

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Муниципальное образовательное учреждение  
«Тверской лицей»

**РЕФЕРАТ**  
по физике  
в рамках проекта:

**Современные альтернативы двигателям  
внутреннего сгорания**

Выполнил: учащийся 10 «2» класса  
Фролов Михаил Алексеевич  
Научный руководитель: учитель физики  
Крючина Наталья Марковна

Тверь, 2012

# **Оглавление**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ</b>	<b>4</b>
<b>РОТОРНО-ПОРШНЕВОЙ ДВИГАТЕЛЬ</b>	<b>6</b>
<b>ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ</b>	<b>10</b>
<b>ГИБРИДНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ</b>	<b>15</b>
<b>ВОДОРОДНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ</b>	<b>20</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>25</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>26</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ1</b>	<b>27</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ2</b>	<b>27</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ3</b>	<b>28</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ4</b>	<b>29</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ5</b>	<b>29</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 6</b>	<b>30</b>

## Введение

Около 1870 года в Вене, Австрия (тогда Австро-Венгерская империя) изобретатель Зигфрид Маркус поместил жидкостный двигатель внутреннего сгорания на простой тележке, что сделало его первым человеком, использовавшим транспортное средство на бензине. С тех пор прошло уже практически два с половиной века, и автомобили прочно вошли в нашу жизнь. Но что приводит их в движение? Двигатели.

Цель данного реферата – рассмотреть двигатель внутреннего сгорания, используемый в автомобиле, и альтернативные двигатели, их преимущества и недостатки. Тема является актуальной, так как сейчас остро стоит вопрос о создании экологически безопасного транспорта. Сегодня заканчивается время углеводородного топлива для него. Потому что старые месторождения дешевых нефти и газа истощаются, а новые месторождения оказываются слишком дорогостоящими для освоения из-за тяжелого климата или удаленного доступа. Для решения этой проблемы есть два разных пути: 1) найти новое топливо, не изменяя сильно сам ДВС, 2) найти совершенно иной способ получения энергии с отказом от ДВС и переходом на иные двигатели. При написании реферата использовалась информация, данная на сайте [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org). На данном сайте имеются общие сведения о двигателях. «Электромобили» - данное учебное пособие автор: Бусыгин Б. П. рассматривает вопросы проектирования электромобилей. Информация о разработках водородного двигателя в России была взята с сайта [auto-piter.net](http://auto-piter.net).

Задачей данного проекта является **в краткой и доходчивой форме** рассказать о **различных двигателях современного автомобиля**:

1. Дать описание двигателя внутреннего сгорания, его недостатки и достоинства. Раскрыть особенности роторно-поршневого двигателя.
2. Показать преимущества электромобиля, гибридного двигателя, водородного двигателя внутреннего сгорания

## **Двигатель внутреннего сгорания**

Двигатель внутреннего сгорания (сокращённо ДВС) — это тип двигателя, тепловой машины, в которой химическая энергия топлива (обычно применяется жидкое или газообразное углеводородное топливо), сгорающего в рабочей зоне, преобразуется в механическую работу.

Несмотря на то, что ДВС являются несовершенным типом тепловых машин (сильный шум, токсичные выбросы, меньший ресурс), благодаря своей автономности ДВС используется в 90% транспортных средств.

Проект первого двигателя внутреннего сгорания (ДВС) принадлежит известному изобретателю часового анкера Христиану Гюйгенсу и предложен ещё в XVII веке. Интересно, что в качестве топлива предполагалось использовать порох, а сама идея была подсказана артиллерийским орудием. Все попытки Дени Папена (создатель первой паровой машины) построить машину на таком принципе, успехом не увенчались. Первый надёжно работавший ДВС сконструировал в 1860 году французский инженер Эжен Ленуар. Двигатель Ленуара работал на газовом топливе. Спустя 16 лет немецкий конструктор Николас Отто создал более совершенный 4-тактный газовый двигатель. В этом же 1876 году шотландский инженер Дугальд Кларк испытал первый удачный 2-тактный двигатель. Совершенствованием ДВС занимались многие инженеры и механики. Так, в 1883 году немецкий инженер Карл Бенц изготовил использованный им в дальнейшем 2-тактный ДВС. В 1897 году его соотечественник и тоже инженер Рудольф Дизель предложил ДВС с воспламенением рабочей смеси в цилиндре от сжатия воздуха, названный впоследствии дизелем. Сегодня в автомобилях в основном применяются дизельные и поршневые ДВС.

### **Принцип работы дизельного двигателя**

1-й такт. Впуск. Клапан впуска открывается, воздух поступает в цилиндр и клапан сразу закрывается.

2-й такт. Сжатие. Поршень, двигаясь к ВМТ (верхней мёртвой точке) сжимает воздух в 16(в тихоходных)-20(в быстроходных) раз, после чего в горячей среде распыляется топливо через форсунку.

3-й такт.(Рабочий ход). Горение, Расширение. После распыления топлива в горячем воздухе оно сгорает, двигая поршень вниз. (Поджиг соляры происходит после того, как поршень почти достиг верхней мёртвой точки за счёт высокой температуры сжатого воздуха).

4-й такт. Выпуск. Поршень идёт вверх, клапан выпуска открывается, происходит выпуск и продувка.

### **Принцип работы четырёхтактного поршневого двигателя**

1. Впуск. В течение этого такта поршень опускается из верхней мёртвой точки (ВМТ) в нижнюю мёртвую точку (НМТ). При этом кулачки распредвала открывают впускной клапан, и через этот клапан в цилиндр засасывается свежая топливно-воздушная смесь.

2. Сжатие. Поршень идёт из НМТ в ВМТ, сжимая рабочую смесь. При этом значительно возрастает температура смеси. Отношение рабочего объёма цилиндра в НМТ и объёма камеры сгорания в ВМТ называется степень сжатия . Степень сжатия — очень важный параметр, обычно, чем она больше , тем больше топливная экономичность двигателя . Однако, для двигателя с большей степенью сжатия требуется топливо с бóльшим октановым числом , которое дороже.

