

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_101-110
УДК 629.33.028

Рубцов Е.Г.

преподаватель кафедры автомобилей
и сервиса Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Сотников Д.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Онищенко Д. О.

доктор техн. наук, профессор кафедры
поршневые двигатели Московского
государственного технического
университета имени Н. Э. Баумана, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Rubtsov E.G.

lecturer at the Department of automobiles and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Sotnikov D.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Onishchenko D. O.

Doctor of technical sciences, professor of the
department of piston engines Bauman Moscow
State Technical University, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

ГИБРИДНЫЕ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ: РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

HYBRID TRANSMISSIONS FOR PASSENGER CAR: SOLUTIONS AND PROSPECTS

Аннотация. Данная статья рассматривает гибридную трансмиссию на современных легковых автомобилях, производящихся в Российской Федерации. Описаны тип и принцип работы гибридной трансмиссии, а также где производится автомобиль с гибридной трансмиссией.

Abstract. This article considers hybrid transmission on modern cars produced in the Russian Federation. The type and principle of operation of hybrid transmission is described, as well as where a car with a hybrid transmission is produced.

Ключевые слова: трансмиссия, новые технологии, гибридная трансмиссия, электромотор, аккумуляторная батарея, подзарядка, ДВС.

Keywords: transmission, new technologies, hybrid transmission, electric motor, battery, recharging, internal combustion engines.

Введение

В настоящее время люди в качестве средства передвижения и транспортировки всё больше используют автомобиль. Основная масса автомобилей приводится в движение двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Основная проблема ДВС заключается во вредных выбросах, которые негативно воздейству-

ют на окружающую среду. Страны европейского союза, пытаясь найти решение данного вопроса, приняли важное решение прекратить использование двигателей внутреннего сгорания к 2035 году. Например, уже в нашем году власти Стокгольма хотят запретить въезд автомобилей с ДВС в центр города. Эти, а также многие другие обстоятельства диктуют срочную потребность в транспортных средствах, способных уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду.

Помимо этого, при проектировании современных двигателей внутреннего сгорания конструкторы в погоне за увеличением экономичности уменьшают рабочий объем, и поэтому зона рабочих оборотов, при которых ДВС может выдать приемлемую мощность, невелика. Чтобы поддерживать двигатель в рабочем диапазоне оборотов и были построены многоступенчатые коробки передач. Увеличение числа передач позволяет конструкторам получить наиболее эффективную работу двигателя и поймать баланс между экономичностью и тяговыми характеристиками.

Однако простого увеличения количества ступеней уже не хватает. Технический прогресс не останавливаясь шагает вперед и заставляет автопроизводителей не только изменять двигатель, а конструктивно менять трансмиссию. Решением этого вопроса стала гибридная трансмиссия.

Плюсом к этому, помимо автомобилестроения развивается ещё и электроэнергетика. Все эти промышленные технологические наработки позволили выйти на одно из наиболее выгодных технологических решений выше сказанных вопросов начать выпускать автомобили с гибридной трансмиссией. Внешне гибрид бывает трудно, а иногда и невозможно отличить от автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, однако характерные различия в силовой установке и конструктивном расположении ее компонентов указывают на различия в их эксплуатационных характеристиках.

1. Общий принцип работы гибридной трансмиссии

Гибридные автомобили и технологии (под которыми комплексно понимают проектирование, изготовление и эксплуатацию), основаны на совмещении в энергоустановке двух или более различных типов источников энергии. Как правило, это ДВС, работающий по большей части на бензине, дизельном топливе или газе. Генератором и накопителем электроэнергии является аккумуляторная батарея, или блок суперконденсаторов. Автомобиль с батареей топливных элементов также относится к гибридным. В гибридном автомобиле может

использоваться и комбинация источников крутящего момента и тягового усилия: возможна передача усилия на ведущие колеса как от двигателя внутреннего сгорания, так и от электродвигателя.

Комбинирование источников энергии позволяет в полном объеме использовать их положительные стороны: повышенную энергоемкость одного и большую мощность другого. Появляется возможность использования стационарного режима работы ДВС, в котором он может при аналогичной работе потреблять меньше топлива и выбрасывать минимум вредных веществ. Заряженная аккумуляторная батарея позволяет выключать двигатель внутреннего сгорания на остановках автомобиля. Наличие электродвигателя и аккумулятора позволяет сохранять энергию механического движения транспортного средства при его торможении, или же использовать рекуперацию, что положительно скажется на расходе топлива.

