

УДК 658.14

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Х. А. ФАХИЕВ¹, В. В. ВОЛОШКО², И. Р. МАВЛЕЕВ³, И. И. САЛАХОВ⁴

faskhiev@mail.ru

¹ ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

¹ ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ»

²⁻⁴ ФГАУ ВПО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет»

Поступила в редакцию 9 октября 2014 г.

Аннотация. Для устранения недостатков типовых трансмиссий грузовых автомобилей предложена многоступенчатая коробка передач транспортного средства по патенту РФ № 2508486, которая состоит из дифференциального делителя основного четырехскоростного редуктора и дифференциального демultiпликатора с интегрированной задней передачей. Предложенная конструкция имеет меньшие габаритные размеры, вес и инерционные массы вращающихся частей, обладает большей жесткостью, быстродействием процесса переключения передач. Транспортное средство, оснащенное данной трансмиссией, будет более рационально использовать мощность двигателя и экономно расходовать топливо, что повысит его конкурентоспособность на рынке.

Ключевые слова: трансмиссия; грузовой автомобиль; коробка передач; дифференциальный механизм; редуктор; планетарная передача; тормозное устройство; демultiпликатор.

Одной из основных задач производителей автомобильной техники является постоянное обновление модельного ряда с учетом требований потребителей и достижений научно-технического прогресса, его конкурентоспособность на рынке. Конкурентоспособность автомобиля в существенной степени определяется уровнем совершенства его узлов и агрегатов, в том числе трансмиссии. В конструкции современных грузовых автомобилей широкое распространение получили многоступенчатые коробки передач, сочетающие механические рядные редукторы с планетарными передачами [1–3]. Как пример типовой конструкции трансмиссии грузового автомобиля можно привести многоступенчатую коробку передач ZF Ecosplit. Она представляет собой механическую коробку передач, состоящую из основного четырехступенчатого редуктора, двухступенчатого делителя передач, встроенного в основной редуктор, и двухступенчатого демultiпликатора, образованного трехзвенным 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,

соответственно, увеличивает габариты основного редуктора;

- основной редуктор имеет дополнительный ряд шестерен для обеспечения задней передачи, который также увеличивает длины валов и габариты корпуса основного редуктора;

- ряд шестерен задней передачи, в силу конструктивных особенностей, не обеспечивает передачу полной мощности двигателя в случае необходимости использования ее при эксплуатации автомобиля [4];

- синхронизатор, служащий для переключения делителя, при управлении движением автомобиля переключается в четыре раза чаще, чем каждый синхронизатор основной коробки, что приводит к более интенсивному его износу;

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

Очевидно, что при проектировании многоступенчатых коробок передач необходимо устранить отмеченные недостатки и решить следующие задачи:

- создание надежной и жесткой 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 повышает качество общей сборки коробки передач в условиях крупносерийного производства.

Поставленные задачи успешно решены в предлагаемой многоступенчатой коробке передач транспортного средства по патенту РФ № 2508486 (рис. 1) [5], которая состоит из дифференциального делителя A_1 , основного четырехскоростного редуктора A_2 и дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей A_3 . Коробка передач содержит корпус 1 основного редуктора, к которому с переднего торца крепится картер сцепления 2, являющийся одновременно картером дифференциального делителя, а с заднего торца – картер дифференциального демультипликатора 3. Корпус 1 с картером сцепления 2 образуют замкнутую полость, в которой находятся первичный вал 4, промежуточный вал 5 и вторичный вал 6 основного редуктора коробки передач. Первичный вал 4 является валом-шестерней, опирающейся на роликподшипник, установленный в отверстие картера сцепления. Промежуточный вал опирается на два роликподшипника, установленные в отверстиях корпуса 1 и картера сцепления 2. Вторичный вал одним концом опирается на роликподшипник, установленный в первичном валу 4, а вторым концом – на роликподшипник, установленный в корпусе основного редуктора 1. 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 в крышке дифференциального делителя, и блокируется ленточным тормозом 12. Между водилом 11 и первичным валом основного редуктора 4 установлена роликовая муфта свободного хода 13.