3. Сгорание и расширение (рабочий ход поршня). Незадолго до конца цикла сжатия топливовоздушная смесь поджигается искрой от свечи зажигания. Во время пути поршня из ВМТ в НМТ топливо сгорает, и под действием тепла сгоревшего топлива рабочая смесь расширяется, толкая поршень. Степень «недоворота» коленчатого вала двигателя до ВМТ при поджигании смеси называется углом опережения зажигания. Опережение зажигания необходимо для того, чтобы основная масса бензовоздушной смеси успела воспламениться к моменту, когда поршень будет находиться в ВМТ (процесс воспламенения является медленным процессом относительно скорости работы поршневых

систем современных двигателей). При этом использование энергии сгоревшего топлива будет максимальным. Сгорание топлива занимает практически фиксированное время, поэтому для повышения эффективности двигателя нужно увеличивать угол опережения зажигания при повышении оборотов. В старых двигателях эта регулировка производилась механическим устройством центробежным вакуумным регулятором воздействующим на прерыватель. В более современных двигателях для регулировки угла опережения зажигания используют электронику. В этом случае используется датчик положения коленчатого вала, работающий обычно по емкостному принципу.

4. Выпуск. После НМТ рабочего цикла открывается выпускной клапан, и движущийся вверх поршень вытесняет отработанные газы из цилиндра двигателя. При достижении поршнем ВМТ выпускной клапан закрывается и цикл начинается сначала.

#### *Преимущества ДВС*

Высокая дальность передвижения на одной заправке; малый вес и объем источника энергии (топливного бака);

#### *Недостатки ДВС*

1. Низкий средний КПД во время эксплуатации; высокое загрязнение окружающей среды; обязательное наличие КПП; отсутствие режима рекуперации энергии; работа ДВС подавляющую часть времени с недогрузом.

## **Роторно-поршневой двигатель**

Роторно - поршневой двигатель внутреннего сгорания (РПД, двигатель Ванкеля), конструкция которого разработана в 1957 году инженером компании NSU Вальтером Фройде, ему же принадлежала идея этой конструкции. Двигатель разрабатывался в соавторстве с Феликсом Ванкелем, работавшим над другой конструкцией роторно-поршневого двигателя ([Приложения 1, 2](#)).

Особенность двигателя — применение трёхгранного ротора (поршня), имеющего вид треугольника Рёло, вращающегося внутри цилиндра специального профиля, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде (возможны и другие формы ротора и цилиндра).

Установленный на валу ротор жёстко соединён с зубчатым колесом, которое входит в зацепление с неподвижной шестернёй — статором. Диаметр ротора намного превышает диаметр статора, несмотря на это ротор с зубчатым колесом обкатывается вокруг шестерни. Каждая из вершин трёхгранного ротора совершает движение по эпитрохоидальной поверхности цилиндра и отсекают переменные объёмы камер в цилиндре с помощью трёх клапанов.

### **Конструкция**

Герметизация камер обеспечивается радиальными и торцевыми уплотнительными пластинами, прижимаемыми к цилиндру центробежными силами, давлением газа и ленточными пружинами. Отсутствие механизма газораспределения делает двигатель значительно проще четырёхтактного поршневого (экономия составляет около тысячи деталей), а отсутствие сопряжения (картерное пространство, коленвал и шатуны) между отдельными рабочими камерами обеспечивают необычайную компактность и высокую удельную мощность. За один оборот двигатель выполняет три полных рабочих цикла, что эквивалентно работе шестицилиндрового поршневого двигателя.

Смесеобразование, зажигание, смазка, охлаждение, запуск принципиально такие же, как и у обычного поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Практическое применение получили двигатели с трёхгранными роторами, с отношением радиусов шестерни и зубчатого колеса:  $R:r = 2:3$ , которые устанавливаются на автомобилях, лодках и т. п. Автомобили с РПД потребляют от 7 до 20 литров топлива на 100 км, в зависимости от режима движения, масла — от 0,4 л до 1 л на 1000 км.

### **Преимущества и недостатки**

Преимущества перед обычными бензиновыми двигателями

- низкий уровень вибраций. Роторно-поршневой двигатель полностью механически уравновешен, что позволяет повысить комфортность лёгких транспортных средств типа микроавтомобилей, мотоциклов и юникаров;
- главным преимуществом роторно-поршневого двигателя являются отличные динамические характеристики: на низкой передаче возможно без излишней нагрузки на двигатель разогнать машину выше 100 км/ч на

более высоких оборотах двигателя (8000 об/мин и более), чем в случае конструкции обычного поршневого двигателя внутреннего сгорания.

- Масса движущихся частей в РПД гораздо меньше, чем в аналогичных по мощности «нормальных» поршневых двигателях, так как в его конструкции отсутствуют коленчатый вал и шатуны.
- К тому же однороторный двигатель выдаёт мощность в течение трёх четвертей каждого оборота выходного вала. В отличие от одноцилиндрового поршневого двигателя, который выдаёт мощность только в течение одной четверти каждого оборота выходного вала. (современный серийный РПД с объёмом рабочей камеры 1300 см<sup>3</sup> имеет мощность 220 л.с., а с турбокомпрессором — 350 л.с.)
- меньшие в 1,5-2 раза габаритные размеры.
- меньшее на 35-40 % число деталей
- За счёт отсутствия преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное, двигатель Ванкеля способен выдерживать гораздо большие обороты, но с меньшими вибрациями, по сравнению с традиционными двигателями. Роторно-поршневые двигатели обладают более высокой мощностью при небольшом объёме камеры сгорания, сама же конструкция двигателя сравнительно мала и содержит меньше деталей. Небольшие размеры улучшают управляемость, облегчают оптимальное расположение трансмиссии (развесовка) и позволяют сделать автомобиль более просторным для водителя и пассажиров.

