

УДК 629.331

И.Р. Мавлеев, И.И. Салахов, В.В. Волошко**МОДУЛЬНАЯ ТРАНСМИССИЯ ТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)
федерального университета

Предложена конструкция модульной коробки передач для тяжелых грузовых автомобилей по патенту РФ № 2508486, которая состоит из дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора 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, коробка передач, дифференциальный механизм, делитель, демультипликатор, планетарный редуктор.

Целью Госпрограммы РФ «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности» (Постановление Правительства РФ №328 от 15.04.14), подпрограммы 1 «Развитие транспортного и специального машиностроения» является развитие конкурентоспособной промышленности в условиях антикризисной стабилизации рынка и формирование внутренних источников инновационного развития.

В рамках этой программы можно выделить следующие основные задачи, стоящие перед производителями автомобильной техники и её компонентов, на решение которых направлена разработка многоступенчатой коробки передач:

1. Обеспечение потребностей транспортного комплекса страны за счет внутреннего производства конкурентоспособной техники.
2. Развитие инфраструктуры проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по созданию новых видов продукции, компонентов и технологий мирового уровня.

Производители тяжелых грузовых автомобилей также разрабатывают свои программы развития, ориентируясь на Госпрограмму РФ «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности». Так, одной из основных задач является создание нового поколения коробок передач, обладающих принципиально другими техническими характеристиками и потребительскими свойствами.

Аналоги предлагаемой трансмиссии

На тяжелых грузовых автомобилях для увеличения диапазона передаточных чисел используются коробки передач с комбинированной кинематической схемой, состоящей из основного редуктора, образованного несколькими парами зубчатых колес, расположенных на параллельных валах с неподвижными осями вращения, и дополнительных редукторов (делители и демультипликаторы), причем делитель представляет собой двухступенчатую зубчатую передачу, а демультипликатор – планетарный зубчатый механизм [1, 2].

Известны устройства, наиболее близкие по совокупности признаков к заявленному изобретению, для ступенчатого изменения крутящего момента и передачи его на ведущие колеса автомобиля. Например, наиболее удачным европейским вариантом коробки передач для грузовых автомобилей, является коробка ZF Ecosplit (рис. 1).

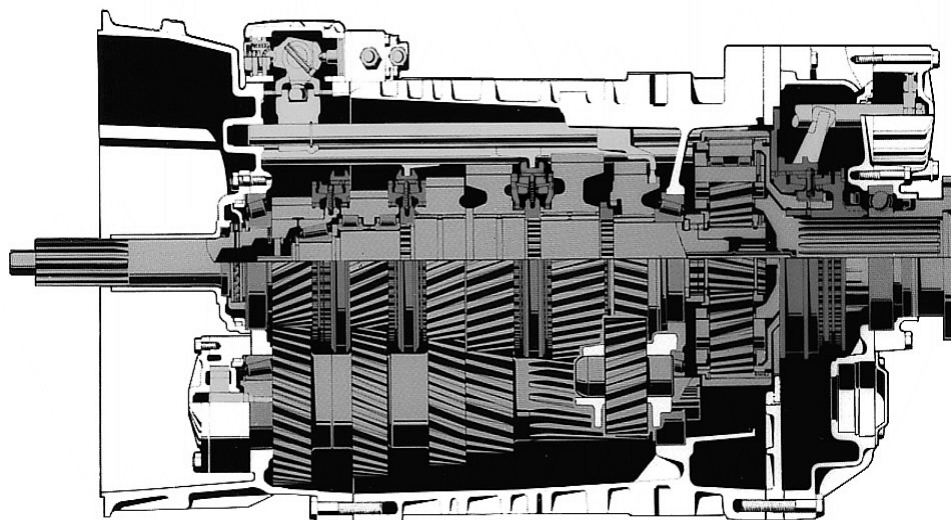


Рис. 1. Конструкция коробки передач ZF Ecosplit

Они представляют собой механическую коробку передач, состоящую из основного четырехступенчатого редуктора, двухступенчатого делителя передач, встроенного в основной редуктор, и двухступенчатого демультпликатора, образованного трехзвенным планетарным механизмом.

