

EDN: [XMXIMR](#)

УДК 62-585.2

А. В. КИРЕЕВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ. КОНСТРУКЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Аннотация. С целью определения тенденций развития автоматических коробок передач (АКП) в статье рассмотрены некоторые из созданных в последнее время их перспективных конструкций, а также конструкций их отдельных элементов. В качестве примера выбраны: альтернативная муфта включения передачи, функционирующая по аналогии с обгонной муфтой; ступенчатая АКП без гидродинамической передачи, в которой плавное соединение ДВС и трансмиссии осуществляется фрикционными дисками; коробка передач, в которой в качестве ведущего звена выступает конус с зубьями – решение позволяет переключать передачи без разрыва энергосилового потока. Также в работе выполнено сравнение АКП, выпускавшихся с первой декады текущего века с выпущенными в 2019–2020 году, по ряду параметров: ориентировочный ресурс, пробег автомобиля до обслуживания АКП, диапазон и количество передаточных чисел (ПЧ), применяемое масло. По результатам сформулированы предполагаемые тенденции развития рассматриваемых агрегатов на автомобилях.

Ключевые слова: коробка передач, трансмиссия, тенденции, надежность, ресурс, компоновка передаточное число.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматические коробки переключения передач (АКП) на автомобилях значительно упрощают управление, что снижает требования к квалификации водителя и повышает общую безопасность дорожного движения. Кроме того, то, что АКП не требует затрат на себя усилий и внимания водителя, позволяет ограничивать количество передач только конструктивными и технологическими факторами [1]. Это является главной причиной их появления и развития. Наличие множества различных конструкций (преселективные, вариаторы, планетарные АКП и их модификации) обусловлено поиском наиболее выгодной конфигурации, которая обеспечит рациональное соотношение требуемых параметров: стоимости, надежности, материалоемкости и КПД агрегата. В последние годы принципиально новых схем коробок передач (КП) в массовом производстве не появилось. Вместе с тем известны альтернативные варианты исполнения механизмов, которые до сих пор не применялись на серийных автомобилях, воплощение они получили только в виде концептов, проектов или опытных моделей. Тем не менее, продолжается совершенствование существующих конструкций, а в отдельных элементах регулярно появляются нововведения.

Цель статьи заключается в рассмотрении и анализе развития КП за вторую декаду XXI века, сравнении его с тем, каким оно предполагалось, а также, на основании перечисленного, обозначить перспективы до 2030-х годов.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЙ

Анализу развития автомобильных автоматических трансмиссий посвящены работы [1, 2, 5, 9], а также труды таких авторов, как С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков и др.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Среди таковых отмечается предложенная схема для механической коробки передач (МКП), в которой традиционную муфту включения передач заменяют на альтернативный механизм зацепления [2] – предлагается применение зеркальной обгонной муфты-шестерни (аналогичной той, которая применяется для



блокировки дифференциалов), рис. 1, а. Этот механизм зацепления зубчатого колеса с ведомым валом позволит заменить традиционную муфту включения и автоматизировать процесс смены передачи в МКП. Решение может быть применимо как для обычной трехвальной, так и для двухвальной МКП. Управление такой КП не требует перемещения ползунуов рычагом вручную, а осуществляется по команде электронного блока управления путем блокирования муфты внутри зубчатого колеса выбранной передачи.