Недостатки:

- Соединение ротора с выходным валом через эксцентриковый механизм, являясь характерной особенностью РПД Ванкеля, вызывает давление между трущимися поверхностями, что в сочетании с высокой температурой приводит к дополнительному износу и нагреву двигателя.
- В связи с этим возникает повышенное требование к периодической замене масла. При правильной эксплуатации периодически производится капитальный ремонт, включающий в себя замену уплотнителей. Ресурс

при правильной эксплуатации достаточно велик, но не заменённое вовремя масло неизбежно приводит к необратимым последствиям, и двигатель выходит из строя.

- Наиболее важной проблемой считается состояние уплотнителей. Площадь пятна контакта очень невелика, а перепад давления очень высокий. Следствием этого, неразрешимого для двигателей Ванкеля, противоречия являются высокие утечки между отдельными камерами и, как следствие, падение коэффициента полезного действия и токсичность выхлопа.
- Проблема быстрого износа уплотнителей на высокой скорости вращения вала была решена применением высоколегированной стали.
- Другой особенностью двигателей Ванкеля является его склонность к перегреву. Камера сгорания имеет линзовидную форму, то есть при маленьком объёме у неё относительно большая площадь. При температуре горения рабочей смеси основные потери энергии идут через излучение. Интенсивность излучения пропорциональна четвёртой степени температуры, таким образом идеальная форма камеры сгорания — сферическая. Лучистая энергия не только бесполезно покидает камеру сгорания, но и приводит к перегреву рабочего цилиндра. Эти потери не только снижают эффективность преобразования химической энергии в механическую, но и вызывают проблемы с воспламенением рабочей смеси, поэтому в конструкции двигателя часто предусматривают 2 свечи.
- Высокие требования к исполнению деталей двигателя делают его сложным в производстве — требуется применение высокотехнологичного и высокоточного оборудования: станков, способных перемещать инструмент по сложной траектории эпитрохoidalной поверхности камеры объёмного вытеснения.
- При всех преимуществах (высокая удельная мощность, простота устройства, несложный ремонт при правильной эксплуатации), важной

проблемой является меньшая экономичность на низких оборотах по сравнению с обычными ДВС.

## Применение

Двигатель разрабатывался изначально именно для применения на автотранспорте. Первый серийный автомобиль с роторным двигателем — немецкий спорткар NSU Spider. Первый массовый (37 204 экземпляра) — немецкий седан бизнес-класса NSU Ro 80. Автомобиль имел достаточно инноваций и помимо двигателя, в частности, кузов с рекордно низким аэродинамическим сопротивлением, полуавтоматическую коробку передач с гидротрансформатором, блок-фары, и так далее. Ro80 отличалась не только уникальной конструкцией, но и передовым дизайном, который оказался непонятен публике середины шестидесятых; через десять лет именно он был положен в основу стиля моделей «Ауди» 100 и 200 поколения С2.

К сожалению, ресурс двигателя оказался весьма мал (ремонт требовался уже после пробега порядка 50 тыс. км), поэтому автомобиль заслужил плохую репутацию и относительно малоизвестен. На многих сохранившихся автомобилях оригинальный двигатель заменён на поршневой V4 «Essex» фирмы Ford. После этого серийное и мелкосерийное производство роторно-поршневых двигателей Ванкеля производились только фирмами Mazda (Япония) и ВАЗ (Россия).

## Электромобиль

Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими тяговыми электродвигателями с питанием от аккумуляторов или топливных элементов ([Приложение 6](#)).

Электромобиль появился раньше, чем двигатель внутреннего сгорания. Первый электромобиль в виде тележки с электромотором был создан в 1841 году. Первый двухместный электромобиль русского инженера-изобретателя Ипполита Романова образца 1899 года изменял скорость движения в девяти градациях — от 1,6 км в час до максимальной в 37,4 км в час. В первой четверти XX века широкое распространение получили электромобили и

автомобили с паровой машиной. В 1900 году примерно половина автомобилей в США была на паровом ходу, в 1910-х в Нью-Йорке в такси работало до 70 тысяч электромобилей. Значительное распространение в начале века получили и грузовые электромобили, а также электрические омнибусы (электробусы). Возрождение интереса к электромобилям произошло в 1960-е годы из-за экологических проблем автотранспорта, а в 1970-е годы и из-за резкого роста стоимости топлива в результате энергетических кризисов.

## Устройство ТЭД

Тяговый электродвигатель, по сути, представляет собой электродвигатель с передачей вращающего момента на движитель транспортного средства (колесо, гусеницу или гребной винт). В конце XIX века было создано несколько моделей безредукторных ТЭД, когда якорь насаживается непосредственно на ось колёсной пары. Однако даже полное подрессоривание двигателя относительно оси не избавляло конструкцию от недостатков, приводящих к невозможности развить приемлемую мощность двигателя. Проблема была решена установкой понижающего редуктора, что дало возможность значительно увеличить мощность и развить достаточную для массового применения ТЭД на транспортных средствах силу тяги. Помимо основного режима тяговые электродвигатели могут работать в реверсивном режиме (обратное вращение вала), а также в режиме генератора (при электрическом торможении, рекуперации). Существенным моментом использования ТЭД является необходимость обеспечения плавного пуска-торможения двигателя для управления скоростью транспортного средства. Вначале регулирование силы тока осуществлялось за счёт подключения дополнительных резисторов и изменения схемы коммутации силовых цепей. С целью уйти от бесполезной нагрузки и повысить КПД стали применять импульсный ток, регулировка которого не требовала резисторов

## Сравнение с ДВС

### 1. Преимущества

- Отсутствие вредных выхлопов в месте нахождения электромобиля.