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. Кроме этого, 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 её при эксплуатации автомобиля.

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. При этом 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 уменьшается коэффициент использования мощности двигателя, уменьшается коэффициента полезного действия коробки и снижается комфорт управления автомобилем.

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

- обеспечение общих требования к любым новым агрегатам транспортных средств, а именно повышение надежности и жесткости, а также обеспечение модульности конструкции с меньшими габаритными размерами и весом;
- выполнение специальных требований к коробкам передач: повышение быстродействия, обеспечение необходимого количества ступеней и требуемого диапазона передаточных чисел, обеспечение плавности переключения передач без разрыва потока мощности, обеспечение возможности испытания отдельно модулей коробки передач, передача полной мощности при движении задним ходом и т.п. [3, 4]

Конструкция модульной коробки передач

В настоящее время в Набережночелнинском институте (филиале) К(П)ФУ разработана и запатентована конструкция модульной коробки передач (рис. 2).

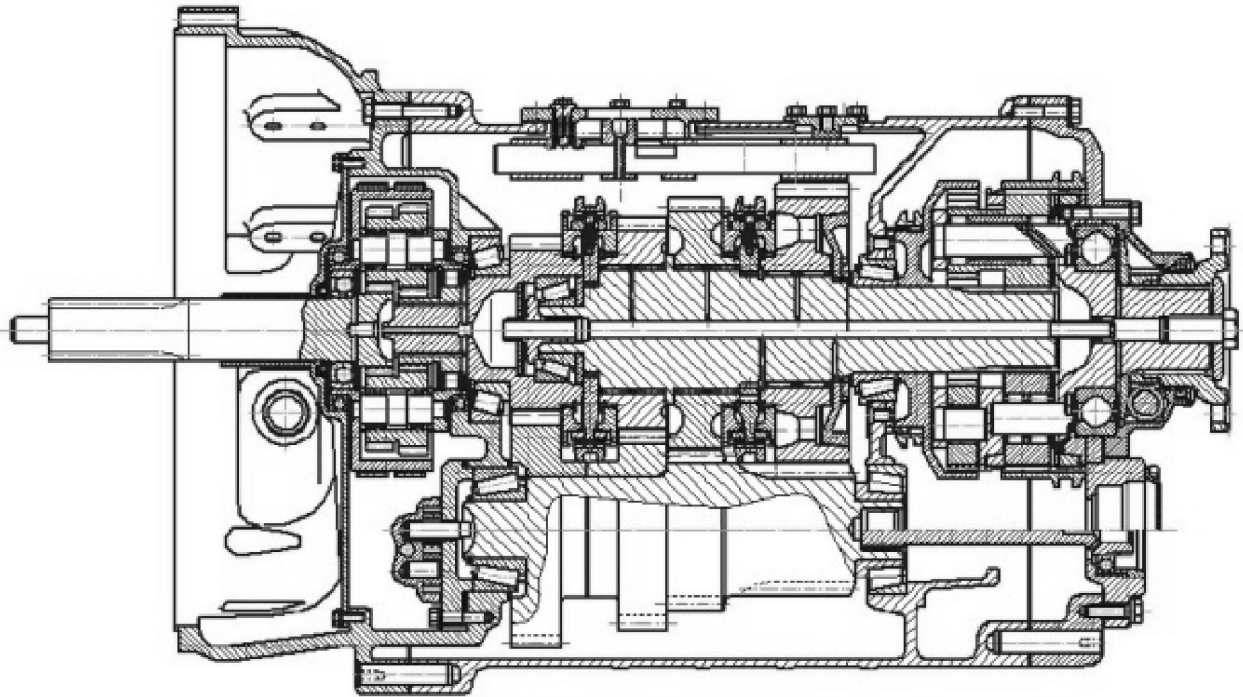


Рис. 2. Конструкция модульной коробки передач

Коробка передач состоит из следующих модулей: основной редуктор коробки передач, дифференциальный делитель и дифференциальный демультипликатор [5].