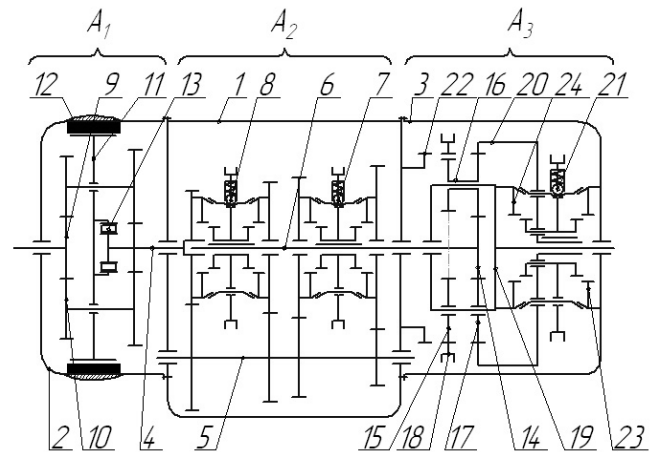


Рис. 1. Кинематическая схема многоступенчатой коробки передач: A_1 – дифференциальный делитель; A_2 – основной редуктор; A_3 – дифференциальный демультипликатор; 1 – корпус основного редуктора; 2 – картер сцепления (картер дифференциального делителя); 3 – картер дифференциального демультипликатора; 4 – первичный вал основного редуктора; 5 – промежуточный вал основного редуктора; 6 – вторичный вал основного редуктора; 7 и 8 – синхронизаторы соответственно первой–второй и третьей–четвертой передач основного редуктора; 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

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 од-

новременно выходным валом коробки передач, и коронное колесо 20. На шлицах ступицы коронного колеса установлен синхронизатор демумультипликатора 21. Водило демумультипликатора 19 опирается на шарикоподшипник, установленный в картере демумультипликатора 3. К корпусу 1 основного редуктора закреплен зубчатый венец 22, предназначенный для блокировки коронного колеса 18, на картере демумультипликатора закреплен зубчатый венец 23, предназначенный для блокировки коронного колеса 20, а на водиле 19 закреплен зубчатый венец 24, предназначенный для блокировки демумультипликатора.

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

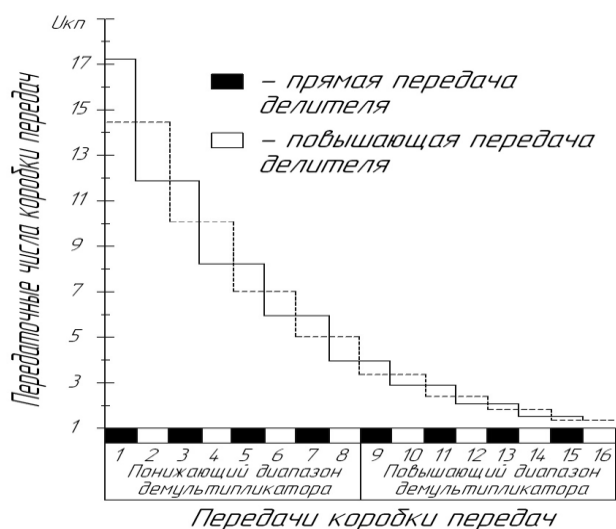


Рис. 2. Диаграмма передаточных чисел многоступенчатой коробки передач

Дифференциальный демумультипликатор с интегрированной передачей заднего хода имеет две передачи переднего хода, нейтральное положение и одну передачу заднего хода. При движении груженого автомобиля в тяжелых дорожных условиях включается понижающая передача демумультипликатора. При смене диапазона демумультипликатора с понижающей на повышающую передачу зубчатая муфта синхронизатора 21 (см. рис. 1) перемещается в крайнее левое положение и, после выравнивания угловых скоростей соединяемых деталей блокирующим кольцом, вводится в зацепление с зуб-

чатым 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, при этом синхронизатор 7 находится в нейтральном положении. Четвертая 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, причем 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 и 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 вы-

брать 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.