- Высокая экологичность ввиду отсутствия применения нефтяных топлив, антифризов, трансмиссионных и моторных масел, а также фильтров для этих жидкостей.
- Простота техобслуживания, большой межсервисный пробег.
- Низкая пожаро- и взрывоопасность при аварии.
- Простота конструкции (простота электродвигателя и трансмиссии, отсутствие необходимости в переключении передач) и управления, высокая надёжность и долговечность экипажной части (до 20—25 лет) в сравнении с обычным автомобилем.
- Возможность подзарядки от бытовой электрической сети (розетки), но такой способ в 5—10 раз дольше, чем от специального высоковольтного зарядного устройства.
- Электромобиль — единственный вариант применения на легковом автотранспорте дешевой (по сравнению с бензином) энергии, вырабатываемой АЭС, ГЭС и электростанциями других типов.
- Массовое применение электромобилей смогло бы помочь в решении проблемы «энергетического пика» за счёт подзарядки аккумуляторов в ночное время.
- ТЭД имеют КПД до 90-95 % по сравнению с 22-42 % у ДВС .
- Меньший шум за счёт меньшего количества движимых частей и механических передач.
- Высокая плавность хода с широким интервалом изменения частоты вращения вала двигателя.
- Возможность подзарядки аккумуляторов во время рекуперативного торможения и при движении вниз по склонам (при переключении двигателя в режим генератора).
- Возможность подзарядки аккумуляторов от энергии солнца (как во время движения, так и во время простоя автомобиля).

- Возможность торможения самим электродвигателем (режим электромагнитного тормоза) без использования механических тормозов — отсутствие трения и соответственно износа тормозов.
- Простая возможность реализации полного привода и торможения путем применения схемы «мотор-колесо», что позволяет, помимо прочего, легко реализовать систему одновременного поворота всех четырех колес, вплоть до перпендикулярного положения.
- Также как и в автомобилях с ДВС, часть энергии (около 10 %) теряется в коробке передач и других элементах трансмиссии. Для решения этой проблемы в электромобилях, компания Mitsubishi Motor разработала колесо с встроенным электродвигателем (мотор-колесо). Система получила название Mitsubishi In-wheel motor Electric Vehicle (MIEV). Аналогичное мотор-колесо разработала Toyota. Прототип автомобиля Toyota Fine-T может поворачивать колёса перпендикулярно оси автомобиля, что позволяет значительно упростить парковку. Возможно также решением данной проблемы будет отказ от коробки передач в пользу обычной цилиндрической передачи, как на локомотивах (КПД около 95 %) или простого карданного вала, как на троллейбусах.

## **2. Недостатки**

- Аккумуляторы за полтора века эволюции так и не достигли характеристик, позволяющих электромобилю на равных конкурировать с автомобилем по запасу хода и стоимости, несмотря на значительное усовершенствование конструкции. Имеющиеся высокоэнергоемкие аккумуляторы либо слишком дороги из-за применения драгоценных или дорогостоящих металлов (серебро, литий), либо работают при слишком высоких температурах (рабочая температура натрий-серного аккумулятора — более 300 °С). Кроме того, такие аккумуляторы отличаются высоким саморазрядом. Одним из перспективных направлений стала разработка никель-металл-гидридных аккумуляторов с оптимальным соотношением энергоемкости и себестоимости, однако из-

за патентных ограничений на NiMH-аккумуляторы на электромобилях вынуждены применять свинцово-кислотные АКБ. Впрочем, энергоёмкость таких АКБ увеличилась за XX век в 4 раза (до 40—45 Вт·ч/кг) и они не требуют обслуживания в течение всего срока службы. Значительно повысить отдачу от аккумуляторов позволило применение электронных систем оперативного контроля за состоянием и зарядкой-разрядкой АКБ. Возможно выходом из этой ситуации будет применение топливных элементов, в частности дешевоющихся PEM-элементов.

- Аккумуляторы хорошо работают при движении электромобиля на постоянных скоростях и при плавных разгонах. При резких стартах тяговые АКБ теряют много энергии. Для увеличения пробега электромобиля необходимы специальные стартовые системы, например, на конденсаторах, а также применение систем рекуперации энергии (экономия до 25 %).
- Проблемой является производство и утилизация аккумуляторов, которые часто содержат ядовитые компоненты (например, свинец или литий) и кислоты.
- Часть энергии аккумуляторов тратится на охлаждение или обогрев салона автомобиля, а также питание прочих бортовых энергопотребителей (например, свет или воздушный компрессор). Предпринимаются усилия, чтобы решить эту проблему с использованием топливных элементов, ионисторов и фотоэлементов.
- Для массового применения электромобилей требуется создание соответствующей инфраструктуры для подзарядки аккумуляторов («автозарядные» станции).
- При массовом использовании электромобилей в момент их зарядки от бытовой сети возрастают перегрузки электрических сетей «последней мили», что чревато снижением качества энергоснабжения и риском локальных аварий сети.

- Длительное время зарядки аккумуляторов по сравнению с заправкой топливом.
- Малый пробег от одного заряда. Литиевая батарея ёмкостью 24 кВт·ч при средних условиях движения (60-90 км/ч, ближний свет фар (фары на светодиодах), без отопления салона, без кондиционера) позволяет электромобилю проехать около 160 км. Использование кондиционера, отопителя салона, движение с частым разгоном/торможением, движение со скоростью более 90-100 км/ч, загрузка электромобиля пассажирами или грузом уменьшают пробег от одного заряда до 2-х раз (до 80 км).
- Высокая стоимость литиевых батарей, или высокий вес достаточно ёмких свинцовых батарей. Литиевая батарея ёмкостью 24 кВт·ч стоит порядка 6000-9000 \$ (даёт около 160 км пробега). Свинцовые батареи весом порядка 400 кг позволяют иметь пробег всего около 80 км, к тому же свинцовые батареи очень не любят глубокого разряда. Использование большего количества свинцовых батарей приводит к перегрузке электромобиля, а использование литиевых батарей большей ёмкости сильно удорожает электромобиль. Другие типы батарей в электромобилях практически не используются.
- Ухудшение характеристик (ёмкости, при заряде и при расходе энергии) батарей на холоде.
- Деградация литиевых и других батарей с возрастом. В лучших моделях литиевых батарей через 5-8 лет остается менее 80% емкости.

