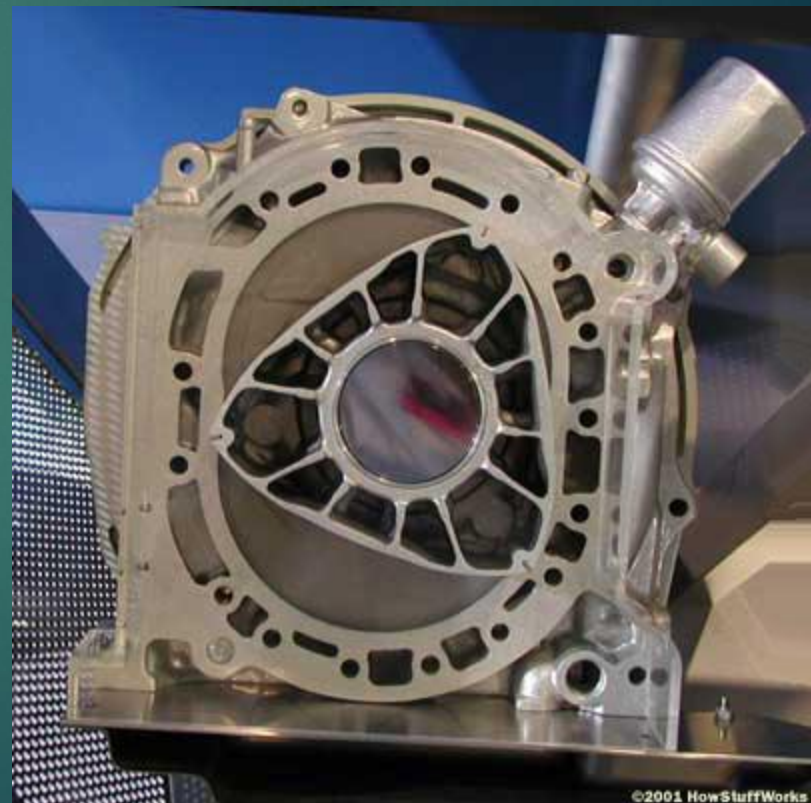


Роторный двигатель



- ▶ Роторный двигатель изобретен и разработан доктором Феликсом Ванкелем в 1957 году.