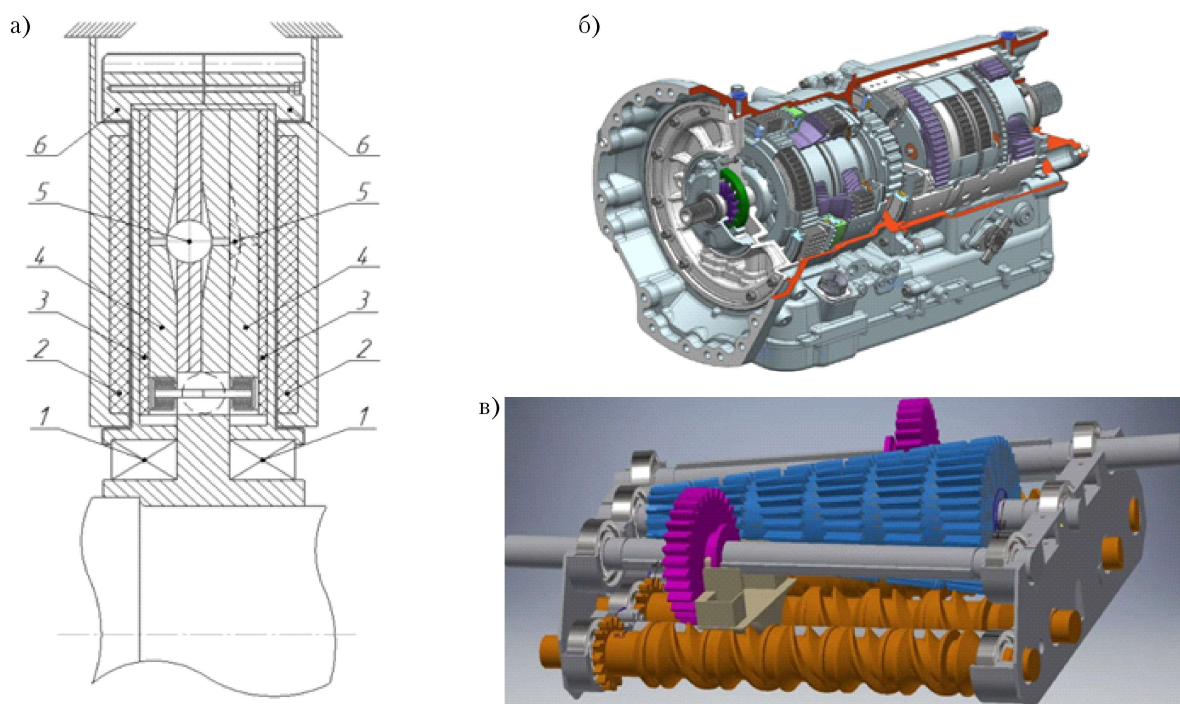


Рисунок 1 – Перспективные модели и механизмы: а) зеркальная обгонная муфта-шестерня; б) АКПП KATE R932; в) КПП «RSG».

Также в статье рассмотрена планетарная АКП, способная работать без гидротрансформатора (ГДТ) [3]. Традиционные модели планетарной АКП предполагают применение гидродинамических муфты (ГДМ) либо трансформатора (ГДТ). Это необходимо, прежде всего, для плавного соединения двигателя и трансмиссии, а также расширения диапазона передаточных чисел. Но в процессе движения на повышенных передачах прослеживаются неоправданно высокие потери энергии, связанные с работой ГДМ/ГДТ и общий КПД трансмиссии (при отсутствии механизмов блокировки) значительно снижается. В рассматриваемой перспективной АКП без гидродинамической передачи плавное соединение ДВС и трансмиссии осуществляется фрикционными дисками. Конструкция даже получила распространение. Российская компания KATE предлагает в качестве решения данной проблемы свою разработку [3]. Их 9-ступенчатая планетарная АКП (рис. 1, б) не требует для работы гидродинамической передачи, а маховик непосредственно соединен с первичным валом. Плавное соединение ДВС и трансмиссии осуществляется фрикционными дисками самой коробки передач, что приводит к повышенному их износу и, как следствие, более высокой стоимости. Данный агрегат серийно производится и устанавливается на автомобили марки Augus.

Кроме того, продолжается работа над конструкцией КП, в которой ведущим звеном выступает конус с зубьями. Такое решение позволяет переключать передачи без разрыва энергосилового потока [4]. Такая конструкция объединяет в себе достоинства МКП и вариатора. Для повышения плавности ускорения автомобиля производители стремятся уменьшить разницу между передаточными числами соседних передач. Лучшее всего это обеспечивает вариатор, но основной недостаток серийных конструкций – зацепление осуществляется силой трения ремня или цепи о гладкие конусы. Передача относительно высоких крутящих моментов сопряжена со скольжением, нагревом и повышенным износом гибкой передачи. Предложенное перспективное решение, по утверждению авторов, соединяет в себе надежность МКП и плавность вариатора, а также кроме существенного упрощения управления позволит увеличить КПД агрегата по сравнению с конструкциями предшествующих образцов. В работе [4] рассмотрен рабочий процесс,

