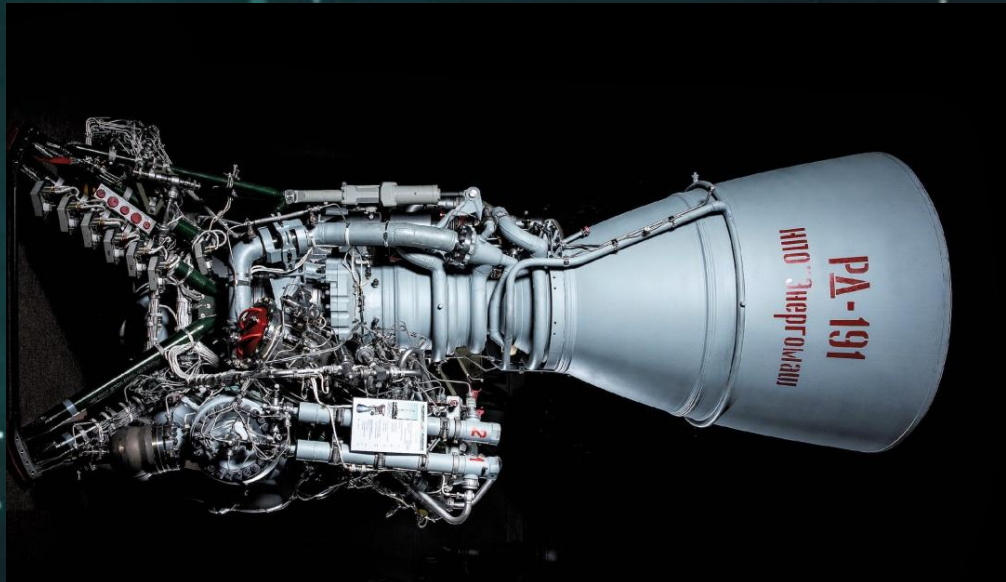


**Всероссийский конкурс юных инженеров-  
исследователей  
с международным участием «Спутник»  
ПРОЕКТ «РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»  
«Энергоустановки»**

Выполнила: Батчаева А.Р  
Класс:9А

# Цель проекта:

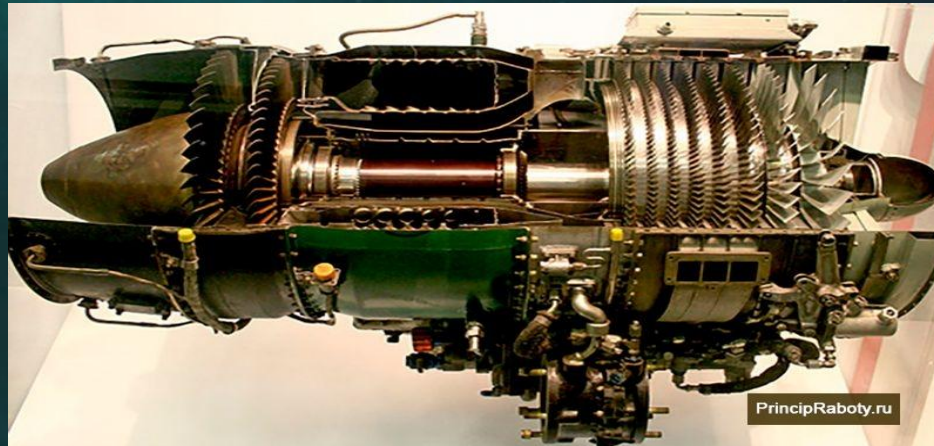
- Узнать, что такое ракетный двигатель, изучить его строение и виды (рд).



# Введение

## Ракетный двигатель-

это автономный реактивный двигатель, работающий на бортовых ресурсах массы и энергии.