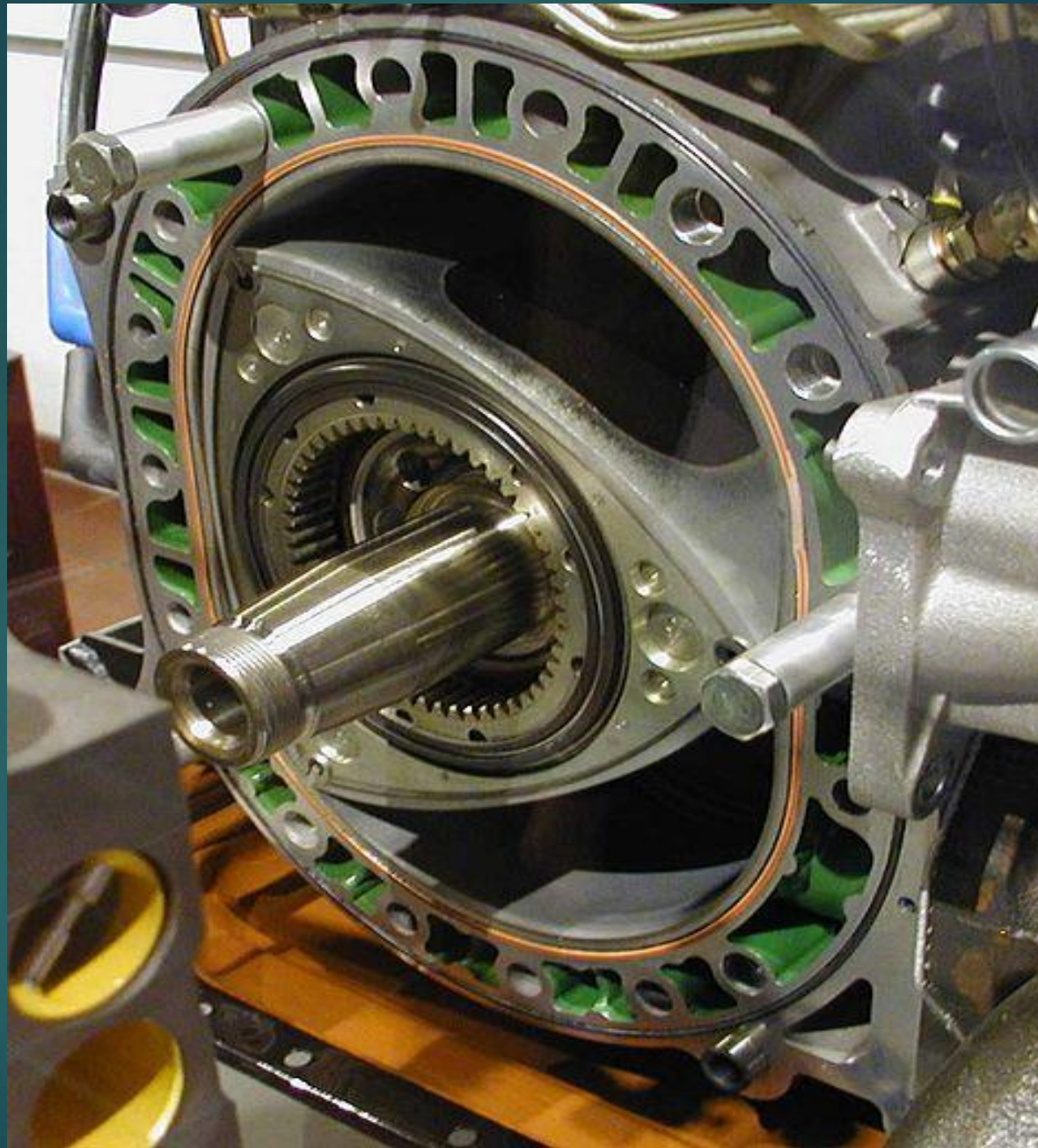
Особенность двигателя — применение трёхгранного ротора (поршня), имеющего вид треугольника Рёло, вращающегося внутри цилиндра специального профиля, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде (возможны и другие формы ротора и цилиндра).



Принцип работы роторного двигателя

- ▶ Отсутствие возвратно-поступательного движения поршня, которое преобразовано во вращательное движение ротора. За счёт этого роторно-поршневой двигатель Ванкеля способен выдерживать большие обороты со значительно меньшими вибрациями, нежели традиционные двигатели.

- 
- При небольшом объёме камеры сгорания, роторный двигатель Ванкеля обладает более высокой мощностью. Кроме того, достоинством роторного двигателя является и то, что он содержит значительно меньше деталей. Всё это благотворно сказывается на управляемости, оптимальном расположении трансмиссии, позволяет сделать автомобиль более просторным.



