

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ: РОБОТИЗИРОВАННАЯ
КОРОБКА ПЕРЕДАЧ И ВАРИАТОР**

И.М. Басов

ivbsdesings@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Изучена история создания и развития вариаторной трансмиссии и роботизированной коробки передач. Рассмотрены их основные элементы и принцип действия. Отмечены особенности каждой трансмиссии, а также перспективы их применения

Ключевые слова

Автоматическая трансмиссия, коробка передач, роботизированная коробка передач, вариаторная трансмиссия

Поступила в редакцию 01.09.2016

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016

В современном мире автомобиль уже не считают роскошью. Личный автомобиль стал привычным для многих средством передвижения. Каждый год автолюбители ожидают выпуска нового автомобиля с высокими эргономическими показателями и усовершенствованной системой безопасности. Мировой автопром стремится максимально оправдать ожидания потребителя, что способствует появлению усовершенствованных конструкций, систем и агрегатов автомобиля, в том числе коробки передач (КП). В этой связи актуальным является вопрос автоматизации процессов переключения передач и управления сцеплением.

Коробка передач — важный конструктивный элемент трансмиссии автомобиля, предназначенный для регулирования крутящего момента, скорости и направления движения автомобиля. Это преобразование необходимо, чтобы адаптировать крутящий момент на колесах к изменяющимся условиям. Первые такие механизмы по форме напоминали прямоугольную коробку, с их помощью изменяли не только скорость вращения выходного вала, но и крутящий момент, вскоре их стали называть коробками переключения передач.

История развития автомобильной трансмиссии знакомит нас с целым рядом КП. В последнее время в технических характеристиках автомобиля можно встретить разные обозначения типов трансмиссии: МКП (механическая коробка передач), АКП (автоматическая коробка передач), РКП (роботизированная коробка передач), CVT (бесступенчатая коробка передач), DSG (роботизированная коробка передач с двумя сцеплениями) и др.

Автоматические трансмиссии, позволяющие водителю управлять автомобилем с помощью педалей «газ» и «тормоз» могут иметь ступенчатые и бесступенчатые КП [1].

В салоне современного автомобиля, оснащенного автоматической трансмиссией, бывает трудно определить, какой тип КП установлен в машине, по-

сколькю педали сцепления отсутствуют, а селекторы переключения передач выглядят практически одинаково. Однако принцип работы классической автоматической КП с гидротрансформатором существенно отличается от роботизированной КП и вариатора, которые в настоящее время считают наиболее перспективными. Рассмотрим их подробнее.

Вариаторная трансмиссия (вариатор) — Continuously Variable Transmission, CVT — постоянно изменяемая трансмиссия, бесступенчатая коробка передач, благодаря которой «переключение» с одной передачи на другую происходит «мягко», что позволяет автомобилю плавно трогаться с места.

Самым распространенным вариатором в автомобилестроении является клиноременный (рис. 1). В основе его работы лежит ременная передача с двумя шкивами. Ведущий и ведомый шкивы оборудованы раздвижными боковинами. Для получения переменного рабочего диаметра шкивов пары конусов расходятся или сходятся навстречу друг другу, тем самым обеспечивая изменение передаточного отношения. В большинстве случаев ремень представляет собой металлическую ленту, на которую перпендикулярно надето большое количество трапецевидных металлических пластин.

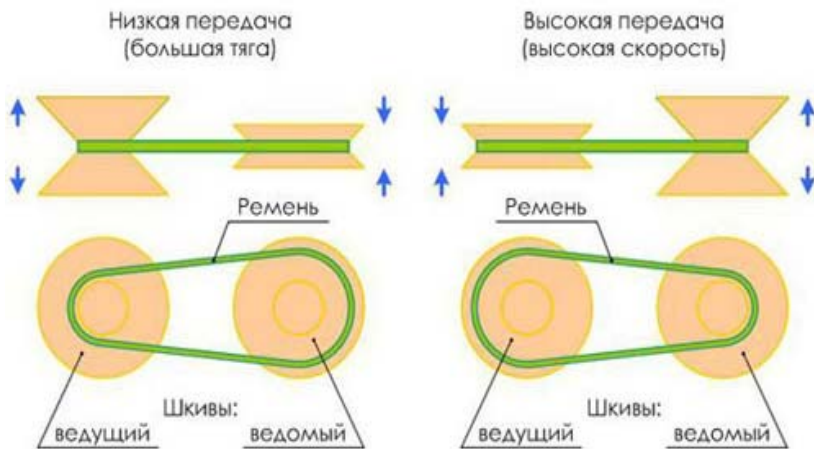


Рис. 1. Схема работы клиноременного вариатора

Принцип работы бесступенчатой трансмиссии впервые описал в 1490 г. Леонардо да Винчи [2]. Созданная им конструкция представляла собой разнонаправленные конусы, между которыми натянут ремень (рис. 2).