Основной редуктор коробки передач

Кинематическая схема и конструкция основного редуктора представлены на рис. 3. Корпус основного редуктора *1* с картером сцепления образуют замкнутую полость, в которой находятся первичный вал *2*, промежуточный вал *3* и вторичный вал *4* основного редуктора коробки передач. Первичный вал является валом-шестерней, опирающейся на роликоподшипник, установленный в отверстие 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.

Основной редуктор коробки передач имеет четыре передачи, переключение которых происходит с помощью синхронизаторов *5* и *6*. Синхронизатор *5* включает первую и вторую передачи основного редуктора, при этом синхронизатор *6* находится в нейтральном положении. Первая передача основного редуктора включается перемещением муфты синхронизатора *5* в крайнее правое положение, когда происходит блокировка зубчатого колеса первой передачи с вторичным валом *4*. Вторая передача основного редуктора включается перемещением муфты синхронизатора *5* в крайнее левое положение, когда происходит блокировка зубчатого колеса второй передачи с вторичным валом *4*. Включение третьей и четвертой передачи осуществляется синхронизатором *6*, при этом синхронизатор *5* находится в нейтральном положении. Третья передача основного редуктора включается перемещением муфты синхронизатора *6* в крайнее правое положение, когда происходит блокировка зубчатого колеса третьей передачи с вторичным валом *4*. Четвертая передача основного редуктора – прямая, включается перемещением муфты синхронизатора *6* в крайнее левое положение, когда происходит блокировка первичного вала *2* с вторичным валом *4*.

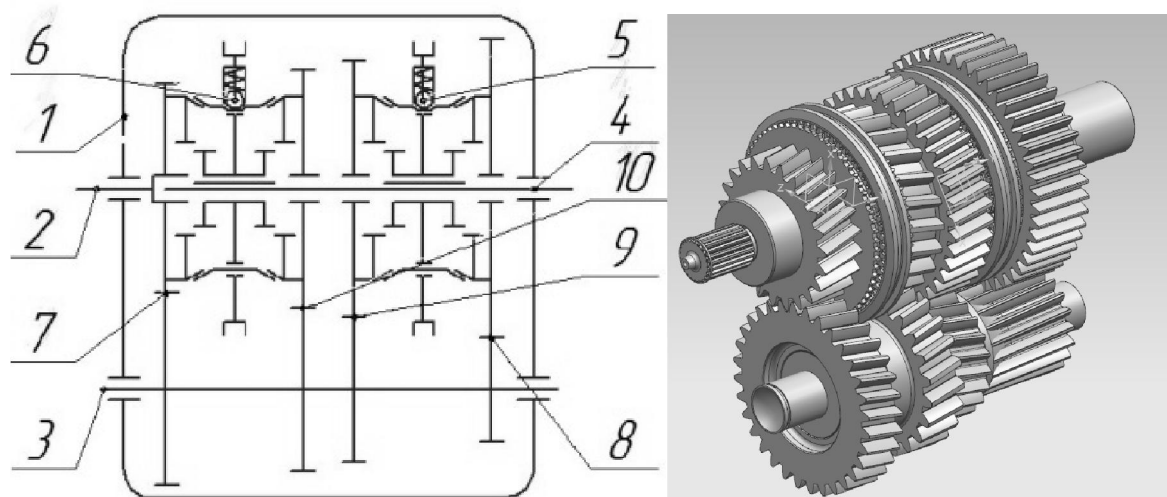


Рис. 3. Кинематическая схема и конструкция основного редуктора:

1 – корпус основного редуктора; 2 – первичный вал основного редуктора; 3 – промежуточный вал основного редуктора; 4 – вторичный вал основного редуктора; 5, 6 – синхронизаторы соответственно первый-второй и третьей-четвертой передач основного редуктора; 7 – пара постоянного зацепления основного редуктора; 8 – пара первой передачи основного редуктора; 9 – пара второй передачи основного редуктора; 10 – пара третьей передачи основного редуктора