приведены методика и результаты испытаний, а также наиболее явные недостатки. Устройство (рис. 1, в) представляет собой ведущий зубчатый конус, которым приводится в движение вторичный вал. Конус состоит из установленных последовательно шестерен, расположенных в порядке уменьшения диаметра и соединенных между собой зубчатыми переходами, которые позволяют перемещаться зубчатому колесу вторичного вала между шестернями без разрыва энергосилового потока. На данный момент рассматриваемая разработка имеет ряд нерешенных проблем, таких как сложность организации заднего хода, узкий диапазон передаточных чисел и т. д. Кроме того, КП остается ступенчатой несмотря на то, что переключения сглажены. Работа над устройством продолжается. Поэтому данную конструкцию можно считать перспективной.

Развитие КПП прогнозируемое и фактическое

В начале прошлого десятилетия был выполнен анализ текущих на тот момент времени тенденций развития автомобильных КП и сделаны прогнозы до конца декады [5]. Предполагалась унификация узлов КП с целью упрощения их ремонта, а также разработка новых элементов агрегатов на замену традиционным. В работе приведены тенденции изменений как КП в целом, так и отдельных их агрегатов на момент 2011 года. Тогда были очерчены главные векторы развития: автоматизация управления, увеличение количества передач и повышение плотности ряда передаточных чисел, уменьшение количества деталей с целью снижения вероятности отказов, увеличение ресурса, унификация отдельных деталей и узлов с целью уменьшения затрат на производство и упрощение ремонта. Последнее, например, предлагается достичь в т. ч. за счет модульной конструкции КП, в которой отдельные узлы и агрегаты (демультипликатор, делитель, синхронизаторы, приводы и т. д.) являются отдельными модулями, которые при необходимости меняются целиком и не требуют большого объема работ по центровке в процессе установки за счет применения, к примеру, игольчатых подшипников.

Тенденция по увеличению количества передач и повышению плотности ряда передаточных чисел прослеживается и в настоящее время. В период 2010–2020 годов наблюдается сокращение количества произведенных МКП и АКП с числом ступеней менее шести. Например, 6-ступенчатые АКП семейства 6Т от компании General Motors до сих пор выпускают. Эти модели спроектированы до 2012 года и хорошо зарекомендовали себя. Модель 6Т75, вышедшую на рынок одной из последних – в 2012 году, прекратили устанавливать на серийные автомобили в 2019 году. В то же время, КП с 7-ю и более ступенями в подавляющем большинстве производятся и в настоящее время. Аналогичная ситуация с агрегатами других известных фирм и марок.

Для сравнения была выбрана АКП серии 10R компании Ford. В частности, модель 10R140 (рис. 2, а), которая выпускается с 2020 года. Это 10-ступенчатый агрегат с 6-ю планетарными рядами и диапазоном ПЧ 4,615-0,632 (табл. 1). Применяется с ДВС объемом до 6,7 л и с крутящим моментом до 1 400 Н·м [6], т. е. на внедорожниках и грузовых автомобилях.

Также для сравнения выбрана 8-ступенчатая АКПП A8MF1 (рис. 2, б), устанавливаемая на легковых автомобилях с 2019 года. Диапазон ПЧ у неё от 4,417 до 0,635 (табл. 1). Данный агрегат предназначен для работы с ДВС объемом до 2,5 л и максимальным крутящим моментом до 270 Н·м [7]. Поэтому данная КП часто установлена на автомобилях категории М1: Kia Sorento 4-го поколения, Hyundai Sonata 8-го поколения, Hyundai Santa Fe 4-го поколения.

Сравнение этих агрегатов выполнено с выпускавшейся с 1999 по 2013 год 5-ступенчатой АКП Aisin AW55-50SN (рис. 2, в) компании GM. КП агрегируется с ДВС объемом до 3,5 л и максимальным крутящим моментом до 350 Н·м. Диапазон ПЧ от 4,66 до 1,02 [8] (табл. 1).

Сравнение выполнено по ряду критериев (табл. 2): ориентировочный ресурс агрегата, марка применяемого масла, периодичность обслуживания. Также приведена приблизительная статистика наиболее часто встречающихся неисправностей (табл. 2).