Широко применять вариатор начали в середине XX столетия. Его использовали на мопедах и мотороллерах. При этом в популярных тогда мотогонках транспортным средствам с вариаторной трансмиссией участвовать запрещалось в целях «сохранения конкурентоспособности традиционных КП». И даже полвека спустя, в 1994 г., на чемпионате Формулы-1 вариаторы были под запретом ввиду опасений огромного преимущества одной из команд.

Использование вариатора на легковом автотранспорте началось в 1928 г., когда крупная британская компания Cluno Engineering Company установила на автомо-

бил такую трансмиссию собственной разработки. Через 30 лет голландский производитель DAF презентовал первый массовый легковой автомобиль DAF 600 с вариатором собственной конструкции Variomatic. После приобретения патентов компанией Volvo автомобиль переименовали в VDT в честь разработавшего эту систему владельца компании DAF Губерта Ван Дорна (Van Doorne Transmissie).

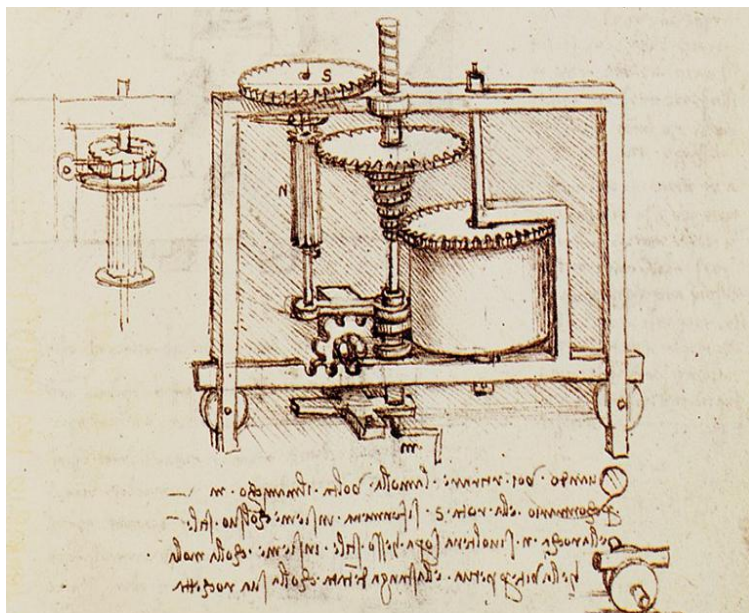


Рис. 2. Бесступенчатая трансмиссия Леонардо да Винчи. 1490 г.

В конце 1980-х годов доработанный японскими инженерами вариатор был установлен на Subaru Justy и вскоре получил признание в категории компактных автомобилей на американском рынке. Долгое время одним из недостатков этой трансмиссии считали неспособность работать с мощными двигателями. Однако компания Nissan, начавшая эксперименты с бесступенчатыми трансмиссиями для малолитражных March в 1990-е годы, через несколько лет стала устанавливать их на полноразмерные автомобили, например Nissan Altima с объемом двигателя 3,5 л.

В настоящее время клиноременный вариатор используют многие автопроизводители. Некоторые вариаторы имеют собственное название: Autotronic (Mercedes-Benz), Ecotronic и Durashift CVT (Ford), Lineartronic (Subaru), Multidrive (Toyota), Multimatic (Honda), Multitronic (Audi). Также вариаторы CVT устанавливают на модели автомобилей Chrysler, Fiat, Mini, Mitsubishi, Opel, Peugeot и др. [6].

Широкое применение вариатора объясняется тем, что вследствие постоянной работы двигателя в зоне оптимальных оборотов достигается хорошая динамика разгона автомобиля, экономия топлива, снижается токсичность выхлопных газов. Также трансмиссия с вариатором имеет небольшую массу, более простое устройство, по сравнению с автоматической КП, что избавляет водителя от «ручного»

труда. Однако, как и у большинства конструкций имеются и недостатки. Так, вариатор создан только для передвижения в условиях города и городских пробок, нежелательна длительная работа в режиме максимальных нагрузок, резкие трогания с места или торможение приводят к быстрому износу. При этом, по сравнению с традиционной автоматической КП, в настоящее время CVT считают более современным типом трансмиссии.

