

# ЖРД

## Устройство и принцип действия, внутрикамерные процессы

Лекция 2

ПНИПУ,  
Каф РКТ и ЭС  
ст. преподаватель Лапин И.Н



Рис. 3.7. Классификация ЖРД

# Состав жидкостной ракеты

- одного или нескольких ЖРД,
- топливных баков,
- системы наддува (агрегатов наддува топливных баков или вытеснительной подачи топлива),
- системы подачи топлива (магистралей, соединяющих двигатели с баками),
- системы управления и регулирования,
- рулевых приводов,
- вспомогательных устройств.

# Схема ЖРД

- Два вида подачи  
компонентов в КС:
- Вытеснительная
  - Насосная

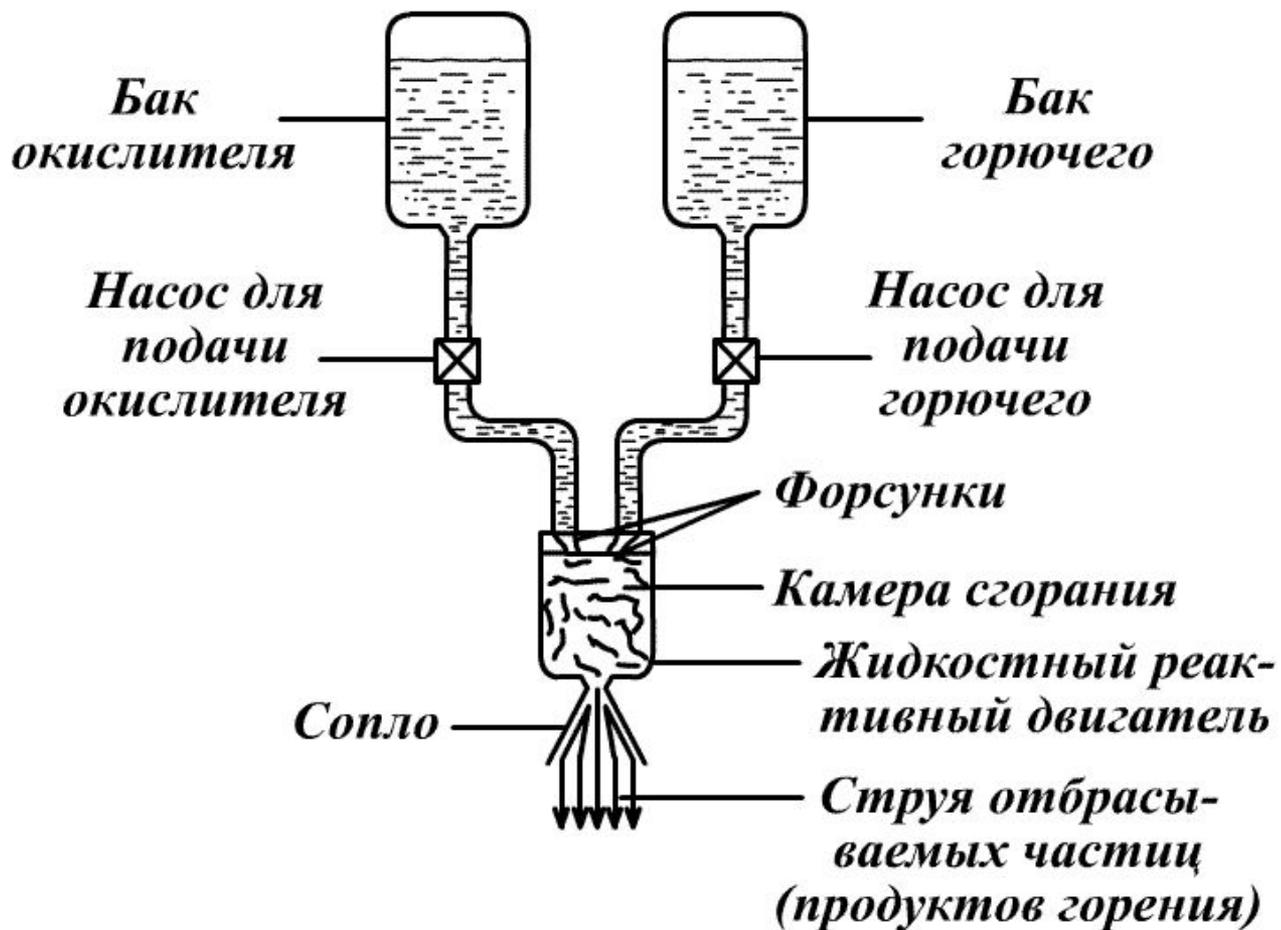
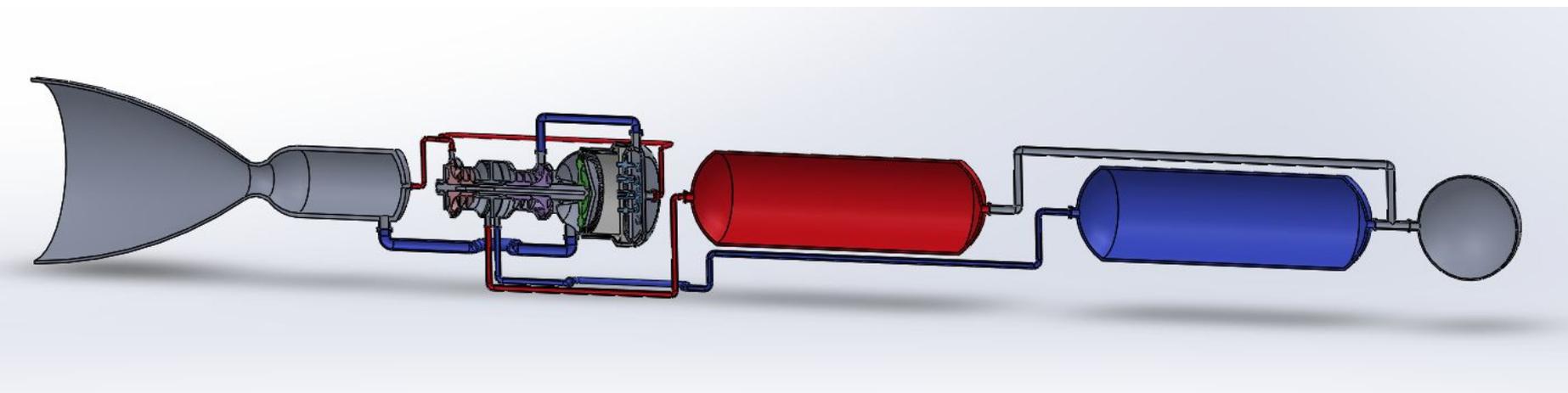
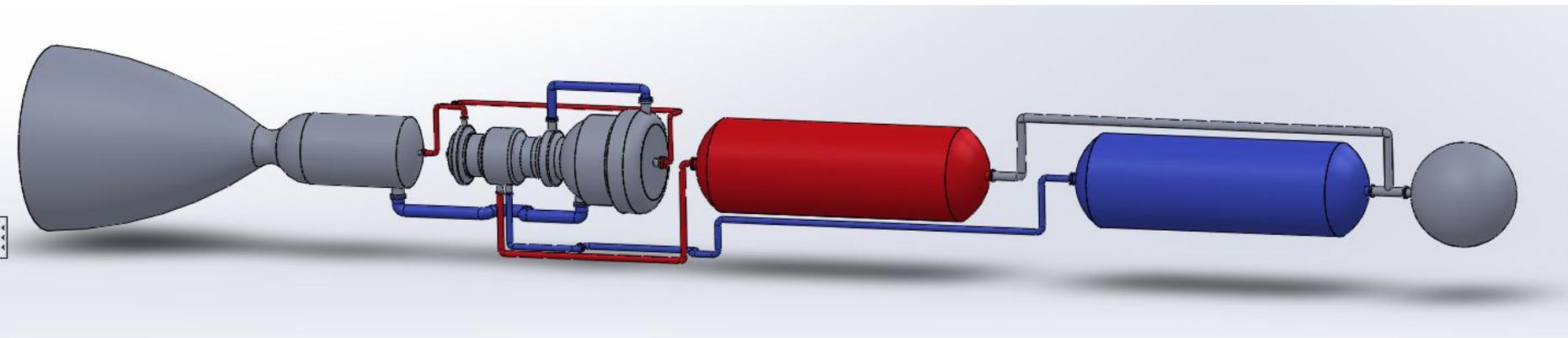