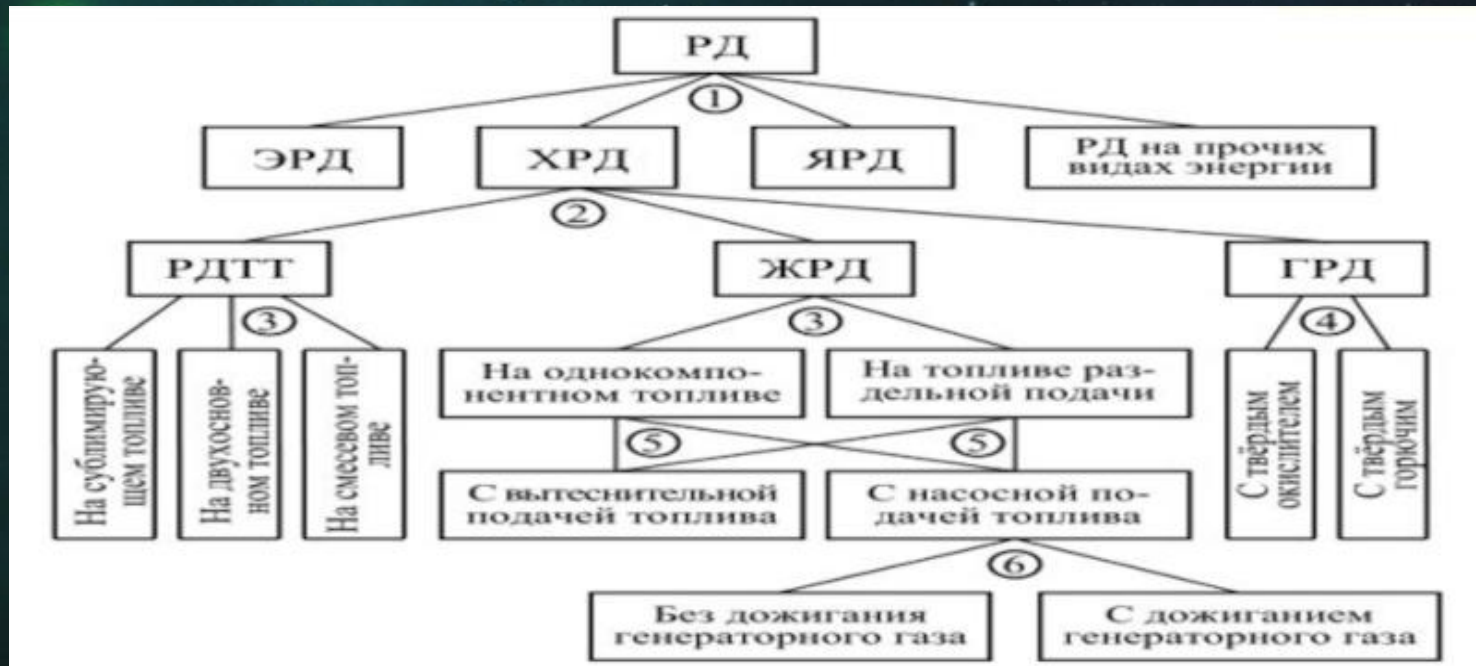


Определение «ракетный» содержит дополнительные ограничивающие признаки - независимость от внешних источников массы и энергии. Ракетный двигатель полностью автономный. Его работа не зависит от окружающей среды. Он может работать в любых средах и даже в космическом пространстве.

# Виды РД

□ Ракетные двигатели могут быть классифицированы по различным признакам.

- Химические ракетные двигатели
- Ядерные ракетные двигатели
- Электрические ракетные двигатели
- Плазменные ракетные двигатели
- Фотонные ракетные двигатели



# Химический ракетный двигатель (ХРД)- ракетный двигатель, работающий на химическом топливе.

- Наиболее распространены химические ракетные двигатели, в которых, в результате экзотермической химической реакции горючего и окислителя (вместе именуемые топливом), продукты сгорания нагреваются в камере сгорания до высоких температур, расширяясь, разгоняются в сверхзвуковом сопле и истекают из двигателя.
- Топливо химического ракетного двигателя является источником, как тепловой энергии, так и газообразного рабочего тела, при расширении которого его внутренняя энергия преобразуется в кинетическую энергию реактивной струи..