## Гибридный двигатель

Гибридный двигатель — двигатель, комбинирующий преимущества обоих моторов: ДВС и электродвигателя ([Приложение 4](#)). Применяется в автомобилях как альтернатива двигателю внутреннего сгорания. Первоначально идея организации принципа «электрической коробки передач», то есть замены механической коробки передач на электрические провода, была воплощена в железнодорожном транспорте и большегрузных карьерных самосвалах. Причина применения такой схемы обусловлена огромными сложностями

механической передачи управляемого крутящего момента на колеса мощного транспортного средства. Это обусловлено тем, что ДВС обладает определённой нагрузочной характеристикой (зависимостью отдаваемой мощности от частоты вращения вала), которая имеет оптимальные показатели только в узком интервале, как правило смещённом в сторону высоких оборотов. Частичная компенсация этого недостатка происходит за счёт применения коробки передач, однако, она ещё более ухудшает общий КПД за счёт собственных потерь. Также, ДВС не может изменить направление вращения, чтобы обеспечить задний ход. Электродвигатель свободен от этих недостатков, плюс обеспечивает мгновенный запуск и остановку, и не имеет нужды в холостом ходе, что даёт ещё одно важное преимущество — отсутствие механизма сцепления. Поэтому электродвигатель не требует никакой трансмиссии, и в теории, может быть размещён непосредственно в колесе. Суть нового принципа заключается в том, что двигатель, работающий на обычном топливе, приводит в движение электрогенератор, и через систему управления нужное количество электроэнергии передаётся на электродвигатели, приводя в движение транспортное средство. Это похоже на электростанцию на электромобиле, вырабатывающую энергию для собственного движения. Суть схемы работы гибридного автомобиля аналогична, но значительно модифицирована, в первую очередь добавлением аккумуляторной батареи, только в отличие от электромобиля менее ёмкой, а, следовательно, более лёгкой.

Наиболее используемая схема гибридных двигателей - «двигатель внутреннего сгорания — электрический аккумулятор — электродвигатель». В последнем случае питается как горючим, так и зарядом электрического аккумулятора. Главное преимущество гибридного автомобиля — снижение расхода топлива и вредных выхлопов. Это достигается полным автоматическим управлением режима работы системы двигателей с помощью бортового компьютера, начиная от своевременного отключения двигателя во время остановки в транспортном потоке, с возможностью продолжения движения без его запуска, исключительно на энергии аккумуляторной батареи, и заканчивая

более сложным механизмом рекуперации — использования электродвигателя как генератора электрического тока для пополнения заряда аккумуляторов.

Главной причиной начала производства легковых гибридов был рыночный спрос на подобные автомобили, вызванный высокими ценами на нефть и постоянным повышением требований к экологичности автомобилей. При этом совершенствование технологий и налоговые льготы производителям гибридов делает эти автомобили в некоторых случаях даже дешевле обычных. В некоторых странах владельцы гибридов освобождаются от уплаты дорожного налога и не платят за муниципальные парковки. Применение электромобилей, несмотря на многие преимущества, и даже налаженный их выпуск, имеет ряд недостатков:

- необходимость длительной зарядки аккумуляторов;
- большая масса аккумуляторов;
- недостаточная дальность пробега;
- недоступность заправочных станций;

Нужно было искать компромиссы и устранять недостатки. И таким компромиссом стала разработка гибридомобиля.

Первым автомобилем с гибридным приводом считается Lohner-Porsche. Автомобиль был разработан конструктором Фердинандом Порше в 1900 — 1901 годах. В США гибридные автомобили начал разрабатывать Виктор Воук в 60-е — 70-е годы. В 1980 году компания Volvo проводила эксперименты с маховиком, разгоняемым дизельным двигателем и используемым для рекуперации тормозной энергии. Впоследствии от этого проекта отказались в пользу гидравлических аккумуляторов. В Советском Союзе также велись работы по разработке гибридных автомобилей. Так, работы советского ученого Нурбея Гулиа привели к созданию прототипа гибридного автомобиля на базе автомобиля-грузовика УАЗ-450, где накопителем энергии являлся маховик, трансмиссией — особый вариатор. Это был один из первых «гибридов». В 1966 году удалось достичь экономии топлива до 50 %. В Курске в 1972-73 годах Н. В. Гулиа были проведены испытания городских автобусов с маховичными

гибридными агрегатами и вариаторами. Кроме того были построены и испытаны гибридные силовые агрегаты для автобусов на основе гидропривода. В последних роль накопителя энергии играли баллоны со сжатым азотом и маслом. Несмотря на различные принципы действия этих «гибридов» эффективность их оказалась близкой друг к другу — расход топлива снижался примерно вдвое, а токсичность выхлопа — в несколько раз. Но данные технологии советская автомобильная промышленность не начала использовать. В России группой ученых (В. В. Давыдов, А. И. Лаврентьев и др.) под руководством д.т. н. профессора Н. В. Гулиа (Московский государственный индустриальный университет) предложен метод радикального увеличения эффективности гибридного силового агрегата за счет резкого снижения потерь в трансмиссии. Применение специально разработанной дифференциальной системы разделения потоков мощности позволяет поднять КПД бесступенчатой трансмиссии гибрида до 95 % — 97 % и передавать через варьирующее звено не более 15 % от полной мощности. Но, в качестве накопителя энергии в этой системе обязательно должен применяться маховик с механическим отбором мощности. Иначе разделение потоков мощности в трансмиссии гибрида будет неэффективным при рекуперативном торможении и разгоне автомобиля. Ё-мобиль — проект, нацеленный на сознание в далекой перспективе автомобиля, работающего на электричестве, получаемом от генератора с газовым (бензиновым, дизельным) роторно-лопастным двигателем и ёмкостного накопителя энергии ([Приложение 5](#)).

### **Преимущества гибридов:**

- Экономная эксплуатация

Главным преимуществом является экономная эксплуатация. Чтобы достичь её, необходимо было искать баланс, то есть уравновесить все технические показатели машины, но при этом сохранить все полезные параметры обычного автомобиля: его мощность, скорость, способность к быстрому разгону, и множество других, весьма важных характеристик, заложенных в современных автомобилях. Мало того, способность накапливать энергию, в том числе и не терять понапрасну кинетическую энергию движения во время торможения, а

заряжать аккумуляторные батареи, помимо основных явных преимуществ, привнесло автолюбителям некоторые побочные «мелкие радости», например, меньший износ тормозных колодок.