Отметим также, что новые разработки и стремление автопроизводителей усовершенствовать вариатор доказывают, что у этого типа трансмиссии есть будущее. Особенно актуальны гибридные виды, в которых мотор работает в оптимальном режиме, получаемая энергия сохраняется в накопителе, а затем расходуется на движение автомобиля.

Роботизированная КП (ступенчатая коробка передач) — Manual Transmission Automatically Shifted — представляет собой механическую коробку передач, где выжим сцепления и переключение передач выполняют два сервопривода (актуатора), управляемые электронным блоком. Роботизированная КП обладает рядом преимуществ перед механической и автоматической коробками.

Устройство роботизированной КП представлено на рис. 3. По команде электронного блока один сервопривод включает или выключает сцепление, другой — отвечает за включение нужных передач. Такая КП может работать и в автоматическом режиме переключения передач, и в ручном.

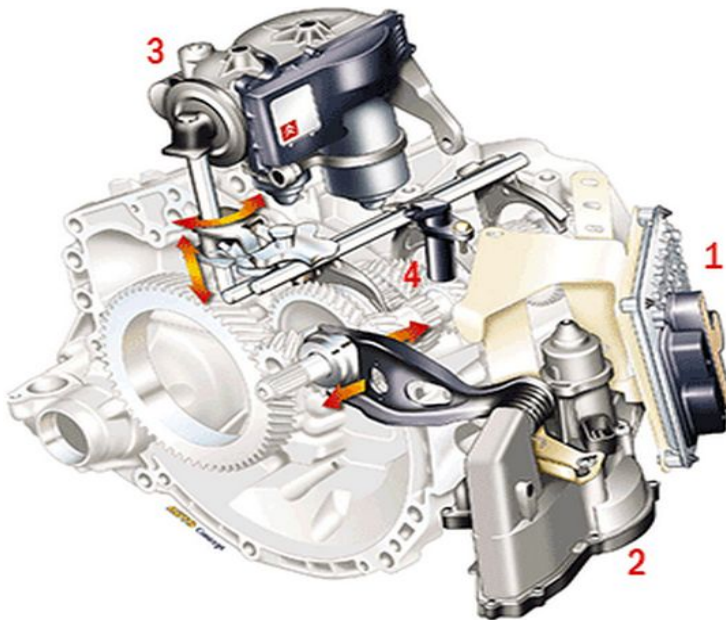


Рис. 3. Роботизированная КП:

- 1 — блок управления; 2 — сервопривод сцепления; 3 — сервопривод переключения передач;
4 — датчик частоты вращения первичного вала

Разработки роботизированных КП ведутся практически всеми крупными

автоконцернами, чтобы занять пустующую прежде на автомобильном рынке нишу между недорогой механической КП и дорогостоящей автоматической КП. В основу конструкции роботизированной КП положена механическая КП, поэтому при производстве, как правило, используют, готовые технические решения.

Роботизированной КП с одним сцеплением с 2014 г. оснащают легковые автомобили LADA на Волжском автомобильном заводе. За основу взята коробка ВАЗ 2180 с пятью ступенями. Актуаторы переключения скоростей и выжима сцепления, электронный блок управления разработаны мировым лидером в технике привода и подвески — германским концерном ZF (ZF Friedrichshafen AG) — с использованием инновационных решений и передовых технологий [3].

Основными недостатками роботизированной КП считают отсутствие возможности плавного управления сцеплением, а также ощущение водителем некоторого дискомфорта при частом переключении передач. Вследствие более длительного размыкания ведомого и ведущего дисков возможны незначительные провалы по времени перехода с одной передачи на другую. В результате может нарушиться приемистость двигателя и снизиться скорость автомобиля.

Иначе говоря, роботизированная КП — это механическая коробка, в которой переключение передач происходит посредством электронных систем, благодаря чему рычагов управления в автомобиле становится меньше. По сравнению с механической КП, скорость переключения передач в ней ниже и расход топлива больше, а по сравнению с автоматической КП, хуже плавность хода.