Дифференциальный делитель

Кинематическая схема и конструкция основного редуктора представлены на рис. 4. Дифференциальный делитель содержит входной вал-шестерню 12, находящийся в зацеплении с двухвенцовыми сателлитами 13, установленных на осях, запрессованных в водило дифференциального делителя 14. Водило дифференциального делителя опирается на шарикоподшипники установленные в картере сцепления и в крышке дифференциального делителя, и блокируется ленточными тормозами 15. Между водилом 14 и первичным валом основного редуктора 2 установлена роликовая муфта свободного хода 16.

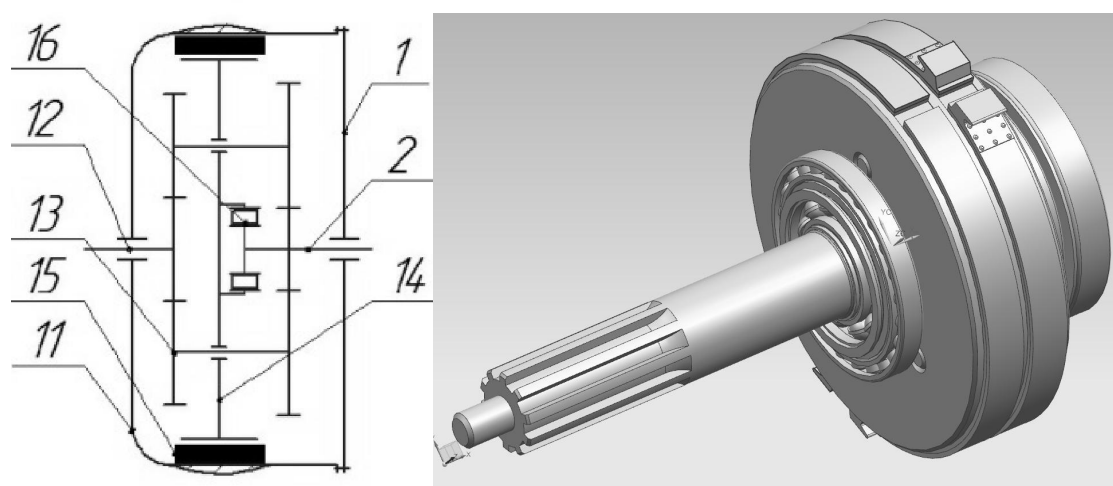


Рис. 4. Кинематическая схема и конструкция дифференциального делителя:

1 – корпус основного редуктора; 2 – первичный вал основного редуктора; 11 – картер сцепления (картер дифференциального делителя); 12 – входной вал-шестерня дифференциального делителя; 13 – двухвенцовые сателлиты; 14 – водило дифференциального делителя; 15 – ленточные тормоза; 16 – роликовая муфта свободного хода

Дифференциальный делитель имеет две передачи. Ускоряющая передача делителя включается блокировкой водила делителя 12 на картер сцепления 11, которая осуществляется ленточными тормозами 15. Включение прямой передачи делителя происходит автоматически при растормаживании ленточных тормозов блокировкой водила делителя на роликовую муфту свободного хода 16, установленной на валу основного редуктора 2. 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 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 для включения 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.

Дифференциальный демультипликатор с интегрированной передачей заднего хода

Кинематическая схема и конструкция дифференциального демультипликатора представлены на рис. 5. Дифференциальный демультипликатор содержит ведущий зубчатый венец 17, нарезанный на вторичном валу основного редуктора, сателлиты 18 и двухвенцовые сателлиты 19, паразитные сателлиты 20, коронное колесо 21, которое одновременно является муфтой заднего хода, водило демультипликатора 22, являющееся одновременно выходным валом коробки передач, и коронное колесо 23. На шлицах ступицы коронного колеса 23 установлен синхронизатор демультипликатора 24.