2. Типы гибридной трансмиссии

В основном применяют три основных типа гибридной трансмиссии:

Для начала разберём последовательную комбинацию. В этом случае двигатель внутреннего сгорания работает в паре с электрогенератором. Тепловая энергия от двигателя, преобразованная генератором в электрическую, поступает через блоки управления на тяговый электромотор, который преобразует электроэнергию обратно в механическую для привода ведущих колес автомобиля. Энергия аккумулятора через систему управления компенсирует недостаток энергии двигателем внутреннего сгорания при работе тягового электропривода в тяжелых режимах движения, которыми являются разгон, преодоление подъемов или препятствий и т.д.

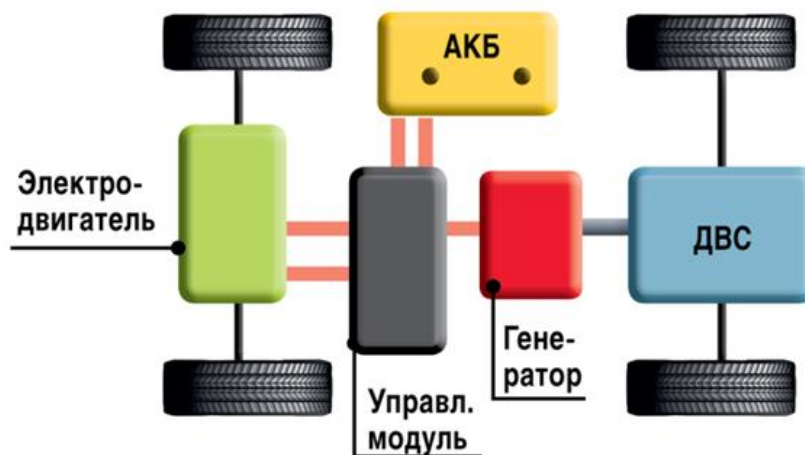


Рисунок 1 – Схема последовательной гибридной трансмиссии

В процессе торможения транспортного средства или движения на спуске происходит рекуперация. Блоки управления переводят механическую энергию движения в аккумуляторную батарею. Основными недостатками последовательного гибрида являются высокие массо-габаритные характеристики, пониженный КПД, так как силовой установке приходится два раза преобразовывать энергию вместо одного, и более высокая стоимость.

Далее рассмотрим параллельную комбинацию. В данной гибридной трансмиссии выходной вал тягового электродвигателя, имеет связь с валом двигателя внутреннего сгорания. Режим работы аккумулятора аналогичен режиму в последовательной схеме. Механическая энергия для привода ведущих колес реализуется параллельными потоками от двигателя внутреннего сгорания и электромотора. Основными положительными сторонами параллельной схемы являются небольшие массогабаритные характеристики и более высокий КПД, однако при параллельной схеме невозможно обеспечить стабильную работу двигателя внутреннего сгорания. Уменьшение количества негативных выбросов в окружающую среду и экономичный расход топлива достигаются по большей части за счет уменьшения рабочего объема ДВС.

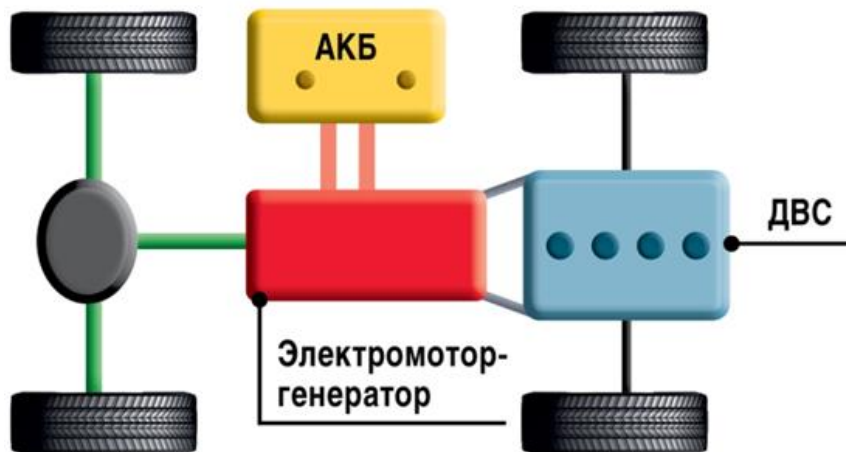


Рисунок 2 – Схема параллельной гибридной трансмиссии

В смешанной комбинации гибрида выходные валы двигателя внутреннего сгорания и тягового электромотора взаимосвязаны, но не жесткой конструкцией, а через несимметричный планетарный дифференциал. Положительным свойством смешанного гибрида можно назвать обеспечение почти постоянной работы двигателя внутреннего сгорания в наиболее оптимальном экономичном режиме, а также перераспределение при минимальных потерях мощности ведущих колес между двигателем внутреннего сгорания и электромотором. К при-

чинам повышенной эффективности смешанной схемы также можно отнести симбиоз характеристик составляющих трансмиссии, а также грамотный алгоритм системы управления.