В целях устранения обозначенных недостатков была разработана преселективная КП с двойным сцеплением — Direct Shift Gearbox, DSG — коробка передач с прямым переключением. Состоит она из двухмассового маховика, двух рядов передач, главной передачи, двойного сцепления, дифференциала и системы управления (рис. 4). Первый ряд коробки обеспечивает работу нечетных передач и заднего хода, второй ряд — работу четных передач. Такая КП последовательно включает передачи обоих рядов. При работе одной передачи, следующая уже готова к включению. По сравнению с однодисковыми роботизированными КП, у преселективного агрегата скорость перехода с одной передачи на другую очень высокая.

Впервые принципиальную схему КП с двумя сцеплениями описал в 1935 г. французский инженер Адольф Кегресс [4]. В 1939 г. компания ZF получила патенты на механические КП с двумя дисками сцепления, но по причине технологических сложностей идея использования мультидискового сцепления не была доведена до промышленного производства. Только в 1980-х годах инженеры компании Porsche претворили идею в жизнь. Передовую разработку использовали в кольцевых автогонках. Однако большие габариты и масса, низкие показатели надежности новой конструкции не позволили ей выйти за пределы гоночного трека. Подобные попытки предпринимали команды Peugeot и Audi, но также отказались от использования такой КП.

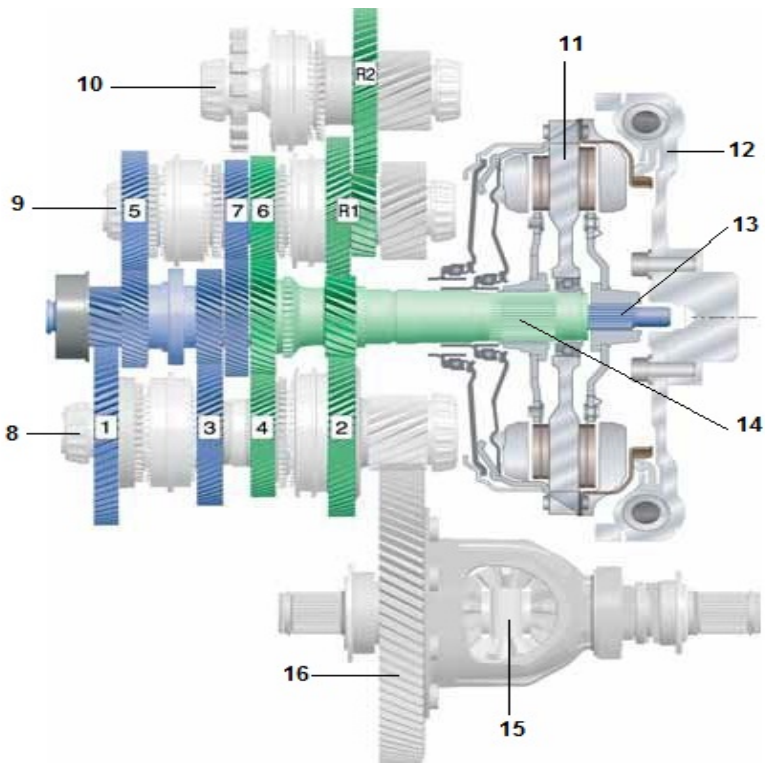


Рис. 4. Роботизированная КП с двойным сцеплением:

1–7 — передачи с 1-й по 7-ю; 8 — вторичный вал 1; 9 — вторичный вал 2; 10 — вторичный вал 3; 11 — двойное сцепление; 12 — двухмассовый маховик; 13 — первичный вал 1; 14 — первичный вал 2; 15 — дифференциал; 16 — главная передача; R1 — промежуточная шестерня передачи заднего хода; R2 — шестерня передачи заднего хода

Первым серийным автомобилем с преселективной КП стал в 2002 г. Volkswagen Golf 5 [5]. В настоящее время двойное сцепление применяют во многих роботизированных КП: DCT M Drivelogic (BMW), DSG (Volkswagen), PDK (Porsche), Powershift (Ford, Volvo), Speedshift DCT (Mercedes-Benz), S-Tronic (Audi), TCT (Alfa Romeo), Twin Clutch SST (Mitsubishi) [6].

Преимуществами трансмиссии с двумя сцеплениями являются постоянный силовой поток, небольшая масса и малый расход топлива. К недостаткам можно отнести сложность конструкции и высокую стоимость.