Исходя из приведенных и сопутствующих данных можно сделать вывод о развитии, которое получили АКП за прошедшее десятилетие. Ресурс и периодичность обслуживания практически не изменились. Увеличился диапазон ПЧ, работа автоматики стала более совершенной. Очевидно, что это достигнуто за счет повышения общей надежности. Если раньше к наиболее уязвимым узлам относились распределители жидкости (гидроблок, соленоиды) – поломка в них приводила чаще к некорректной работе коробки, то сейчас риску неисправности подвержены отдельные детали, а выход их из строя влечет за собой критические неисправности во всем агрегате. По этой же причине, как видно из сравнения, изменились свойства применяемых масел [9]. Существенно снижен индекс вязкости.

Также на рынке автозапчастей наблюдается сокращение ассортимента ремонтных комплектов по сравнению с позапрошлым десятилетием. Стоит отметить, что данная тенденция касается как КП, так и других элементов автомобиля. Всё чаще предпочтение отдается полной замене узла или агрегата. Принципиальная

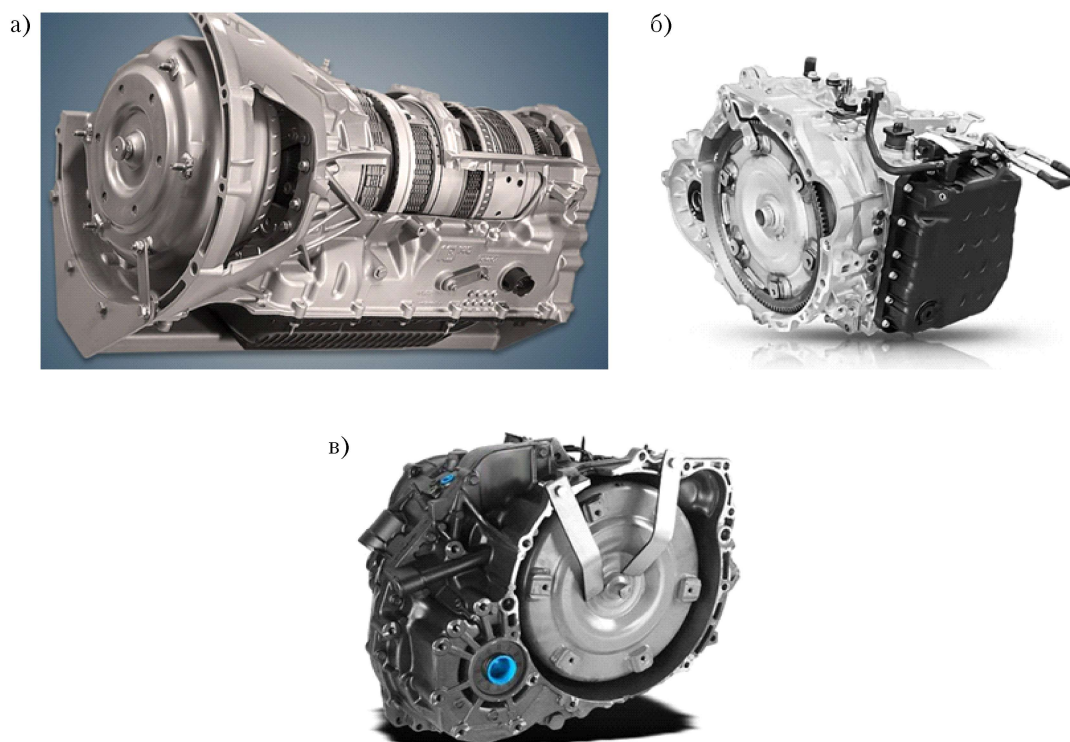


Рисунок 2 – Модели АКП: а) АКПП 10R140; б) АКПП A8MF1; в) Aisin AW55-50SN.