Вся эта система до такой степени сложна, что стала возможна в полной мере только в современных условиях, с применением достаточно непростых алгоритмов работы бортового компьютера. Даже правильное и эффективное (с точки зрения безопасности) торможение управляется бортовым компьютером.

- Экологическая чистота

Снижение расхода углеводородного топлива немедленно сказалось на экологической чистоте. Полная остановка работы двигателей в местах скопления автомобилей на дорогах городов, и прежде всего в пробках, имеет самую первостепенную роль. Применение же аккумуляторных батарей гораздо меньшей емкости, чем в электромобилях, снизила остроту проблемы утилизации использованных аккумуляторов. Развитие гибридной технологии в общественном транспорте и для грузовых автомобилей ещё больше улучшит экологическую обстановку городов.

- Хорошие ходовые характеристики

Теперь нет необходимости устанавливать двигатель из расчёта пиковых нагрузок эксплуатации. В момент, когда необходимо резкое усиление тяговой нагрузки, в работу включаются одновременно как электро-, так и обычный двигатель (а в некоторых моделях и дополнительный электродвигатель). Это позволяет сэкономить за счет установки менее мощного двигателя внутреннего сгорания, работающего основное время в наиболее экономном и благоприятном для себя режиме. Такое равномерное перераспределение и накопление мощности, с последующим быстрым использованием, позволяет использовать гибридные установки в автомобилях спортивного класса и внедорожниках. Несмотря на то, что электродвигатели обладают достаточно большим крутящим моментом в пересчёте на массу и габариты двигателя, по сравнению с другими двигателями, разработчики всё же в ряде моделей устанавливают не слишком мощные электродвигатели, уменьшая их габариты. При этом, в целях суммирования мощностей, применяются комбинированные схемы передачи

крутящего момента, с прямой передачей механического крутящего момента, непосредственно от двигателя. Такая схема называется «гибридно-совместный привод».

- Увеличение дальности пробега

Исключение половины заездов на заправочные станции, и даже большего количества таких заездов, при езде по городу, высвобождает у автовладельца некоторое количество времени.

### **Недостатки гибридов:**

- Высокая сложность

Гибридные автомобили имеют относительно больший вес, они сложнее и дороже традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Аккумуляторные батареи имеют небольшой диапазон рабочих температур, подвержены саморазряду. Кроме того, они дороже в ремонте. Опыт США говорит, что автомеханики берутся за ремонт гибридных автомобилей с большой неохотой. США пытаются решить проблему дороговизны налоговыми льготами.

- Утилизация аккумуляторов

Хоть и в меньшей степени, чем электромобили, гибридные автомобили подвержены проблеме утилизации аккумуляторов. Влияние выбрасываемых аккумуляторов на окружающую среду, по-видимому, никто не исследовал.

- Подогрев салона

Высокий КПД определяет малую побочную генерацию бросового тепла. В обычных автомобилях в зимнее время это тепло используют для обогрева салона. В гибридных автомобилях ДВС не глохнет, пока не нагреет салон до требуемой температуры, что, естественно, увеличивает расход топлива.

## **Водородный двигатель внутреннего сгорания**

Предсказания о том, что запасы нефти скоро иссякнут, заставили искать новые, альтернативные источники энергии для транспортных средств.

В конце 70-ых годов прошлого века исследователи пришли к выводу, что заменителем нефти и ее производных станет водород. Работы по созданию

двигателей, работающих на водородном топливе, велись в США, Германии, Японии и конечно в СССР. Ученые Ленинградского Политехнического института начали исследования по возможности создания автомобиля, двигатель которого работает на водороде. Об этих работах рассказал непосредственный разработчик водородного автомобиля, ныне заведующий кафедрой Двигателей внутреннего сгорания Петербургского политехнического университета кандидат технических наук Юрий Галышев.

«Эта заманчивая идея — залить в топливный бак воду и поехать уже была воплощена в жизнь, строителями паровозов и пароходов. Нашей задачей являлось использовать готовый двигатель внутреннего сгорания и ТОЛЬКО заменить топливо. Процесс получения бензина из нефти давно освоен, а наиболее экономичный и безопасный способ выделения водорода из воды нам предстояло разработать. В нашем распоряжении был микроавтобус УАЗ с бензиновым двигателем. Именно эту машину мы и должны были пустить на водороде. Для начала необходимо было решить проблему с размещением газа в автомобиле. Хранить водород возможно тремя традиционными способами — в сжатом, сжиженном, и связанном видах. Для хранения сжатого газа требуются прочные баллоны, для сжиженного и связанного -специальные баки. Связанная форма представляет собой порошок, выделяющий газ при нагревании. Мы решили нарушить традицию и получать газ прямо на борту автомобиля. Реактор по разложению воды и получению водорода представлял собой довольно сложную конструкцию, но имел и некоторые преимущества перед баллонами. Автомобиль становился совершенно независимым от зарядных станций. Для заправки машины требовалась только вода, причем самая обыкновенная. В реактор заливалась обыкновенная вода, и засыпался магний. В результате реакции получался водород и водяной пар. Такая смесь и поступала в двигатель нашего микроавтобуса. Негорючая смесь водорода с водяным паром делала всю работу машины абсолютно безопасной. Конструкция реактора была довольно сложной, но абсолютно безопасной. Повышенного давления в устройстве не создавалось, полученный водород сразу из реактора поступал в двигатель, не накапливаясь в дополнительных

баках. Наш автомобиль получил возможность работать на бензине, чистом водороде и на смеси водорода с бензином. На различных режимах работы двигателя состав смеси изменялся от чистого водорода на холостом ходу до незначительной добавки водорода на режимах максимальной мощности. На таких режимах добавка водорода составляла примерно 3% от расхода бензина и давала значительное уменьшение потребления топлива. Токсичность выхлопного газа на режимах частичных нагрузок и на холостом ходу снижалась в десять раз. Оказалось, что чем больше водорода поступает в двигатель, тем значительно улучшается его работа. Двигатель хорошо работал на значительно обедненной смеси. Одновременно с водородом получался и водяной пар, который уменьшал выделение окислов азота. Водородная добавка значительно увеличивало пробег машины, так же вырос коэффициент полезного действия двигателя примерно на 5—7%, на частичных нагрузках увеличение КПД доходило до 20%. Выход окислов азота также снизился примерно в два раза. Исследования показали, что для работы на водороде годится любой бензиновый или дизельный двигатель. Для монтажа всей конструкции, вес которой достигал ста килограммов, вместе с запасом воды и магния, на машине были проведены минимальные изменения, по трудоемкости сравнимые с установкой обычного газового оборудования. Итогом нашей работы стала конструкция оборудования для работы двигателя на чистом водороде или с его добавками. К сожалению дальнейших исследований, у нас не проводилось».