# Классификация ХРД

□ По агрегатному состоянию топлива:

- Жидкостный ракетный двигатель

- Особенности:

Компоненты топлива хранятся в баках, вне камеры сгорания ХРД, находятся в жидком агрегатном состоянии. Они подаются в камеру сгорания через форсунки под давлением. Давление жидких компонентов создаётся либо с помощью турбонасосного агрегата, либо за счёт вытеснительной подачи, за счёт повышенного давления в баках. Как правило, компоненты топлива самовоспламеняются при смешивании в КС. Иногда первые ступени ракет-носителей требуют принудительного воспламенения.

# Пример: РД-170



## Описание:

Жидкостные ракетные двигатели допускают регулирование тяги в широких пределах и многократное включение и выключение. Время для приведения ракеты из состояния хранения в предпусковое состояние значительно (может достигать десятков часов).

Удельный импульс ЖРД (в вакууме): достигает 3308 м/с (РД-170).

Удельная тяга (весовая): до 337,2 с (РД-170).

# Твердотопливный ракетный двигатель

## □ Особенности:

Компоненты топлива хранятся в КС.

## Описание:

- Этот тип двигателей обладает такими важными достоинствами, как простота и надёжность. РДТТ обладает малым временем для перевода из состояния хранения в предпусковое состояние. Как правило, компоненты топлива представляют собой спрессованную смесь топлива и окислителя. Для запуска двигателя требуется внешний источник пламени. После запуска такой двигатель работает до полной выработки топлива, многократный запуск невозможен. Конструктивная простота и дешевизна обусловила широкое применение РДТТ в ракетомоделизме. Обладает ограниченными возможностями по регулированию величины тяги. Управление направлением вектора тяги может, осуществляется газовыми рулями или поворотным реактивным соплом.



Пример: [P-30](#).



# Гибридный ракетный двигатель

- Описание:
- Один из компонентов находится в твёрдом состоянии и хранится в КС, оставшиеся компоненты подаются аналогично жидкостному двигателю. Позволяет совместить конструктивную простоту РДТТ с полезными свойствами ЖРД (управление величиной тяги, многократный запуск). Этот тип не получил широкого распространения.



Пример:

Суборбитальный самолёт «SpaceShipOne»  
использует гибридный двигатель.

# По количеству компонентов:

## □ Однокомпонентные (монотопливные)

К ХРД не могут быть отнесены однокомпонентные газовые двигатели, но существуют многочисленные технические реализации однокомпонентных двигателей, где химическая энергия высвобождается за счёт экзотермической реакции его каталитического разложения в камере сгорания (например, перекись водорода, либо гидразин).

Пример: двигатели ориентации спутника связи «Skynet-2» или как в цикле Вальтера кислород, выделенный каталитическим разложением перекиси, дожигается топливом заранее смешанным с перекисью (гидразин, метанол).

## □ Двухкомпонентные

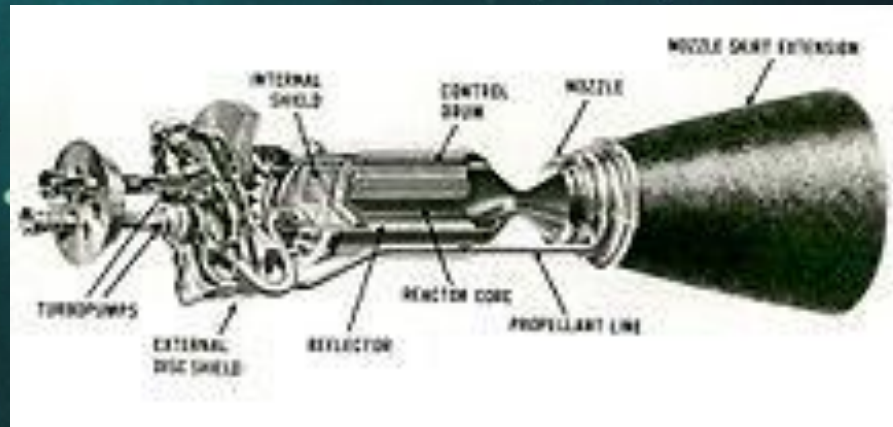
Большинство технических реализаций ХРД относится именно к этому типу. Топливо состоит из горючего и окислителя.