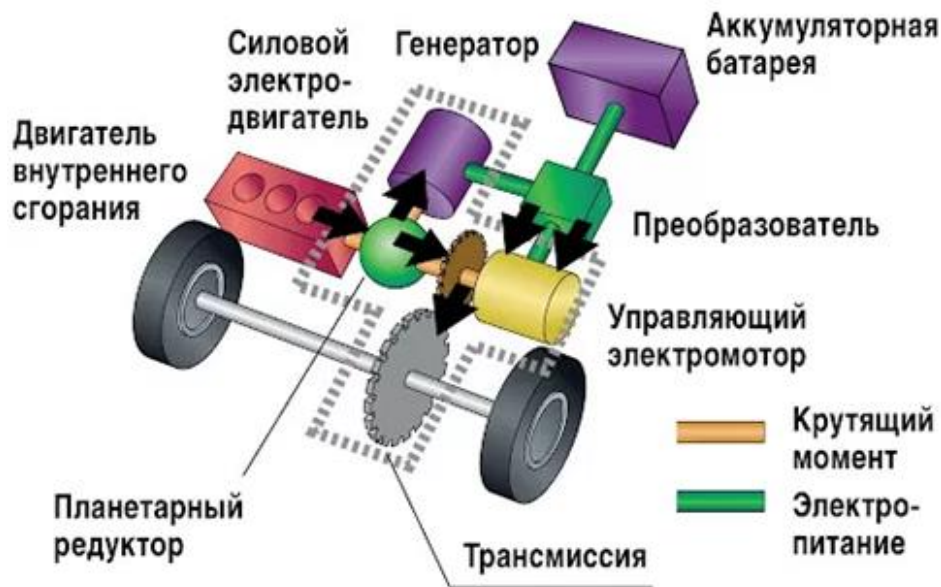


Рисунок 3 – Схема смешанной гибридной трансмиссии

При раздельной комбинации гибрида ведущие колеса транспортного средства крутящий момент поступает от двигателя внутреннего сгорания вне города, на трассе или на бездорожье. От аккумулятора и электромотора крутящий момент на колеса передается при городской езде. Здесь двигатель внутреннего сгорания работает по принципу обычного автомобиля, а тяговый электропривод применяется на относительно небольшие пробеги автомобиля в городской среде.

При любых компоновках гибридной силовой установки аккумуляторная батарея может служить не только дополнительным источником электропитания для достижения необходимой работы электропривода ведущих колес в определенных условиях, но и для того, чтобы запустить двигатель внутреннего сгорания при форс-мажорных обстоятельствах. Устройство управления, которое связывает между собой любые двигатель, аккумуляторную батарею и электрический привод, и контролирует электроэнергию, ее передачу и регулирование, называют также устройством управления потоками мощности.

Учитывая важность вопроса использования гибридных схем рассмотрим их более подробно. Существует большое разнообразие вариантов построения кинематических схем гибридных автомобилей. В гибридном автомобиле может сохраняться традиционная трансмиссия от двигателя внутреннего сгорания к

ведущим колесам с добавлением управляемых сцеплений, бесступенчатых коробок передач и др. При этом электродвигатель, работающий на главную передачу или на другие колеса при параллельной схеме, может осуществлять пуск двигателя внутреннего сгорания при больших отрицательных температурах, а также создавать тяговое усилие в определенных случаях, например, при разгоне и торможении автомобиля. В последовательной кинематической схеме электродвигатель является основным источником тягового усилия; традиционная трансмиссия исключается, и двигатель внутреннего сгорания работает только на генератор, заряжающий буферную батарею. Исключение трансмиссии позволяет использовать тепловые двигатели нетрадиционной конструкции или использовать другие источники электрической энергии. В последовательной схеме возможно применение мотор-колес. Существуют и более сложные, смешанные варианты кинематических схем. Выбор того или иного варианта, распределение мощности тепловых и электрических двигателей, энергоемкости и мощности буферного источника определяются назначением, требованиями к применению транспортного средства, типовыми циклами движения. Отметим, что реализация комбинированной энергоустановки немыслима без использования адекватной системы управления режимами работы тепловых и электрических двигателей, сцеплениями и коробками передач (если таковые имеются), системы управления потоками мощности.