Применение предложенной конструкции многоступенчатой коробки передач в транспортном средстве позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с известными конструкциями многоступенчатых коробок передач. В частности:

- в конструкции основного редуктора отсутствуют зубчатые передачи и синхронизатор, образующие делитель коробки передач в прототипах. Применение в предлагаемой конструкции дифференциального делителя позволяет существенно уменьшить осевые размеры и вес вторичного и промежуточного валов, что обуславливает уменьшение веса коробки передач;

- применение дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей вместо дополнительного ряда зубчатых шестерен заднего хода в основном редукторе позволяет дополнительно уменьшить осевые размеры и вес вторичного и промежуточного валов;

- сокращение осевых размеров промежуточного и вторичного валов приводит к повышению их жесткости, уменьшению амплитуды крутильных колебаний и моментов инерции, что в свою очередь способствует более быстрому выравниванию угловых скоростей вращающихся масс и меньшему износу блокирующих колец синхронизаторов основного редуктора при переключении передач;

- дифференциальный делитель в конструкции предлагаемой коробки передач позволяет осуществлять плавно и без разрыва потока мощности переключение делителя без выключения сцепления. В результате уменьшается износ трущихся деталей сцепления, повышается коэффициент использования мощности, топливная экономичность двигателя, т. к. в момент переключения делителя, что в эксплуатации происходит в четыре раза чаще, чем переключе-

ние передач основного редуктора, двигатель не переходит в режимы частичных нагрузок;

- управление дифференциальным делителем осуществляется без выключения сцепления с помощью гидропривода, включаемого клавишей, расположенной на рычаге переключения передач, что облегчает управление транспортным средством, 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 надежности коробки передач, т. к. технологический процесс сборки может быть осуществлен после предварительных стендовых испытаний отдельных узлов, а именно: дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора, что в свою очередь создает предпосылки для автоматизации процесса общей сборки коробки передач.

Таким образом, предлагаемая многоступенчатая коробка передач, в отличие от прототипов, обладает более высокими потребительскими свойствами, соответствует современным требованиям к трансмиссии транспортных средств. Она имеет меньшие габаритные размеры, вес и инерционные массы вращающихся частей, обладает большей жесткостью, что способствует повышению виброустойчивости агрегата и быстрдействию процессов переключения передач. В результате транспортное средство будет более рационально использовать мощность двигателя и экономно расходовать топливо, что повысит его конкурентоспособность на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фасхиев Х. А., Волошко В. В., Салахов И. И. Определение кинематических параметров автоматической коробки передач // Справочник. Инженерный журнал. 2013. № 8. С. 16–24. [[Kh. A. Faskhiev, V. V. Voloshko, I. I. Salakhov, "Determination of kinematic parameters of an automatic transmission," (in Russian), *Reference book. Engineering magazine*, no. 8, pp. 16-24, 2013.]]

2. Пат. РФ № 2384773. МПК F16H3/44. Автоматическая ступенчатая планетарная коробка передач / В. В. Волошко, И. И. Салахов // Бюллетень изобретений. 2010. № 8. [[Patent of the Russian Federation No. 2384773, МПК F16H3/44, V. V. Woloshko, I. I. Salakhov, "Automatic step

planetary Transmission," (in Russian), *Bulletin of inventions*, no. 8, 2010.]]

3. Пат. РФ № 2347966. МПК F16H3/40. Высокомоментный дифференциальный гидромеханический вариатор / В. В. Волошко, И. Р. Мавлеев // Бюллетень изобретений. 2009. № 6. [[Patent of the Russian Federation No. 2347966, МПК F16H3/40, V. V. Woloshko, I. R. Mavleev, "High-moment differential hydromechanical Variator," (in Russian), *Bulletin of inventions*, no. 6, 2009.]]

4. Фасхиев Х. А., Волошко В. В., Салахов И. И. Определение КПД дифференциального механизма автоматических коробок передач // Вестник машиностроения. 2013. № 2. С. 14–19. [[Kh. A. Faskhiev, V. V. Voloshko, I. I. Salakhov, "Determination of efficiency of the differential mechanism of automatic transmissions," (in Russian), in *Messenger of mechanical engineering*, no. 2, pp. 14-19, 2013.]]