## □ Трёх- и более компонентные

Этот тип является модификацией предыдущего. К топливу добавляется дополнительный компонент (компоненты), служащие:

- для воспламенения основных компонентов (в том случае, если они самостоятельно не воспламеняются при контакте) — так называемое пусковое топливо для ЖРД
- для повышения температуры горения
- для повышения удельного импульса.

Ядерный ракетный двигатель (ЯРД) — разновидность ракетного двигателя, которая использует энергию деления или синтеза ядер для создания реактивной тяги.

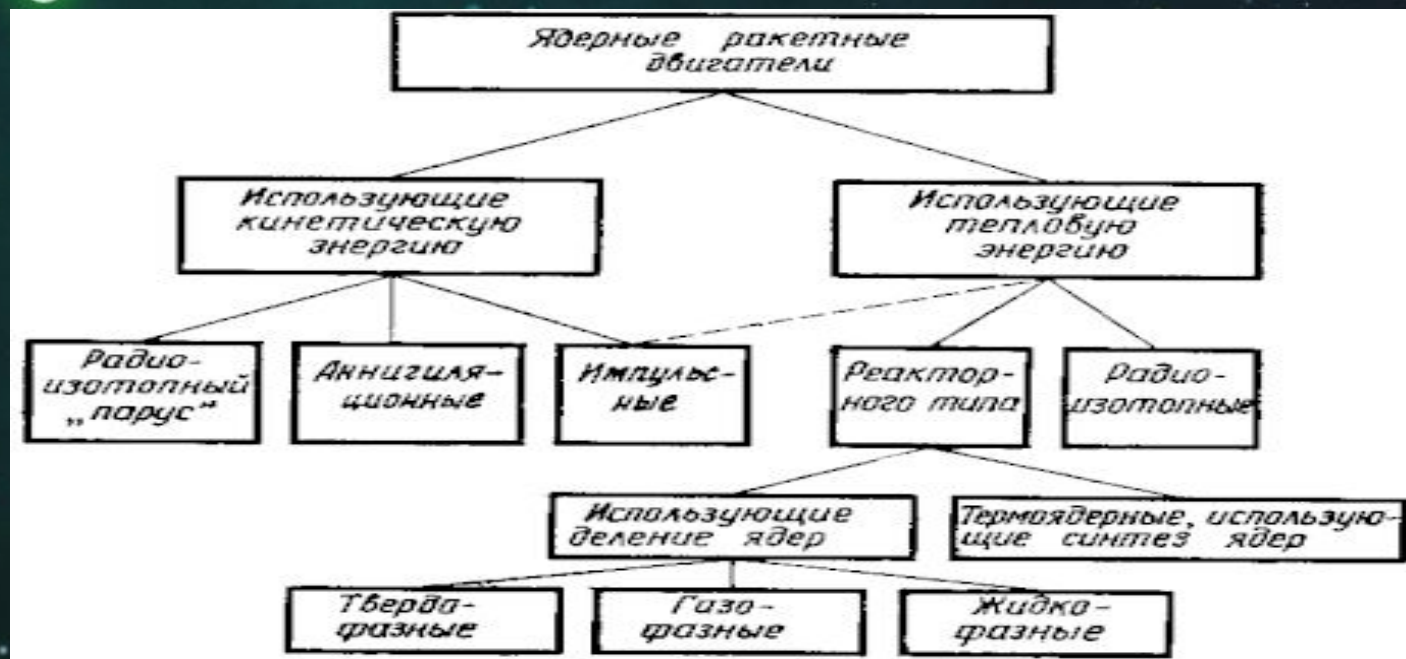


- Традиционный ЯРД в целом представляет собой конструкцию из нагревательной камеры с ядерным реактором как источником тепла, системы подачи рабочего тела и сопла. Рабочее тело (как правило — водород) подаётся из бака в активную зону реактора, где, проходя через нагретые реакцией ядерного распада каналы, разогревается до высоких температур и затем выбрасывается через сопло, создавая реактивную тягу.