3. Начало появления гибридных автомобилей на дорогах и настоящее время

Первым гибридным автомобилем, который выехал на дороги США, стал в 1999 году двухместный Insight компании Honda Motor Co. Два года ранее на дороги Японии вышел первый коммерческий гибрид Toyota Prius. Где использована комбинация двигателя внутреннего сгорания и электрического двигателя.

Экспериментальные исследования первого коммерческого промышленно производимого пассажирского гибридного автомобиля Toyota Prius в городском движении в Токио показали снижение потребления топлива почти вдвое, несмотря на то, что Prius несколько тяжелее своих аналогов. Испытания Prius, проведенные в Москве и Подмосковье, подтвердили средний удельный расход топлива 6,65 л/100 км и снижение токсичности выбросов в отработавших газах за счет уменьшения объема ДВС, работающего в почти стабильном режиме.

На данный момент большую долю российского рынка новых гибридных автомобилей составляют китайские производители: LiXiang, Skywell, Exlantis, Voyah.

Если говорить о производстве в России, то здесь легковые автомобили с гибридной трансмиссией встали на конвейер в 2024 году. Новое направление для отечественного автопрома взял на вооружение завод «Моторинвест» из Липецкой области, принадлежащий компании Evolute. На модели i-Space данного автопроизводителя стоит последовательная гибридная трансмиссия.



Рисунок 4 – Гибридный кроссовер Evolute i-Space

В составе силовой установки автомобиля i-Space – электродвигатель и ДВС. Помимо зарядки батареи и генерации электричества, двигатель запускается в помощь электротяге на скорости, заметно превышающей 100 километров в час. Хотя на вождении это никак не сказывается: этому способствуют хорошая шумоизоляция и виброзащищенность.

На данном автомобиле устанавливался рядный четырёхцилиндровый двигатель F31A мощностью 110 лошадиных сил. В июле 2025 года модель i-Space претерпела рестайлинг и получила новый двигатель H15R, который выдаёт уже 95 лошадиных сил. ДВС накапливает энергию в аккумуляторе. Из аккумулятора энергию берёт электродвигатель мощностью 160 киловатт, установленный на задней оси. Аккумулятор трёхкомпонентный, ёмкостью 25,1 кВт*ч. Также батарея имеет механизм терморегуляции в виде охлаждения и подогрева.

Таблица – Основные технические характеристики данного автомобиля

Показатель	Значение
Колесная формула	4x2
Весовые параметры	
Снаряжённая масса, кг	1900
Полная масса, кг	2450
Максимальная рузоподъёмность, кг	525
Двигатель	
Модель	F31A (H15R)
Тип	бензиновый
Максимальная полезная мощность, л.с.	110 (95)
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	5000
Максимальный полезный крутящий момент, Нм	135
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	4500
Расположение и число цилиндров	рядное, 4
Рабочий объем, л	1.5
Система питания	
Вместимость топливного бака, л	60
Электротяга	
Мощность электродвигателя, кВт	130 (160)
Крутящий момент электродвигателя, Нм	300 (330)
Запас хода на электротяге	87 (120)
Ёмкость батареи, кВт*ч	17.52 (25.1)

ДВС выключается после того, как аккумуляторная батарея полностью зарядилась. Однако электроника внимательно следит за тем, чтобы она полностью не разрядилась, и при достижении критического порога снова запустит двигатель для подзарядки.



Рисунок 5 – Последовательная гибридная установка Evolute

Так последовательная трансмиссия позволяет автомобилю передвигаться в пространстве, пока в баке есть топливо. Расход бензина АИ-92 составляет 5,4 литра на 100 километров, а запас хода на электротяге равен 87 километров. Последовательный "гибрид" исключает жесткую зависимость от зарядных станций – силовая установка способен сам себе генерировать электричество.

Заключение

1. Гибридные автомобили, являясь промежуточным звеном между автомобилями с ДВС и электромобилями, сочетают в себе их наилучшие качества.
2. Гибридная трансмиссия совмещает в себе тяговые характеристики стандартной трансмиссии с ДВС, экономичность и бесшумность трансмиссии электромобиля.
3. Гибриды уже успели занять свою нишу в мировом автомобильном рынке. В том числе гибридные автомобили в значительном количестве ездят по дорогам в России, где уже началось серийное производство автомобилей с данным типом трансмиссии.