Таблица 1 – Передаточные числа сравниваемых моделей КП

Передача	Передаточное число		
	10R140 (2020 г. в.)	A8MF1 (2019 г. в.)	Aisin AW55-50SN (1999 г. в.)
Главная	3,31	3,367	2,44
1	4,615	4,717	4,66
2	2,919	2,906	3,03
3	2,132	1,864	1,98
4	1,773	1,423	1,34
5	1,519	1,224	1,02
6	1,277	1	–
7	1	0,790	–
8	0,851	0,635	–
9	0,687	–	–
10	0,632	–	–
Задняя	4,695	3,239	5,11

Таблица 2 – Сравнение рассматриваемых моделей АКП

Модель КП	10R140 (2020 г. в.) [6]	A8MF1 (2019 г. в.) [7]	Aisin AW55-50SN (1999 г. в.) [8]
Ориентировочный ресурс	250 000 км	300 000 км	300 000 км
Периодичность обслуживания	60 000 км		
Марка применяемого масла	Hyundai ATF SP-IV	Mercon ULV	Toyota ATF WS
Наиболее часто встречающаяся неисправность	Износ статора ГДТ и засорение гидроблока [6]	Износ фрикционных дисков, ухудшение характеристик масла [7]	Неисправности гидроблока [8]

сложность конструкции не изменилась, но ремонт усложнен за счет более высокой точности размеров деталей и посадок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В XXI веке, очевидно, не прослеживается тенденции на внедрение новых конструкций автомобильных коробок передач. Предпочтение отдается совершенствованию существующих за счёт: расширения диапазона и повышения плотности ПЧ, повышению КПД и быстродействия, снижения шумности работы, удешевления производства, совершенствования режимов езды (в т.ч. при помощи КП) [10, 11, 13] и т. д.

При этом значительную часть рынка занимают автомобили с гибридной или электрической силовой установкой. Их разнообразие и количество ежегодно увеличивается, постепенно вытесняя транспортные средства с традиционными ДВС. При этом КП таким автомобилям для ряда компоновочных схем не требуются, что также сказывается на развитии последних [13, 14, 15].

Вероятно, что в текущей декаде новых моделей МКП для серийных автомобилей появится не много. Предпочтение будет отдаваться АКП, преселективным агрегатам и вариаторам. Но и в этом сегменте ожидать значительных изменений конструкций не стоит – их совершенствование будет направлено в сторону улучшения характеристик при сохранении расчетного общего ресурса КП в целом. Осуществляться это будет за счет увеличения чувствительности системы к качеству обслуживания и снижения ремонтнопригодности по окончании гарантийного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горожанкин, С. А. Аналитическая методика для расчета передаточных чисел автомобильных многоступенчатых механических трансмиссий / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, О. О. Золотарев. – DOI 10.46960/1816-210X_2023_1_69. – Текст : электронный // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. – 2023. – № 1(140). – С. 69–83. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50744227_57761361.pdf (дата обращения: 15.04.2024). – EDN: MGRUMN.
2. Шаповалов, В. В. Инновационные технологии разработки и мониторинга автоматических коробок переключения передач : научный журнал / В. В. Шаповалов. – Текст : электронный // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2023. – № 1(217). – С. 36–42. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-razrabotki-i-monitoringa-avtomaticheskikh-korobok-pereklyucheniya-peredach> (дата обращения: 10.01.2024). – ISSN 1560-3644.
3. 9-ступенчатая АКП. – Текст : электронный // ООО «КАТЕ» : [сайт]. – Калининград. – Обновляется в течении суток. – URL: <https://katem.ru/projects/razrabotka-avtomaticheskikh-korobok-peredach/9-stupenchataya-akp/?ysclid=lq0tnx6d81248196835> (дата обращения: 09.01.2024).
4. Патент № 2595721 Российская Федерация, F16H 3/36(2006.01). Трансмиссия на шестернях со спиральными зубчатыми переходами : № 20141122521 : заявл. 06.11.2014 : опубл. 27.08.2016 / Савинов М. В., Савинов М. М. ; заявитель Савинов М. В. – 10 с. ил. – Текст : непосредственный.
5. Блохин, А. Н. Инновационные коробки передач «Ком-нами» с механическим и автоматизированным управлением : электронное научно-техническое издание / А. Н. Блохин, В. В. Маньковский, А. П. Недалков. – Текст : электронный // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – № 9. – С. 1–27. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-korobki-peredach-kom-nami-s-mehanicheskim-i-avtomatizirovannym-upravleniem> (дата обращения: 11.01.2024). – ISSN 1994-0408.
6. Малыхин, А. Автоматическая коробка FORD 10R140 / А. Малыхин. – Текст : электронный // Отоба.ру : электронная энциклопедия : [сайт]. – [Гомель]. – URL: <https://otoba.ru/transmissii/ford/10r140.html#primeneniye> (дата обращения: 09.03.2024).
7. Малыхин, А. Автоматическая коробка HYUNDAI-KIA A8MF1 / А. Малыхин. – Текст : электронный // Отоба.ру : электронная энциклопедия : [сайт]. – [Гомель]. – URL: <https://otoba.ru/transmissii/hyundai-kia/a8mf1.html> (дата обращения: 09.03.2024).
8. Малыхин, А. Автоматическая коробка AISIN AW55-50SN / А. Малыхин. – Текст : электронный // Отоба.ру : электронная энциклопедия : [сайт]. – [Гомель]. – URL: <https://otoba.ru/transmissii/aisin/aw55-50sn.html> (дата обращения: 09.03.2024).
9. Motorcraft® MERCON® ULV Automatic Transmission Fluid PRODUCT TYPICALS. – Текст : электронный // parts.ford.com : [сайт]. – URL: https://parts.ford.com/content/dam/ford-parts/resources/motorcraftpdf/MERCON_ULV_Automatic_Transmission_Fluid.pdf (дата обращения: 10.01.2022).
10. Горожанкин, С. А. Влияние передаточного числа главной передачи на топливную экономичность автомобиля в ездовом цикле / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, В. В. Понякин. – Текст : электронный // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2018. – Том 15, № 1(59). – С. 19–29. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-peredatochnogo-chisla-glavnoy-peredachi-na-toplivnyuyu-ekonomichnost-avtomobilya-v-ezdovom-tsikle> (дата обращения: 10.01.2022).
11. Heisler, H. Advanced Vehicle Technology / H. Heisler. – 2 ed. – Oxford [etc.] : Butterworth – Heinemann, 2002. – 663 p. – ISBN 0-7506-5131-8. – Текст : непосредственный.