В Германии, США и Японии работы не прекращаются и сейчас, там довольно большой парк экспериментальных водородных автомобилей. Необходимые затраты для получения сжиженного водорода довольно быстро окупаются при больших пробегах автомобиля. Для поездок на малые расстояния могут быть более выгодны установки с гидридным способом хранения водорода — в порошке. Порошок подогревается отработавшими газами, и водород переходит в газообразное состояние. За эти 15 лет технологии сделали определенный шаг вперед по водородной тематике. Сейчас компания Дженерал Моторс разработала автомобиль, работающий на водородном топливе. Его эффективность в четыре раза превышает обычные машины, использующие

бензин. Экономия топлива в этой машине эквивалентна потреблению бензина 3 литра на 100 км. По внешнему виду машина не отличается от традиционных моделей. Топливный бак придется заполнять через каждые 800 км. До скорости 90 км\ час машине понадобится 9 секунд. Специалисты Мюнхенского Технического университета перевели на чистый водород некоторые модели BMW. Сжиженный водород хранится на автомобиле в криогенном баке.

Широкое внедрение водородного топлива сдерживается более высокой ценой водорода по сравнению с привычными топливами, отсутствием необходимой инфраструктуры. Промежуточным решением могут стать смеси традиционных топлив с водородом. Например, HCNG — смесь водорода (цена при крупнооптовых поставках около \$2 за кг ) с природным газом (цена при крупнооптовых поставках около 20 центов за кг , данные за 2004 г.). Делаются установки, производящие водород из дистиллированной воды на борту транспортного средства. Далее водород добавляется к дизельному топливу. Такие установки внедряются на крупные грузовики и горную технику. Это позволяет сократить расход топлива, увеличить мощность двигателя, сократить выбросы ([Приложение 3](#)).

### **Преимущества и недостатки двигателей, использующих водород в качестве топливного элемента**

#### **Преимущества:**

- Преимуществом водородных топливных элементов является замена двигателя внутреннего сгорания, обладающего далеко не идеальным коэффициентом полезного действия, электродвигателем.
- Электродвигатель намного проще обслуживать, его характеристики намного выше, чем у двигателей внутреннего сгорания. Кроме того – меньше трущихся деталей, нет необходимости в дорогостоящих элементах для систем топливоподачи, смазки, охлаждения, сложной трансмиссии. Немаловажным фактором является гораздо меньший уровень шума, издаваемого электродвигателями при работе.

- К преимуществам технологии водородных топливных элементов относятся и высокая экологичность – ведь в процессе работы выделяются всего один элемент – обычная вода. Правда, специалисты обычно умалчивают факт необходимости утилизации отработавших топливных элементов...

### **Недостатки:**

- Смесь водорода с воздухом — взрывчатое вещество. Водород более опасен, чем бензин, так как горит в смеси с воздухом в более широком диапазоне концентраций. Но водород, хранящийся в баках при высоком давлении, в случае пробоя бака очень быстро испаряется. Для транспорта разрабатываются специальные безопасные системы хранения водорода — баки с несколькими стенками, из специальных материалов и т. д. К примеру бак из нанотрубок, заполненных водородом.
- Водородная силовая установка на базе традиционного ДВС значительно сложнее и дороже в обслуживании, чем обычный ДВС. По данным Массачусетского технологического института, эксплуатация водородного автомобиля на данном этапе развития водородных технологий обходится в сотню раз дороже, чем бензинового. Возможно, в будущем стоимость эксплуатации уменьшится.
- Пока нет достаточного опыта эксплуатации водородного транспорта.
- Нет возможности быстрой дозаправки в пути из канистры или от другого автомобиля (при этом этот фактор не помешал широкому распространению автомобилей, работающих на газе)
- Для заправки водородом требуется построить сеть заправочных станций. Для заправочных станций, заправляющих автомобили жидким водородом стоимость оборудования больше, чем для бензиновых заправочных станций. (Согласно GM, строительство 12 тысяч водородных заправочных станций в 2005 году оценивалось в \$12 млрд, то есть \$1 млн на одну заправочную станцию, в то время как комплект оборудования для

бензиновых заправочных станций стоит от \$40 тыс., в среднем \$100–200 тыс.) .

- Цена 8 евро за литр(300 руб.)
  - Летучесть водорода самая высокая среди газов, таким образом, водород трудно сохранить в жидком виде, это затрудняет хранение водорода, транспортировку, и использование в баке. Т.к. топливо испарится из бака полностью за короткое время. За девять дней испаряется полбака топлива
- BMW Hydrogen
- В настоящий момент водород производится либо путём расхода значительного количества электроэнергии , либо из углеводородов. В первом случае используется та же электроэнергия, которая может производиться на тепловых, атомных и других электростанциях. К сожалению альтернативными источниками производится довольно небольшое количество энергии, и её не хватает на развитие транспорта. Во втором случае имеем использование тех же видов топлива и выделение CO<sub>2</sub>, а также требуется очистка от соединений серы и других примесей, которые в случае применения топливных элементов значительно сокращают срок их службы. Некоторые считают, что природный газ будет гораздо более перспективен и экологичен.

