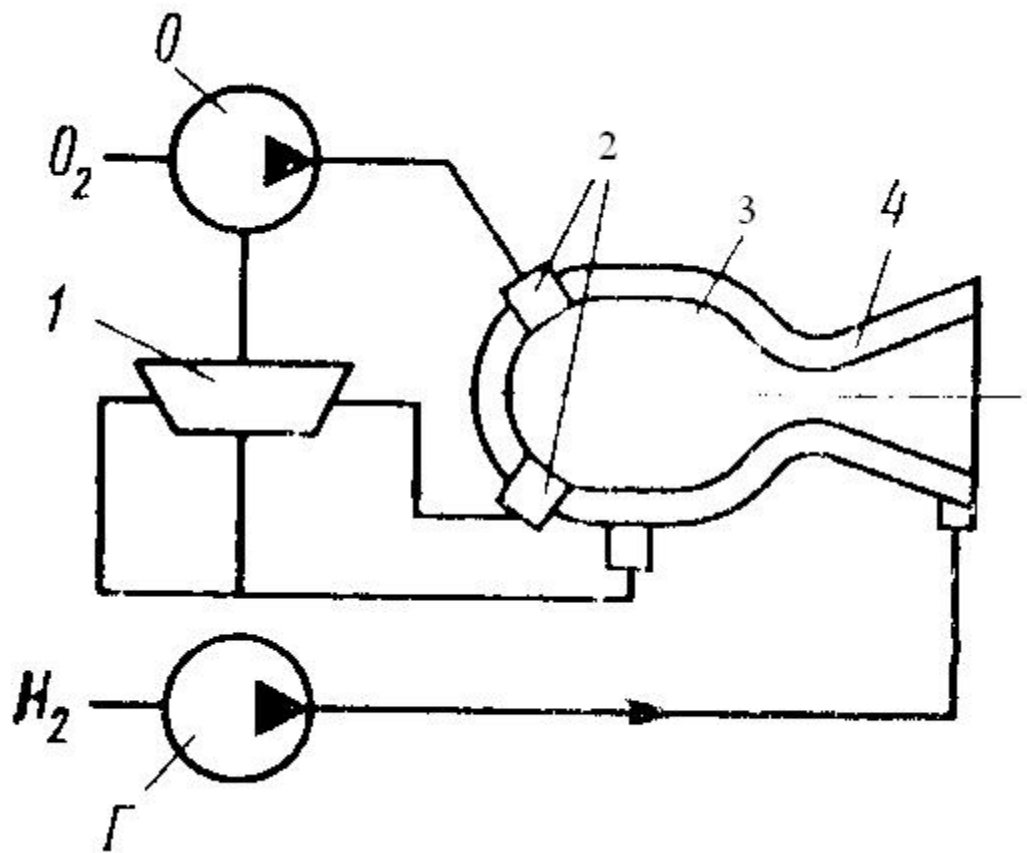


Лекция 16

Теплопередача в ЖРД и в космических летательных аппаратах

Общие сведения о жидких ракетных двигателях (ЖРД)

Жидкостно-ракетным двигателем называется двигатель, создающий силу тяги вследствие вытекания из сопла продуктов сгорания жидкого топлива.



ЖРД состоит из камеры сгорания (3) с соплом (4), окруженных охлаждающей рубашкой, системы подачи топлива (1), в которую входят баки, насосы, агрегаты управления.

Рабочие компоненты топлива подаются в камеру сгорания из форсунки (2), перемешиваются там и сгорают. Продукты сгорания расширяются в сопловом канале. При этом часть теплоты переходит в кинетическую энергию, скорость истечения газов увеличивается, а давление падает от

давления в камере сгорания до давления окружающей среды при полном расширении.

Истечение газов из сопла является причиной возникновения реактивной силы (силы тяги), направленной в сторону противоположенную истечению.

Сила тяги равна

$$P = G W,$$

где G – расход топлива (кг/с), W – скорость в выходном сечении сопла (м/с).

Известно, что реактивная сила ЖРД создается вследствие увеличения количества движения массы продуктов сгорания, протекающей через двигатель. В этом отношении ЖРД работает совершенно так же, как работают другие движители: например, винты самолета или корабля. В жидкостном ракетном двигателе рабочим телом двигателя и движителя являются одни и те же продукты сгорания топлива. Сила тяги получается непосредственно без каких-либо промежуточных устройств. Таким образом, ЖРД представляет собой машину, совмещающую в себе тепловой двигатель внутреннего сгорания и движитель. Такие машины называются двигателями прямой реакции.

Классификация ЖРД

Схема классификации приведена на рис. 14.4

1. Унитарное жидкое топливо представляет собой одно вещество, которое находится в подготовленном для сгорания в виде жидкого пороха.