# Различные конструкции ЯРД:

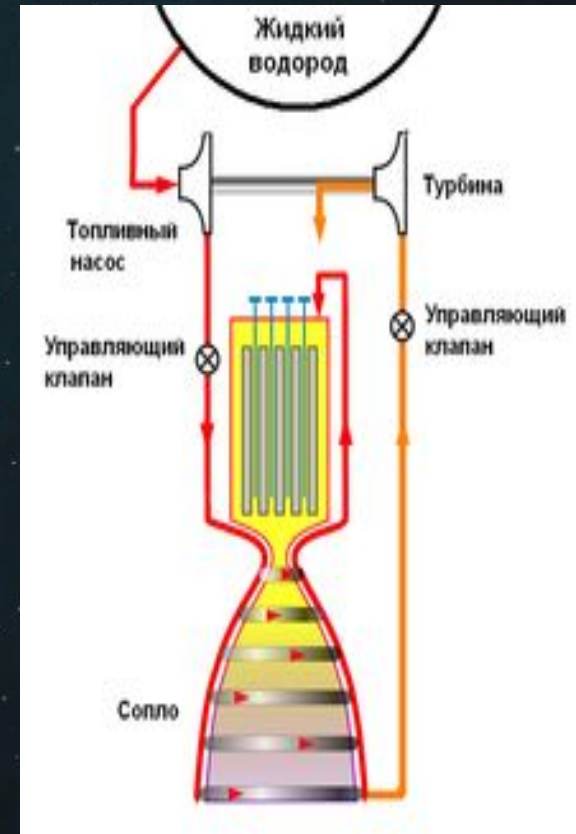
- Твердофазный
- жидкофазный
- газофазный

(соответствующие агрегатному состоянию ядерного топлива в активной зоне реактора — твёрдое, расплав или высокотемпературный газ)



# Твердофазный ядерный ракетный двигатель

- В твердофазных ЯРД (ТфЯРД) делящееся вещество, как и в обычных ядерных реакторах, размещено в сборках-стержнях (ТВЭЛах) сложной формы с развитой поверхностью, что позволяет эффективно нагревать газообразное рабочее тело (обычно — водород, реже — аммиак), одновременно являющееся теплоносителем, охлаждающим элементы конструкции и сами сборки. Температура нагрева ограничена температурой плавления элементов конструкции (не более 3000 К). Удельный импульс твердофазного ЯРД, по современным оценкам, составит 850—900 с, что более чем вдвое превышает показатели наиболее совершенных химических ракетных двигателей.



# Жидкофазные и коллоидные ядерный ракетный двигатель

- Работы по жидкофазным и коллоидным ЯРД не получили большого развития, так как эти ЯРД по своей эффективности сравнительно мало превосходят твердофазные, а по технической сложности сравнимы с газофазными (проблемы организации запуска, регулирования и выключения для жидкофазных и коллоидных ЯРД являются столь же сложными).