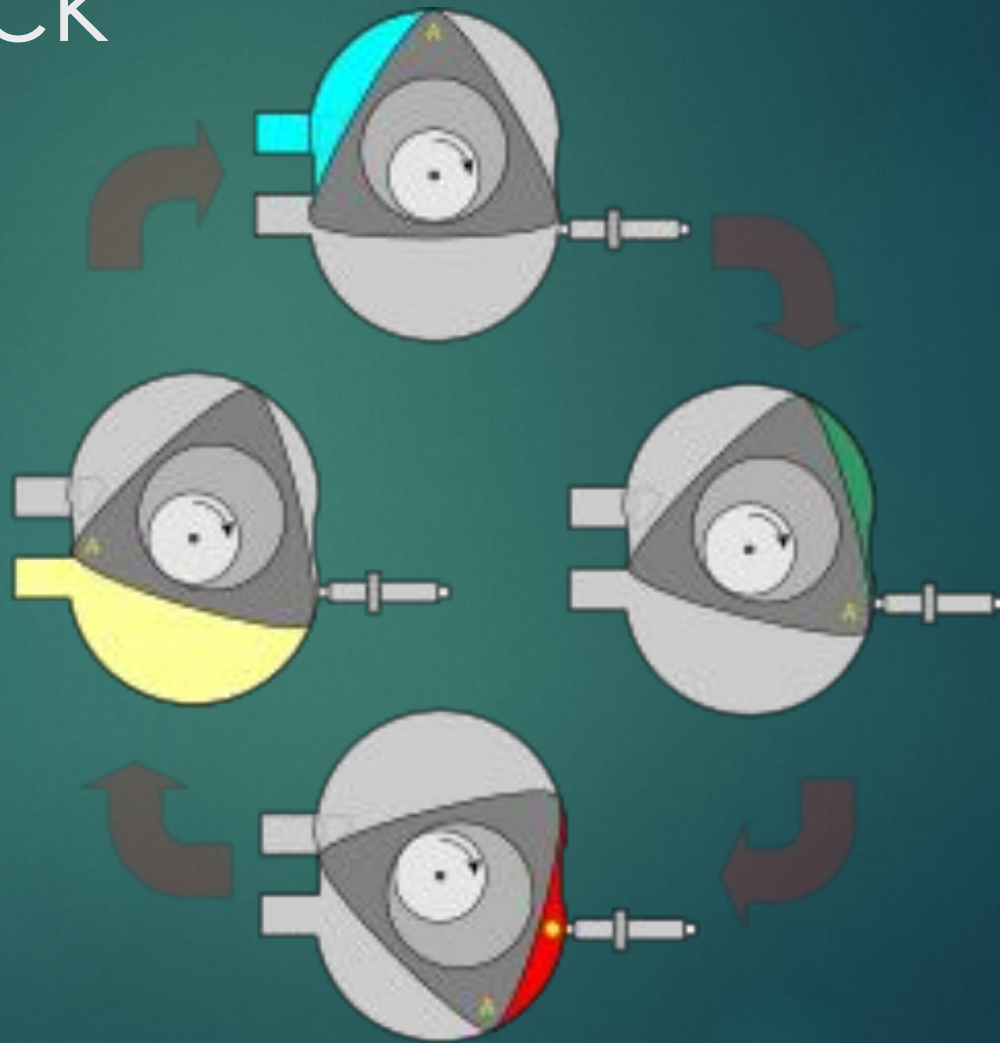
- 
- ▶ Установленный на валу ротор жёстко соединён с зубчатым колесом, которое входит в зацепление с неподвижной шестернёй — статором. Диаметр ротора намного превышает диаметр статора, несмотря на это ротор с зубчатым колесом обкатывается вокруг шестерни. Каждая из вершин трёхгранного ротора совершает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

- ▶ Такая конструкция позволяет осуществить любой 4-тактный цикл Дизеля, Стирлинга или Отто без применения специального механизма газораспределения. 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 четырехтактного поршневого, а отсутствие сопряжения (картерное пространство, коленчатый вал и шатуны) между отдельными рабочими камерами обеспечивают необычайную компактность и высокую удельную мощность.

- 
- ▶ За один оборот эксцентрикового вала двигатель выполняет один рабочий цикл, что эквивалентно работе двухцилиндрового поршневого двигателя. За один оборот ротора эксцентриковый вал выполняет 3 оборота и 3 полных рабочих хода, что приводит к ошибочным сравнениям роторного двигателя с шестицилиндровым поршневым двигателем.
 - ▶ 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 устанавливают 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.