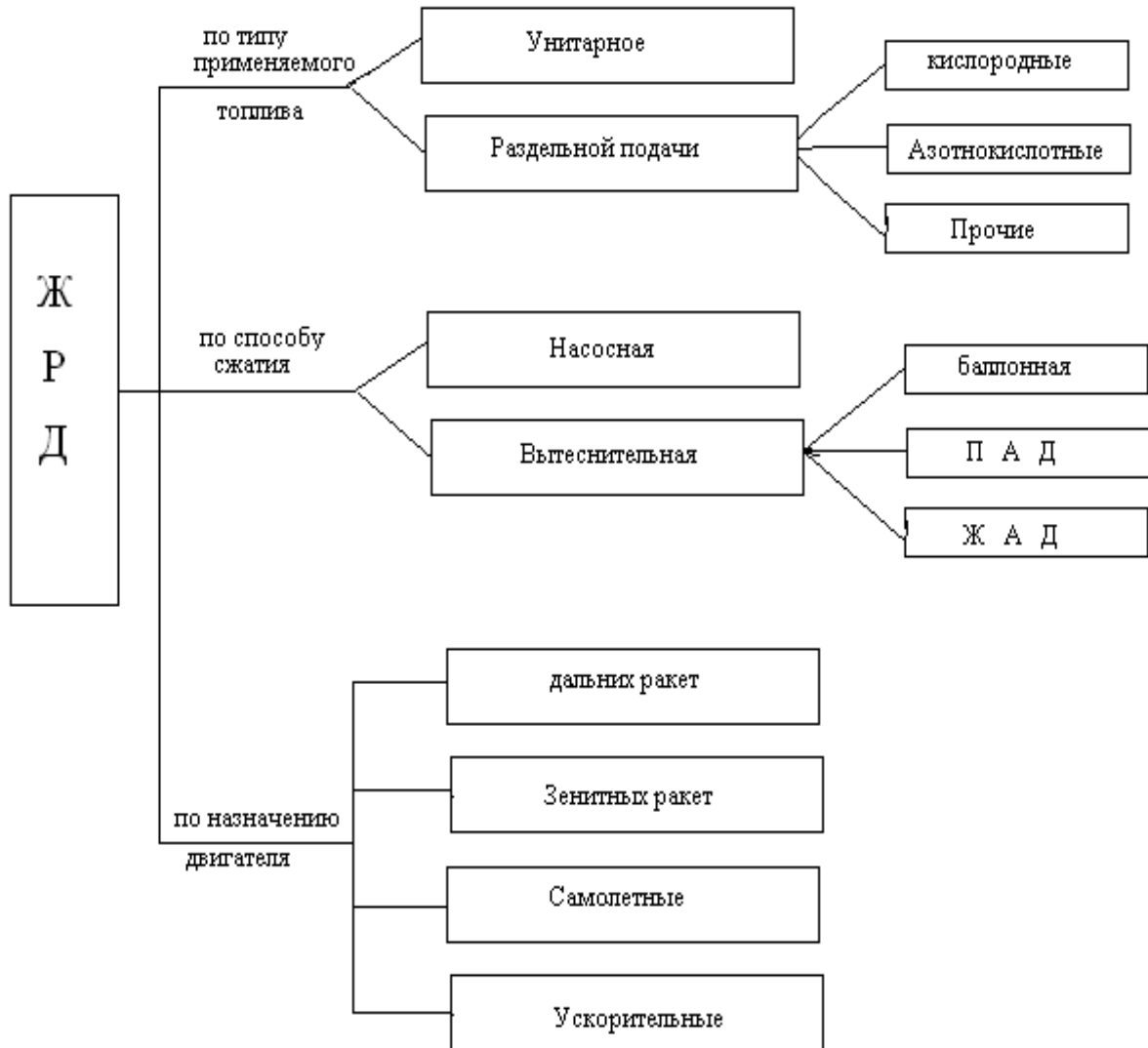
Топлива раздельной подачи состоят из горючего и окислителя и подаются в камеру сгорания отдельно, смешиваясь лишь в самой камере.

Двигатели раздельной подачи классифицируют по типу применяемого окислителя (например, кислород, азотный и т.д.)

2. При насосной подаче компоненты из баков нагнетаются в камеру сгорания насосами (см. рис. 13.3)

Повышение давления в баках при вытеснительной подаче (вытеснение

компонентов из баков происходит за счет создания в них избыточного давления. Может осуществляться различными способами).



Баллонный способ – при помощи газа высокого давления, находящегося в баллоне.

Пороховой аккумулятор давления (ПАД) – вытеснение при помощи продуктов сгорания пороха.

Жидкостный аккумулятор давления (ЖАД) – вытеснение продуктами сгорания жидких топлив.

3. Конструктивное выполнение ЖРД зависит от их назначения, поэтому двигатели классифицируют по способу применения.