К корпусу основного редуктора закреплен зубчатый венец 25, предназначенный для блокировки коронного колеса 21, на картере демультипликатора закреплен зубчатый венец 26, предназначенный для блокировки коронного колеса 23, а на водиле закреплен зубчатый венец 27, предназначенный для блокировки демультипликатора.

Дифференциальный демультипликатор с интегрированной передачей заднего хода имеет две передачи переднего хода и нейтральное положение, одну передачу заднего хода. При движении груженого автомобиля в тяжелых дорожных условиях включается понижающая передача демультипликатора. Для этого зубчатая муфта синхронизатора 24 перемещается в крайнее правое положение и, после выравнивания угловых скоростей соединяемых деталей входит в зацепление с зубчатым венцом 26. При переключении дифференциального демультипликатора на повышающую передачу зубчатая муфта синхронизатора 24 перемещается в крайнее левое положение и входит в зацепление с зубчатым венцом 27. Включение передачи заднего хода происходит перемещением коронного колеса 21, одновременно являющегося муфтой заднего хода, в крайнее левое положение и введением его в зацепление с зубчатым венцом 25, при этом муфта синхронизатора 24 переводится в нейтральное положение.

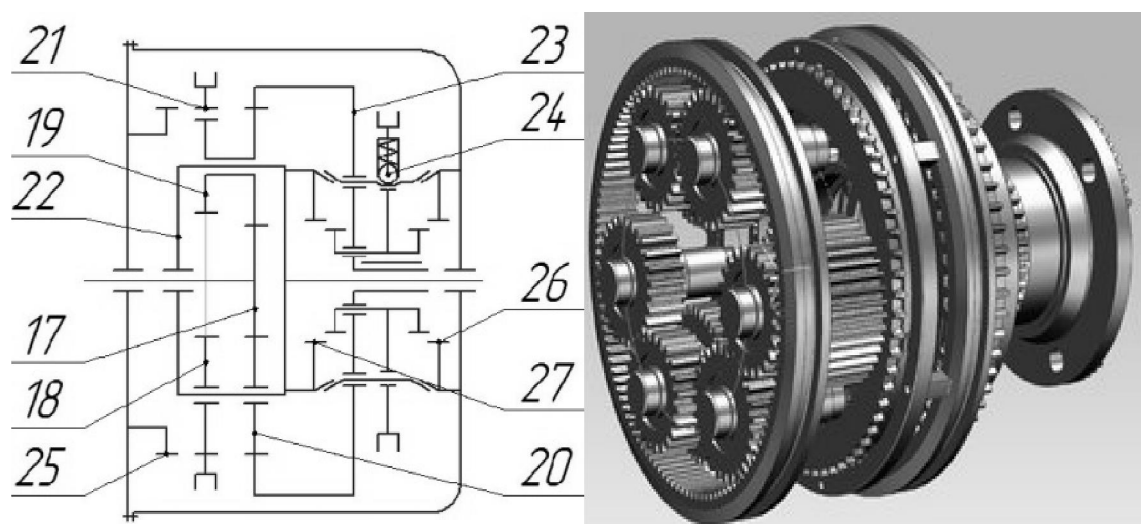


Рис. 5. Кинематическая схема и конструкция дифференциального демультипликатора:

17 – ведущий зубчатый венец; 18 – сателлиты; 19 – двухвенцовые сателлиты; 20 – паразитные сателлиты; 21 – коронное колесо (муфта заднего хода); 22 – водило (выходной вал коробки передач); 23 – коронное колесо; 24 – синхронизатор демультипликатора, 25 – зубчатый венец блокировки муфты заднего хода; 26 – зубчатый венец блокировки коронного колеса; 27 – зубчатый венец блокировки дифференциального демультипликатора

Выводы

Разработанная модульная трансмиссия для тяжелых грузовых автомобилей обеспечивает следующие технические результаты:

1. Исключение старой конструкции делителя, состоящего из двух пар зубчатых передач и синхронизатора, в корпусе основного редуктора, с заменой его на дифференциальный делитель, который обеспечивает уменьшение осевых размеров коробки передач, веса вторичного и промежуточного валов.