В настоящее время азиатские автоконцерны в основном работают над вариаторной трансмиссией. Ранее их использовали только на маломощной технике, например скутерах или малолитражных компактных автомобилях, но когда этот класс транспортных средств получил бурное развитие, инженеры стали активно работать надвариатором. Вскоре их начали успешно применять и на больших автомобилях.

Европейские автоконцерны, стремясь снизить расход топлива и увеличить срок службы деталей, совершенствуя технологию изготовления механизмов, ра-

ботают в основном над роботизированными КП [6, 7]. К тому же такие коробки можно применять для сверхмощных двигателей.

Выводы. Таким образом, определяющими факторами при выборе автомобильной трансмиссии являются условия эксплуатации и предпочтения пользователя. Надеемся, что в недалеком будущем появятся новые, еще более совершенные механизмы.

Литература

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. Основы конструкции автомобиля. М.: ООО «За рулем», 2005 г. 336 с.
2. Birch S. Audi takes CVT from 15th century to 21st century // Society of automotive Engineers (SAE) International. 2000. № 1.
3. Инструкция пользования автоматизированной трансмиссией // Руководство по эксплуатации автомобиля Lada Kalina и его модификаций. Тольятти, ОАО «Автоваз». 2015. С. 118–121.
4. Почему «роботы» с двумя сцеплениями скоро вытеснят все остальные коробки // Колеса. URL: <http://www.kolesa.ru/article/pochemu-roboty-s-dvumja-sceplenijami-skoro-vytesnjat-vse-ostalnye-korobki-2015-02-27> (дата обращения: 10.08.2016).
5. Коробка передач // systemsauto.ru. URL: <http://systemsauto.ru/box/box.html> (дата обращения: 10.08.2016).
6. Савельева Л.В. Установка заготовок низкой жесткости для технологического воздействия // Главный механик. 2014. № 6. С. 34–39.
7. Брылёв А.В., Савельева Л.В. Анализ вариантов обработки сложнопрофильной поверхности детали типа тела вращения на примере колесной пары // Инженерный вестник. 2012. № 11. С. 3.

Басов Иван Михайлович — студент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Л.В. Савельева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва Российская Федерация.

AUTOMATIC TRANSMISSIONS: ROBOTIC GEARBOX AND SPEED VARIATOR

I.M. Basov

ivbsdesings@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article investigates the history of inventing and developing automatic transmissions featuring stepless and fixed-ratio gearboxes. We consider their primary structural elements and operating principles. We note the specifics of each transmission type along with their potential applications

Keywords

Automatic transmission, gearbox, semi-automatic gearbox, variable, speed transmission

© Bauman Moscow State Technical University, 2016

References

- [1] Ivanov A.M., Solntsev A.N., Gaevskiy V.V. et al. Osnovy konstruksii avtomobilya [Fundamentals of car design]. Moscow, OOO "Za rulem", 2005. 336 p. (in Russ.).
- [2] Birch S. Audi takes CVT from 15th century to 21st century. *Society of automotive Engineers (SAE) International*, 2000, no. 1.
- [3] Instruksiya pol'zovaniya avtomatizirovannoy transmissiy. Rukovodstvo po ekspluatatsii avtomobilya Lada Kalina i ego modifikatsiy [AMT instruction sheet. Lada Kalina modifications user guide]. Tol'yatti, OAO "Avtovaz" Publ., 2015. pp. 118–121 (in Russ.).
- [4] Pochemu "roboty" s dvumya stsepleniyami skoro vytesnyat vse ostal'nye korobki [The reason for "robots" with two clutches to push out all other gearboxes]. *Kolesa*. URL: <http://www.kolesa.ru/article/pochemu-roboty-s-dvumja-sceplenijami-skoro-vytesnjat-vse-ostalnye-korobki-2015-02-27> (accessed 10.08.2016).
- [5] Korobka peredach [Gearbox]. *systemsauto.ru*. URL: <http://systemsauto.ru/box/box.html> (accessed 10.08.2016).
- [6] Saveleva L.V. *Glavnyy Mekhanik* [Chief Mechanical Engineer], 2014, no. 6, pp. 34–39.
- [7] Brylev A.V., Saveleva L.V. *Inzhenernyy Vestnik* [Engineering Bulletin], 2012, no. 11, p. 3.

Basov I.M. — student of Engineering Technologies Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — L.V. Saveleva, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Professor of Engineering Technologies Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.