Области применения ЖРД

Жидкостно-ракетные двигатели, работающие на жидком топливе (ЖРД), наряду с твердотопливными ракетными двигателями (РДТТ) являются основными типами космических двигателей. Они широко используются в космонавтике. С помощью ЖРД была осуществлена дерзновенная мечта человечества – выход человека в космос. 4 октября 1957 года с помощью мощных ЖРД космической ракеты был осуществлен запуск в СССР первого в мире искусственного спутника Земли, открывшего космическую эру в истории человечества, а 12 апреля 1961 года космические ЖРД обеспечили выход на орбиту вокруг Земли космического корабля с первым космонавтом планеты, - Ю. Гагариным. В настоящее время с помощью ЖРД осуществляются почти все запуски космических ракет. ЖРД находят широкое применение и непосредственно в космосе, при полетах космических аппаратов, искусственных спутников Земли, автоматических межпланетных станций и т.д.

ЖРД получили в настоящее время широкое распространение как силовые установки самолетов, баллистических снарядов, ракет, они применяются также для бурения скважин в твердых породах. Отличительная черта ЖРД от других реактивных двигателей может работать вне земной атмосферы и сообщать летательному аппарату очень большие скорости.

Космические ракеты и искусственные спутники Земли

Основные существующие ракеты

Название	Схема (количество ступеней)	Длина ракеты, м	Масса, т	Масса КА, т	Высота орбиты, км	Первый пуск
РОССИЯ						
«Старт»	Тандем (5)	22,7	47	0,18-0,36	800-400	1993
«Старт-1	Тандем (6)	28,9	60	0,37-0,59	800-400	1995
«Рокот»	Тандем (3)	28,5	107	1,85	200	1990
«Космос-3М»	Тандем (2)	32,4	109	1-1,5	100-200	1973
«Циклон-2»	Тандем (2)	35,3	184	2,7	200	1969
«Циклон-3»	Тандем (2)	39,3	188	2,5-3,6	100-200	1977
«Молния-М»	Пакет (4)	43,4	307	1,9	420-700	1964
«Союз-У»	Пакет (3)	47,5	309	7,1	200	1974
«Протон-К»	Пакет (3)	42,3	690	20,6	200	1968

«Протон-К» СРБ	Пакет (4)	44,5	698	2,4/4, 5	36000/1900	1967
«Энергия»	Пакет (2)	60	2000	100	185	1987
США						
«Скаут»	Тандем (4)	22,9	21,3	0,18	185	1963
«Тор-Бернер-2»	Тандем (2)	23,7	50,2	0,32	185	1958
«Атлас-Аджена»	Тандем (2)	30	126,8	3,8	185	1960
«Атлас-F"	Тандем (1)*	30	119	1,4	185	1958
«Атлас-Центавр»	Тандем (2)	39,9	150	5,1	185	1966
«Торад-Дельта 39-14»	Тандем (3) + 9ТТУ	35,4	190	0,95	185/36000	1967
«Торал-Дельта 39-10» РАМ	Тандем (3) + 9ТТУ	35	190	1,09	185/36000	1976
«Торад-Дельта 39-70» РАМ	Тандем (3) + 9ТТУ	35	195	1.27	185/36000	1978
«Торад-Дельта-29»	Тандем (3) + 9ТТУ	35,4	135	0,7	185/36000	1972
«Титан-3В»	Тандем (3)	49	178,6	4,5	185	1965
«Титан-3Д»	Тандем (2) + 2ТТУ	40,5	461,7	11,34	185	1968
«Титан-34Д»	Тандем (3) + 2ТТУ	47,2	631,6	14,5	185	1981

«Титан-3Е»	Тандем (3) + 2ТТУ	48,5	636	15,5	185	1974
«Спейс Шаттл»	Пакет (2)	56	2010	29,5 в ОК	185	1981
ФРАНЦИЯ						
«Ариан-1»	Тандем (3)	46	210	4,5	185	1979
«Ариан-2»	Тандем (3)	48	214	5,0	185	1981
«Ариан-3»	Тандем (3) + 2ТТУ	48	233	5,8	185	1984
«Ариан-4»	Тандем (3) + 0-4 Уск	58,3	До 470	до 4,2	200/36000	1989
КИТАЙ						
CSL-2	Тандем (2)	32,8	200	2,3	200	1979
CSL-3	Тандем (3)	46	202,5	5	200	1984
ЯПОНИЯ						
N-1	Тандем (3) + 3 ТТУ	32,6	90,5	0,6	1000	1976
N-2	Тандем (3) + 9ТТУ	35,6	135	2,0	1000	1982
H1-A	Тандем (3) + 9ТТУ	45	140	0,55	40000	1986

МИ-3S	Тандем (3) + 8ТТУ	20	54	0,3	450	1973
МИ-3V	Тандем (3) + 2ТТУ	28	61	0,7	250	1972
МИ-4S	Тандем (4) + 8ТТУ	23,6	43,8	0,063	1000	1971

* Зонд — проект лунного корабля

Обозначения и сокращения:

ТТУ — твердотопливный ускоритель

Уск — ускоритель

ОК — орбитальный корабль

СРБ - специальный разгонный блок

ГО — головной отсек