Список литературы

1. Буглаев, Н. А. Обзор типов гибридных тяговых приводов / Н.А. Буглаев, А. А. Буглаев. – Брянск: БГТУ, 2024.
2. Павлов, А. А. Силовые установки гибридных электромобилей с электронной безступенчатой трансмиссией / А. А. Павлов, А. Г. Кириллов. – М.: Транспортное дело России, 2023. – №2. – 352-355 с.
3. Добрецова, С. Б. Соединительные механизмы для гибридной трансмиссии автомобиля / С. Б. Добрецова, Р. Ю. Добрецов. – Пермь: Химия. Экология. Урбанистика, 2021. – № 3. – 95-99 с.
4. Хадеев, Р. Г. Трансмиссия для гибридного автомобиля / Р. Г. Хадеев. – Екатеринбург: Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – № 2-1 (33). – 106-108с.
5. Котиев, Г. О. Кинематическая схема гибридной трансмиссии для переднеприводных автомобилей / Г. О. Котиев, С. А. Харитонов, М. В. Нагайцев. – М.: Журнал автомобильных инженеров, 2012. – № 1 (72) – 14-20 с.
6. Златин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Кеменов, И. П. Ксенович. – М.: Агроконсалт, 2004.
7. Филькин, Н. М. Разработка автоматической трансмиссии легкового автомобиля с гибридной энергосиловой установкой / Н. М. Филькин, И. И. Галеев. – М. : Успехи современного естествознания, 2008. – № 4. – 67 с.
8. Имангулов, А. Р. Об упрощении динамической модели трансмиссии гибридного легкового автомобиля / А. Р. Имангулов, Н. М. Филькин. – Ижевск: Интеллектуальные системы в производстве, 2013. – № 2 (22). – 55-58 с.
9. Усов, О. А. Алгоритм управления электромеханической трансмиссией с гибридной силовой установкой / О. А. Усов – М. : Интернет-журнал «Науковедение», 2016. – 8 т. – № 6 (37). – 80 с.

10. Котиев, Г. О. Обзор кинематических схем построения гибридных трансмиссий / Г. О. Котиев, С. А. Харитонов, М. В. Нагайцев. – М. : Журнал автомобильных инженеров, 2010. – № 4 (63). – 40-47 с.

References

1. Buglaev, N. A. Review of types of hybrid traction drives / N. A. Buglaev, A. A. Buglaev. - Bryansk: BSTU, 2024.
2. Pavlov, A. A. Power plants of hybrid electric vehicles with an electronic continuously variable transmission / A. A. Pavlov, A. G. Kirillov. - M.: Transport Business of Russia, 2023. - No. 2. - 352-355 p.
3. Dobretsova, S. B. Connecting mechanisms for a hybrid vehicle transmission / S. B. Dobretsova, R. Yu. Dobretsov. - Perm: Chemistry. Ecology. Urban studies, 2021. - No. 3. - 95-99 p.
4. Khadeev, R. G. Transmission for a hybrid vehicle / R. G. Khadeev. - Ekaterinburg: International Research Journal, 2015. - No. 2-1 (33). - 106-108 p.
5. Kotiev, G. O. Kinematic diagram of a hybrid transmission for front-wheel drive vehicles / G. O. Kotiev, S. A. Kharitonov, M. V. Nagaytsev. - Moscow: Journal of Automobile Engineers, 2012. - No. 1 (72) - 14-20 p.
6. Zlatin, P. A. Electric and Hybrid Cars / P. A. Zlatin, V. A. Kemenov, I. P. Ksenevich. - Moscow: Agroconsult, 2004.
7. Filkin, N. M. Development of an Automatic Transmission for a Passenger Car with a Hybrid Power Plant / N. M. Filkin, I. I. Galeev. - Moscow: Advances in Modern Natural Science, 2008. - No. 4. - 67 p.
8. Imangulov, A. R. On Simplifying the Dynamic Model of a Hybrid Passenger Car Transmission / A. R. Imangulov, N. M. Filkin. - Izhevsk: Intelligent Systems in Production, 2013. - No. 2 (22). - 55-58 p.
9. Usov, O. A. Control algorithm for an electromechanical transmission with a hybrid power plant / O. A. Usov. - M.: Internet journal "Science Studies", 2016. - 8 volumes. - No. 6 (37). - 80 p.
10. Kotiev, G. O. Review of kinematic schemes for constructing hybrid transmissions. / G. O. Kotiev, S. A. Kharitonov, M. V. Nagaytsev. - M.: Journal of Automobile Engineers, 2010. - No. 4 (63). - 40-47 p.