## Заключение

Данный реферат является дополнительным источником информации для изучения темы: «Двигатели». В результате обзора и анализа конструкций автомобильных двигателей, построенных на протяжении всей истории существования автомобилей, на основе современного состояния автомобильной техники можно сделать некоторые заключения о перспективах развития автомобильных двигателей в ближайшем будущем. Одна из них – замена, полная или частичная, традиционного топлива водородом, при этом на автомобиле остается двигатель внутреннего сгорания. Вторая – использование вместо двигателя внутреннего сгорания электродвигателя, питание которого

будет проводиться за счет энергии, вырабатываемой в водородных топливных элементах.

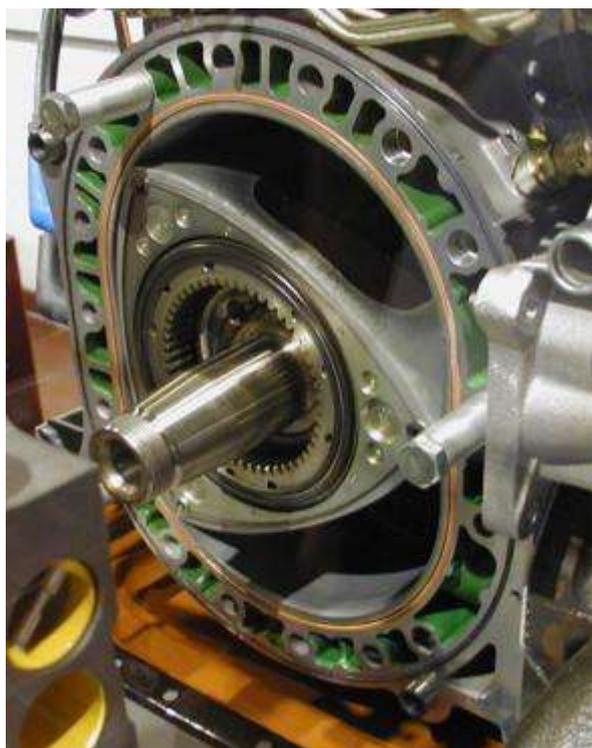
Первая технология имеет больше сторонников среди грандов автомобилестроения. По тропе "водородных топливных элементов" пошли такие компании как американские Ford и General Motors, японские Toyota, Honda, Nissan, большинство европейских производителей. Приверженцами второй технологии – двигателей внутреннего сгорания с водородом в качестве топлива являются BMW и Mazda.

Какой из двух вариантов, водородные топливные элементы или двигатели внутреннего сгорания, работающие на водороде или водородно-бензиновой смеси, окажется экономически и технически наиболее перспективным пока не ясно: исследования в данной области продолжаются...

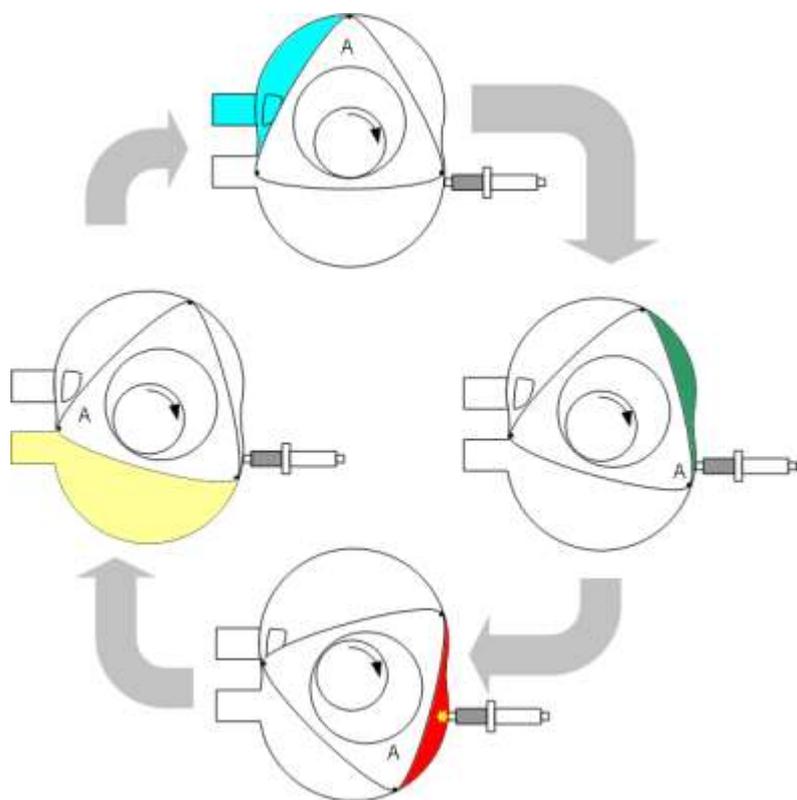
## Список литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей  
Под ред. Орлина А.С., Круглова М.Г. Издательство: Машиностроение  
Год издания: 1984  
Краткое описание:  
В данном учебнике подробно изложены вопросы проектирования двигателей и расчета их основных деталей, дан анализ конструкций этих деталей. Материал четвертого издания (3-е изд. 1972 г.) значительно переработан и дополнен анализом новейших отечественных и зарубежных двигателей...
2. Электромобили. Учебное пособие Автор: Бусыгин Б. П. Год издания: 1979
3. Сайты в интернете: [hcars.ru](http://hcars.ru), [auto-piter.net](http://auto-piter.net), [autodela.ru](http://autodela.ru), [atlantm.ru](http://atlantm.ru)

## Приложение1



Роторно-поршневой двигатель в разрезе, с ротором, изготовленным в форме треугольника Рёло



## Приложение2

Цикл двигателя Ванкеля: впуск (голубой), сжатие (зелёный), рабочий ход (красный), выпуск (жёлтый)

[На стр. 6](#)

## Приложение 3

BMW Hydrogen 7 с водородным двигателем внутреннего [сгорания](#)



## Приложение 4

Гибридный грузовик японской [компании](#) Hino Motors



## Приложение 5

Ё-мобиль



## Приложение 6

Электромобиль Reva NXR (Индия) ~9,995 евро



Аккумулятор [электромобилия](#)