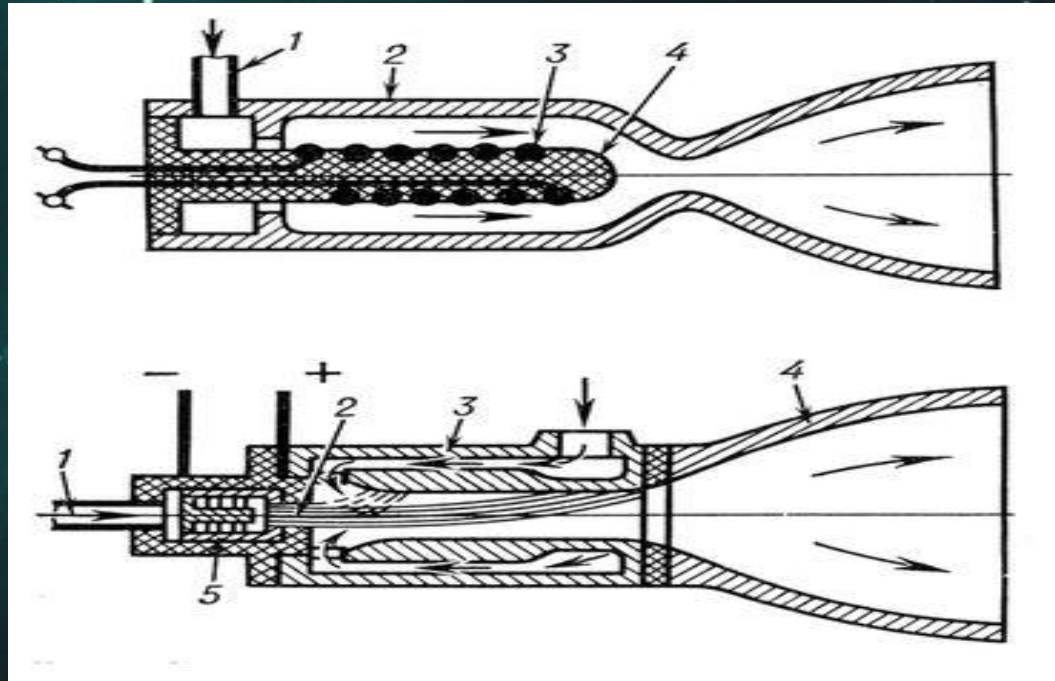
- Газофазный ядерный ракетный двигатель

Газофазный ядерный ракетный двигатель (ГЯРД) — концептуальный тип реактивного двигателя, в котором реактивная сила создается за счёт выброса теплоносителя (рабочего тела) из ядерного реактора, топливо в котором находится в газообразной форме или в виде плазмы. Перенос тепла от топлива к теплоносителю достигается в основном за счёт излучения, большей частью в ультрафиолетовой области спектра (при температурах топлива около 25 000 °C).



# Электрический ракетный двигатель (ЭРД)

ракетный двигатель, принцип работы которого основан на преобразовании электрической энергии в направленную кинетическую энергию частиц.