5. Пат. РФ № 2508486. Автомобильная многоступенчатая коробка передач / В. В. Волошко, И. Р. Мавлеев, И. И. Салахов // Бюллетень изобретений. 2014. № 6. [[Patent of the Russian Federation No. 2508486, V. V. Woloshko, I. R. Mavleev, I. I. Salakhov, "Automobile multistage transmission," (in Russian), *Bulletin of inventions*, no. 6, 2014.]]

ОБ АВТОРАХ

ФАСХИЕВ Хакимзян Амирович, проф. каф. прикл. гидромех. УГАТУ, проф. каф. экон., менедж. и маркетинга Фин-университета (Уфимск. филиал). Дипл. инж. по машинам лесн. пром. (Марийск. политехн. ин-т, 1982), дипл. экономист (Казанск. фин.-экон. ин-т, 1999). Д-р техн. наук по колесн. и гусен. машинам (НАМИ, 1999). Иссл. в обл. проектир. и испыт. трансп. средств, управления конкурентоспособн. в техн. и соц.-экон. системах.

ВОЛОШКО Владимир Владимирович, зав. науч.-иссл. лаб. дифференциальных механизмов. Дипл. инж. по технол. маш. (КАИ, 1964). Иссл. в обл. проект. диф. механизмов.

МАВЛЕЕВ Ильдус Рифович, доц. каф. автомоб. и двиг. Дипл. инж.-мех. (КамПИ, 2003). Канд. техн. наук по колесн. и гусеничн. машинам (ИНЭКА, 2007). Иссл. в обл. проект. гидродинам. трансмиссий тр. средств.

САЛАХОВ Ильдар Ильгизарович, доц. каф. автомоб. и двиг. Дипл. инж.-мех. (ИНЭКА, 2007). Канд. техн. наук по колесн. и гусеничн. машинам (ИжГТУ, 2012). Иссл. в обл. проект. трансмиссий трансп. средств.

METADATA

Title: Differential transmission of the vehicle.

Authors: Kh. A. Faskhiev, V. V. Voloshko, I. R. Mavleev, I. I. Salakhov.

Affiliation:

¹ Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia,

²⁻⁴ Kazan (Volga) Federal University, Russia.

Email: faskhiev@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (Scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 1 (67), pp. 67-71, 2015. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: For elimination of shortcomings of standard transmissions of trucks the multistage transmission of the vehicle according to the patent Russian Federation №2508486 which consists of a differential divider of the main 4-speed reducer and a differential demultiplier with the integrated reverse gear is offered. The offered design has smaller overall dimensions, weight and inertial mass of the rotating parts, possesses bigger rigidity, speed of process of gear shifting. The vehicle equipped with this transmission will use more rationally engine capacity and economically to spend fuel that to increase its competitiveness in the market.

Key words: transmission; truck; transmission; differential mechanism; reducer; planetary transfer; brake mechanism; demultiplier.

About the authors:

FASKHIEV, Khakimzan Amirovich, Prof., chair of an applied hydromechanics UGATU, prof. of chair of economy, manag. and market. of Finance University. Dipl. Eng. (MPI, 1982), dipl. econ. (KFEI, 1999). Dr. of tech. sci. (NAMI, 1999). Researches in the field of design and tests of vehicles, management of competitiveness of technical, social-econ. systems.

VOLOSHKO, Vladimir Vladimirovich, managing research laboratory differential mechanisms of the Kazan federal university. Dipl. Eng. on technology of mechanical engineering (KAI, 1964). Researches in the field differential mechanisms.

MAVLEEV, Ildus Rifovich, Ass. Prof. cars and engines of the Kazan Federal University. Dipl. engineer-mechanic (KAMPI, 2003). Cand. of Tech. Sci. (INEKA, 2007). Researches in the field of design of hydrodynamic transmissions of vehicles.

SALAKHOV, Ildar Ilgizarovich, Ass. Prof. cars and engines of the Kazan Federal University. Dipl. engineer-mechanic (INEKA, 2007). Cand. of Tech. Sci. (IZhGTU, 2012). Researches in the field of design of transmissions of vehicles.