2. Модуль дифференциального делителя также обеспечивает плавное регулирование передаточного отношения, что позволяет осуществлять переключение диапазона делителя без выключения сцепления, плавно и без разрыва потока мощности. Это дает уменьшение износа трущихся деталей сцепления, повышение коэффициента использования мощности и повышение 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.

3. Управление дифференциальным делителем осуществляется гидроприводом, включаемым только с помощью кнопки, расположенной на рычаге переключения передач, что облегчает управление при движении автомобиля, повышает комфорт и снижает физическую нагрузку на водителя.

4. Исключен дополнительный ряд зубчатых шестерен заднего хода, за счет применения дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей. Это позволяет получить несколько передач заднего хода, а также передавать полную мощность двигателя при его движении задним ходом на различных скоростях, что особенно важно для автомобилей специального назначения.

5. Дифференциальный демультипликатор с интегрированной задней передачей с дополнительно уменьшает осевые размеры и вес вторичного и промежуточного валов, что увеличивает жесткость валов основного редуктора и их моменты инерции. Это способствует более быстрому выравниванию угловых скоростей вращающихся масс, уменьшению нагрузок на синхронизаторы, следовательно, увеличивается долговечность синхронизаторов.

6. Повышение надежности коробки передач, так как технологический процесс её сборки может быть осуществлен после предварительных стендовых испытаний отдельных её

узлов, а именно, дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора, что в свою очередь создает предпосылки для автоматизации процесса общей сборки коробки передач.

Предлагаемая модульная трансмиссия соответствует требованиям Госпрограммы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (Постановление Правительства РФ №328 от 15.04.14), предъявляемым к современным узлам и агрегатам тяжелых грузовых автомобилей.

Библиографический список

1. **Фасхиев, Х.А.** Новая трансмиссия для транспортных средств / Х.А. Фасхиев [и др.] // Инженерный журнал с приложением. – 2015. – №7. – С. 47–51.
2. **Волошко, В.В.** Конструирование и проектирование планетарной коробки передач / В.В. Волошко [и др.] // Новый университет – научный журнал. Сер. «Технические науки». – 2012. – №3. – С. 58–62.
3. **Кравец, В.Н.** Теория автомобиля: учебник / В.Н. Кравец, В.В. Селифонов. – М.: Грин-лайт+, 2011. – 884 с.
4. **Кравец, В.Н.** Определение параметров коробок передач современных легковых автомобилей / В.Н. Кравец, Р.А. Мусарский, С.А. Волков // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – №1. – С. 175–181.
5. **Пат. № 2508486 РФ.** Автомобильная многоступенчатая коробка передач / Волошко В.В., Мавлеев И. Р., Салахов И. И. // Бюллетень изобретений. 2014. № 6.

*Дата поступления
в реакцию 20.04.2018*

I.R. Mavleev, I.I. Salakhov, V.V. Voloshko

MODULAR HEAVY DUTY TRUCK TRANSMISSION

Kazan Federal University

Purpose: The aim is to develop a modular transmission for heavy trucks that meets the requirements of the state Program of the Russian Federation «Development of industry and increase its competitiveness».

Design/methodology/approach: The approach is based on the study of foreign experience in the development of vehicle transmissions. Theoretical studies are based on the theory of complex-system approach to machine design.

Findings: A modular transmission design for heavy duty trucks has been developed and patented. The design of the modular transmission for heavy trucks is designed, which has technical characteristics that meet the requirements of modern automotive industry.

Research limitations/implications: The results of the research can be used in the design organizations of automobile enterprises in the design of new-generation transmissions of trucks.

Originality/value: Implementation of this project will fulfill the requirements of the state Program of the Russian Federation «Development of industry and increase its competitiveness», as well as allow to implement the national program of import substitution in transport engineering.

Keywords: transmission, differential mechanism, divider, demultiplikator, planetary reducer.