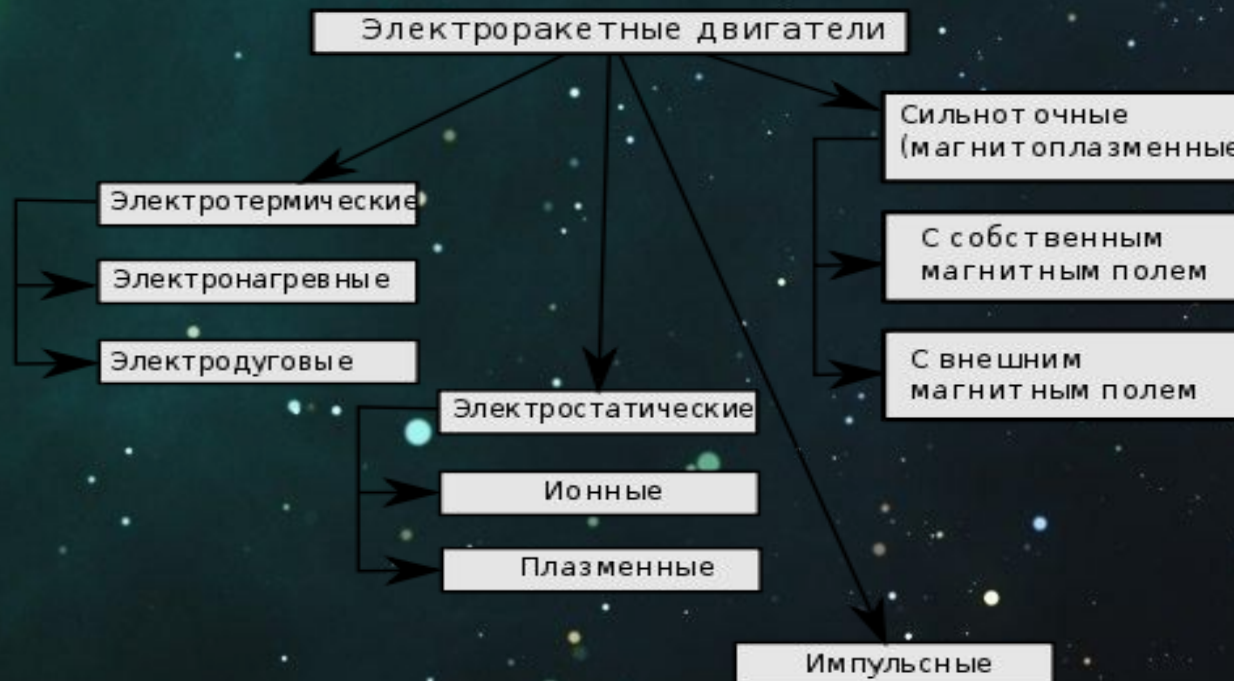


# Классификация ЭРД

Классификация ЭРД не устоялась, однако в русскоязычной литературе обычно принято классифицировать ЭРД по преобладающему механизму ускорения частиц.

Различают следующие типы двигателей:

- электротермические ракетные двигатели (ЭТД);
- электростатические двигатели (ИД, СПД);
- сильноточные (электромагнитные, магнитодинамические) двигатели;
- импульсные двигатели.





ЭТД делятся на **электронагревные (ЭНД)** и **электродуговые (ЭДД)**

двигатели.

Электростатические делятся на **ионные** (в том числе коллоидные) двигатели (ИД, КД) — ускорители частиц в униполярном пучке, и ускорители частиц в квазинейтральной плазме. К последним относятся ускорители с замкнутым дрейфом электронов и протяжённой (УЗДП) или укороченной (УЗДУ) зоной ускорения.

Первые принято называть стационарными плазменными двигателями (СПД), также встречается (всё реже) наименование — линейный холловский двигатель (ЛХД). УЗДУ обычно называются двигателями с ускорением в анодном слое (ДАС).

**К сильноточным (магнитоплазменным, магнитодинамическим)** относят двигатели с собственным магнитным полем и двигатели с внешним магнитным полем (например, торцевой холловский двигатель — ТХД).

**Импульсные двигатели** используют кинетическую энергию газов, появляющихся при испарении твёрдого тела в электрическом разряде.

В качестве рабочего тела в ЭРД могут применяться любые жидкости и газы, а также их смеси. Тем не менее, для каждого типа двигателей существуют рабочие тела, применение которых позволяет достигнуть наилучших результатов.

**Для ЭТД (традиционно используется) аммиак:**

- **электростатические** — ксенон,
- **сильноточные** — литий,
- **импульсные** — фторопласт.

# Плазменные ракетные двигатели (двигатель на эффекте Холла)

разновидность электростатического ракетного двигателя, в котором используется эффект Холла (обеспечивает замкнутый дрейф электронов).

При равных размерах с другим типом электростатического ракетного двигателя — ионным, холловский двигатель обладает большей тягой. Зачастую под плазменными двигателями подразумевают все электрические ракетные двигатели.

