, водило демультипликатора 19, являющееся одновременно выходным валом коробки передач, и коронное колесо 20. На шлицах ступицы коронного колеса установлен синхронизатор демультипликатора 21. Водило демультипликатора опирается на шарикоподшипник, установленный в картере демультипликатора 3.

К корпусу основного редуктора прикреплён зубчатый венец 22, предназначенный для блокировки коронного колеса 18, на картере демультипликатора закреплён зубчатый венец 23, предназначенный для блокировки коронного колеса 20, а на водиле закреплён зубчатый венец 24, предназначенный для блокировки демультипликатора.

При управлении движением автомобиля происходит последовательное переключение диапазона дифференциального демультипликатора, передач основного редуктора и диапазона дифференциального делителя соответственно диаграмме передаточных чисел коробки передач (рис. 2).

Дифференциальный демультипликатор с интегрированной передачей заднего хода имеет две передачи переднего хода, нейтральное положение и одну передачу заднего хода. При движении гружёного автомобиля в тяжёлых дорожных условиях включается понижающая передача демультипли-

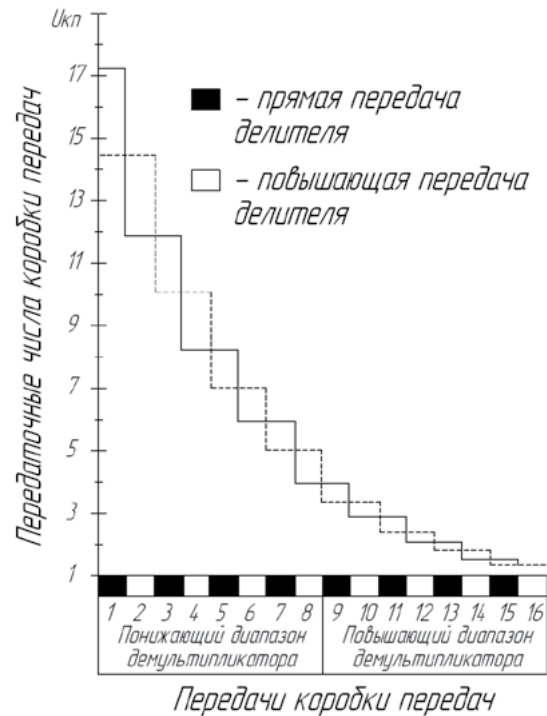


Рисунок 2. Диаграмма передаточных чисел многоступенчатой коробки передач

катора. При смене диапазона демультипликатора с понижающей на повышающую передачу зубчатая муфта синхронизатора 21 (рис. 1) перемещается в крайнее левое положение и, после выравнивания угловых скоростей соединяемых деталей блокирующим кольцом, вводится в зацепление с зубчатым венцом 24. Включение передачи заднего хода происходит перемещением коронного колеса 18, одновременно являющегося муфтой заднего хода, в крайнее левое положение и введением его в зацепление с зубчатым венцом 22, при этом муфта синхронизатора 21 находится в нейтральном положении.

Основной редуктор коробки передач имеет четыре передачи, переключение которых происходит с помощью синхронизаторов 7 и 8. Синхронизатор 7 включает первую и вторую передачи основного редуктора, при этом синхронизатор 8 находится в нейтральном положении, а включение третьей и четвертой передач осуществляется синхронизатором 8, причём синхронизатор 7 находится в нейтральном положении. Четвёртая передача основного редуктора — прямая, включается перемещением муфты синхронизатора 8 в крайнее левое положение, когда происходит блокировка первичного вала 4 с вторичным валом 6.

Дифференциальный делитель имеет две передачи. Ускоряющая передача делителя включается блокировкой водила делителя 11 на картер сцепления 2,

которая осуществляется ленточными тормозами 12. Включение прямой передачи делителя происходит автоматически при растормаживании ленточных тормозов блокировкой водила делителя на роликовую муфту свободного хода 13, установленную на валу 4. Автоматическая блокировка водила делителя на муфту свободного хода возможна благодаря особенностям дифференциальных механизмов с положительным передаточным числом меньше единицы, при котором все звенья дифференциального механизма вращаются в одну сторону, причём водило имеет большую угловую скорость вращения, нежели угловые скорости входного и выходного валов. Переключение диапазона дифференциального делителя осуществляется без выключения сцепления и, следовательно, без разрыва потока мощности. Тормозной момент на ленточных тормозах составляет часть передаваемого на выходной вал вращающего момента двигателя. Например, при передаточном отношении дифференциального делителя $i = 0,75$ на ленточный тормоз действует $0,25$ вращающего момента, а на выходной вал — $0,75$ вращающего момента, развиваемого двигателем. Алгоритм включения ленточных тормозов, осуществляемый гидравлической системой, обеспечивает быстрое и плавное переключение диапазонов дифференциального делителя.

Небольшая разница передаточных отношений соседних передач коробки позволяет выбрать оптимальный режим движения в экономичном диапазоне числа оборотов двигателя. Кроме того, это облегчает управление коробкой передач и снижает уровень шума.

В отличие от прототипа, у которого переключение диапазона делителя осуществляется с помощью синхронизатора, в предлагаемой коробке передач включение ускоряющей передачи осуществляется торможением водила дифференциального делителя ленточными тормозами, для включения прямой передачи ленточные тормоза освобождаются, и происходит автоматическая блокировка водила дифференциального делителя через муфту свободного хода на выходной вал дифференциального делителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По сравнению с прототипом предлагаемая автомобильная многоступенчатая коробка передач обладает техническими характеристиками, соответствующими требованиям современного автомобилестроения, в том числе имеет меньшие габаритные размеры и вес, обладает большей жёсткостью, виброустойчивостью и меньшими инерционными массами вращающихся частей зубчатых передач,

что обуславливает быстрое действие процессов переключения передач, более высокий коэффициент использования мощности двигателя и более высокие показатели топливной экономичности при использовании в трансмиссиях современных автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волошко В. В., Салахов И. И. Автоматическая ступенчатая планетарная коробка передач: патент № 2384773 РФ, МПК F16H 3/44 (опубл. 20.03.2010 г., бюл. № 8).
2. Волошко В. В., Мавлеев И. Р., Салахов И. И. Автомобильная многоступенчатая коробка передач: патент № 2508486 РФ, МПК F16H 37/04 (опубл. 27.02.2014 г., бюл. № 6).
3. Харитонов С. А., Федоренков А. П., Нагайцев М. М. Анализ кинематических схем автоматических коробок перемены передач Mercedes, обладающих четырьмя степенями свободы / Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 3 (86). — С. 24–32.
4. Умняшкин В. А., Филькин Н. М., Пономарёв В. М., Каверина Э. В. Разветвлённые дифференциальные саморегулируемые передачи транспортных машин: учебное пособие. — Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. — 81 с.
5. Кирдяшев Ю. Н. Многопоточные передачи дифференциального типа. — Л.: Машиностроение, 1981. — 223 с.
6. Косенков А. А. Устройство автоматических коробок передач и трансмиссий. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. — 416 с.
7. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. — М.: Машиностроение, 1969. — 584 с.
8. Шарипов В. М. Конструирование и расчёт тракторов. — М.: Машиностроение, 2004. — 590 с.