Впуск, сжатие, рабочий ХОД, ВЫПУСК



Преимущества перед поршневыми двигателями

- ▶ низкий уровень вибраций: двигатель полностью механически уравновешен, что позволяет повысить комфортность лёгких транспортных средств типа микроавтомобилей, мотокаров и юникаров;
- ▶ высокие 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);
- ▶ высокая удельная мощность(л. с./кг) в силу того, что:

- 
- ▶ масса движущихся частей в РПД гораздо меньше, чем в аналогичных по мощности поршневых двигателях, так как в его конструкции отсутствуют коленчатый вал и шатуны;
 - ▶ однороторный двигатель выдаёт мощность в течение трёх четвертей каждого оборота выходного вала. В отличие от четырёхтактного поршневого двигателя, который выдаёт мощность только в течение одной четверти каждого оборота выходного вала (современный серийный РПД с объёмом рабочей камеры 1300 см³ имеет мощность 220 л. с., а с турбокомпрессором — 350 л. с.);

- ▶ меньшие в 1,5—2 раза габаритные размеры;
- ▶ меньшее число деталей (два-три десятка вместо нескольких сотен).
- ▶ За счёт отсутствия преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное, двигатель Ванкеля способен выдерживать гораздо большие обороты 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 РПД

- ▶ Соединение ротора с выходным валом через эксцентриковый механизм, являясь характерной особенностью РПД, 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.

- ▶ Состояние уплотнителей. Площадь пятна контакта очень невелика, а перепад давления очень высокий. Следствием износа уплотнителей являются высокие утечки между камерами и, как следствие, падение КПД и токсичность выхлопа. Проблема быстрого износа уплотнителей на высокой скорости вращения вала была решена применением высоколегированной стали.
- ▶ 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 которого пропорциональна четвёртой степени температуры; с точки зрения снижения удельной поверхности и за счёт этого потерь теплоты идеальная форма камеры сгорания — сферическая. Лучистая энергия не только бесполезно покидает камеру сгорания, но и приводит к перегреву рабочего цилиндра.

- 
- ▶ Меньшая экономичность на низких оборотах по сравнению с ДВС. Устраняется отключением работы каждого n -го поршня, что также влечёт снижение температурной нагрузки.
 - ▶ Высокие требования к геометрической точности изготовления деталей двигателя делают его сложным в производстве — требуется применение высокотехнологичного и высокоточного оборудования: станков, способных перемещать инструмент по сложной траектории эпитрохоидальной поверхности камеры объёмного вытеснения.

- 
- ▶ Главное деление роторных двигателей происходит по типу работы камеры сгорания — запирается она на время герметично, или имеет постоянную связь с атмосферой. К последнему типу относятся газовые турбины, камеры охлаждения которых отделены от выхлопного сопла (от атмосферы) лишь густым «частоколом» лопастей роторной крыльчатки.

В свою очередь, роторные ДВС с герметично запираемыми камерами сгорания делятся на 7 различных конструктивных компоновок:

- ▶ роторные двигатели с неравномерным разнонаправленным (возвратно-вращательным) движением главного рабочего элемента;
- ▶ роторные двигатели с неравномерным однонаправленным (пульсирующе-вращательным) движением главного рабочего элемента;
- ▶ роторные двигатели с простым и равномерным вращательным движением главного рабочего элемента и с уплотнительными заслонками-лопастями, движущимися в роторе. Частный случай — с заслонками-лопастями, отклоняющимися на шарнирах на роторе;
- ▶ роторные двигатели с простым и равномерным вращательным движением главного рабочего элемента и с уплотнительными заслонками, движущимися в корпусе;

- 
- ▶ роторные двигатели с простым и равномерным вращательным движением главного рабочего элемента и с использованием такого же простого вращательного движения уплотнительных элементов;
 - ▶ роторные двигатели с простым вращательным движением главного рабочего элемента, без применения отдельных уплотнительных элементов и спиральной организацией формы рабочих камер;
 - ▶ роторные двигатели с планетарным вращательным движением главного рабочего элемента и без применения отдельных уплотнительных элементов.

- ▶ **Роторно-лопастной двигатель Вигриянова** — роторно-лопастной двигатель внутреннего сгорания. Особенность двигателя — применение вращающегося сложносоставного ротора, размещённого внутри цилиндра и состоящего из четырёх лопастей.





- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=GZh0E9iBPIM>