# Устройство

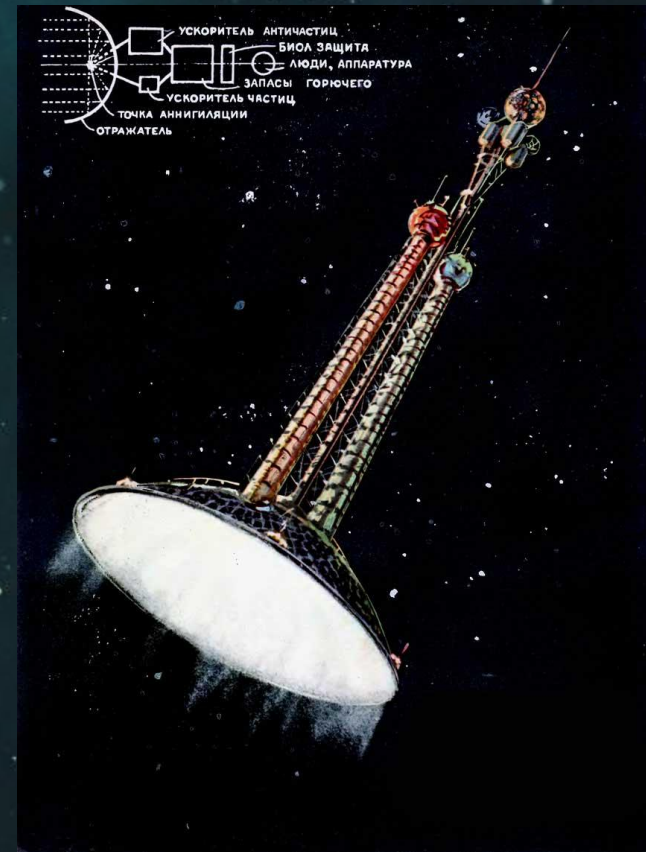
- Холловский двигатель состоит из кольцевой камеры между анодом и катодом, вокруг которой расположены магниты. С одной стороны в камеру подаётся рабочее тело, с другой стороны происходит истечение плазмы. Нейтрализация положительного заряда плазмы производится электронами, эмитируемыми с катода.
- По принципиальной схеме холловские двигатели делятся на двигатели с анодным слоем (ДАС) и с протяжённой зоной ускорения (СПД).

# Принцип действия

- Между анодом и катодом поддерживается электрическое напряжение. В кольцевую камеру подаётся рабочее тело (например, ксенон). Под действием электростатического поля ионы разгоняются в осевом направлении.
- В радиальном направлении действует магнитная сила, которая в соответствии с эффектом Холла приводит к появлению тока в азимутальном направлении (замкнутый дрейф электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях под действием силы Лоренца). Такое движение электронов обеспечивает дополнительную ионизацию рабочего тела, а также снимает ограничение по плотности ионного тока, характерное для обычного ионного двигателя, и позволяет достичь относительно высоких массовых расходов рабочего тела, и, как следствие, тяги двигателя.

# Фотонный двигатель — гипотетический ракетный двигатель, где источником энергии служит тело, которое излучает свет.

Фотон имеет импульс, и, соответственно, при истекании из двигателя, свет создаёт реактивную тягу. Теоретически фотонный двигатель может развить максимально возможную для реактивного двигателя тягу в пересчёте на затраченную массу космического аппарата, позволяя достигать скоростей, близких к скорости света, однако практическая разработка таких двигателей, судя по всему, дело далёкого будущего.



# Фотонный двигатель на магнитных монополях

Если справедливы некоторые варианты теорий Великого объединения, такие как модель Полякова, то можно построить фотонный двигатель, не использующий антивещество, так как магнитный монополь гипотетически может катализировать распад протона на позитрон и  $\pi^0$ -мезон.

$\pi^0$  быстро распадается на 2 фотона, а позитрон аннигилирует с электроном, в итоге атом водорода превращается в 4 фотона, и нерешённой остаётся только проблема зеркала.

В то же время в большинстве современных теорий Великого объединения магнитные монополи отсутствуют, что ставит под сомнение эту привлекательную идею.

# Фотонный двигатель в реальности

- Согласно одной из гипотез, аномальное ускорение космических аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11» вызвано анизотропией теплового излучения аппаратов. Если это так, то таким образом зафиксирован эффект, аналогичный фотонному двигателю. Аналогично при определении параметров гравитационного поля Земли из траекторий движения геофизических спутников LAGEOS в расчёты входит давление солнечного света (солнечный парус) и анизотропия теплового излучения спутников.



## **Вывод:**

Я узнала, что такое ракетный двигатель, изучила его строение и виды (а также особенности каждого вида).

## **Литература:**

Теория ракетных двигателей: Учебник для студентов высших учебных заведений / Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П.;

Ракетный двигатель: [wikipedia.org](https://wikipedia.org)