12. Wang, E. Down shift control with power of planetary-type automatic transmission for a heavy-duty vehicle / E. Wang, F. Meng. – Текст : непосредственный // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2021. – Volume 159(3). – Article 107828. – DOI: 10.1016/J.YMSSP.2021.107828.
13. Tsang, Albert H. C. Strategic dimensions of maintenance management / Albert H. C. Tsang. – Текст : непосредственный // Journal of Quality in Maintenance Engineering. – 2002. – Volume 8, issue 1. – P. 7–39.
14. Voith products, services and industry solutions. – Текст : электронный // voith.com : [официальный сайт]. – 2023. – URL: <https://voith.com> (дата обращения: 10.01.2023).
15. Annual Report 2023 Driving the Transformation Forward. – Текст : электронный // zf.com : [официальный сайт]. – 2023. – URL: <https://www.zf.com> (дата обращения: 10.01.2023).

Получена 03.05.2024

Принята 24.05.2024

ALEXEY KIREEV

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMOTIVE AUTOMATIC
TRANSMISSIONS. DESIGNS. OPERATION

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation,
Donetsk People's Republic, Makeevka

Abstract. In order to determine the trends in the development of automatic transmissions, the article examines some of the promising designs created recently, as well as the designs of their individual elements. As an example, the following are selected: an alternative transmission clutch, which functions by analogy with an overrunning clutch; a step-by-step automatic transmission without hydrodynamic transmission, in which the smooth connection of the internal combustion engine and transmission is carried out by friction discs; a gearbox in which a cone with teeth acts as the leading link – the solution allows you to switch gears without interrupting the power flow. The work also compares automatic transmissions produced since the first decade of the current century with those released in 2019–2020, according to a number of parameters: estimated life, mileage of the car before maintenance of the automatic transmission, range and number of gear ratios, oil used. Based on the results, the expected trends in the development of the considered units on cars are formulated.

Keywords: gearbox, transmission, trends, reliability, service life, layout gear ratio.

Киреев Алексей Витальевич – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: силовые агрегаты на альтернативных видах топлива, автоматические трансмиссии.

Kireev Alexey – master's student, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: power units on alternative fuels, automatic transmissions.