Рис. 3.8. Схема ЖРД

# ЖРД с ТНА и дожиганием ГГ



# Топлива применяемые в ЖРД

## высокотемпературо кипящие

$N_2O_4$  – азотный тетраоксид  $T_{\text{замерз}} = -11^\circ \text{C}$   $T_{\text{закип}} = 21^\circ \text{C}$   
 $(CH_3)_2N_2H_2$  – НДМГ (Гептил)  $T_{\text{замерз}} = -57^\circ \text{C}$   $T_{\text{закип}} = 62^\circ \text{C}$   
Керосин Т1 (86% -С 14% - Н)  
 $T_{\text{замерз}} = -53..-73^\circ \text{C}$   $T_{\text{закип}} = 150..280^\circ \text{C}$

## низкотемпературо кипящие (криогонные)

$(O_2)_\text{ж}$   $T_{\text{кип}} = 90 \text{ K} = -183^\circ \text{C}$   
 $(H_2)_\text{ж}$   $T_{\text{кип}} = 20 \text{ K} = -253^\circ \text{C}$   
 $(CH_4)_\text{ж}$  метан  $T_{\text{кип}} = 112 \text{ K} = -161^\circ \text{C}$   
 $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$

# Классификация горючих

## Неорганические

|                   | $\text{H}_2$ ж | $\text{NH}_3$ ж      |
|-------------------|----------------|----------------------|
| $\rho$            | 70             | 680                  |
| $T_{\text{кип}}$  | -253 °C        | -33 °C               |
| $T_{\text{заст}}$ | -259 °C        | -78 °C               |
| ПДК               | Не токсичен    | 20 мг/м <sup>3</sup> |

## Металлы как горючее

- а) порошки в СТРТ 15-25%
- б) Расплавы
- в) растворы

## Однокомпонентное топливо

Нитрометан  
Изопропилнитрат  
Перекись водорода  
Гидразин

## Бороводороды

|                   | $\text{B}_2\text{H}_6$ ж -<br>диборан | $\text{B}_5\text{H}_9$ -<br>пентабора<br>н |
|-------------------|---------------------------------------|--|
| $\rho$            | 440                                   | 620  |
| $T_{\text{кип}}$  | -92 °C                                | +59 °C                                     |
| $T_{\text{заст}}$ | -65 °C                                | -47 °C                                     |
| ПДК               | Не токсичен                           | 20 мг/м <sup>3</sup>                       |

## Спиртовое горючее

|                   | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ | $\text{CH}_3\text{OH}$ |
|-------------------|---------------------------------|------------------------|
| $\rho$            | 780                             | 795                    |
| $T_{\text{кип}}$  | 78                              | 65 °C                  |
| $T_{\text{заст}}$ | -114 °C                         | -98 °C                 |
| ПДК               | 1000 мг/м <sup>3</sup>          | 5 мг/м <sup>3</sup>    |

# Классификация горючих

## Углеводородное горючее

|            | T1<br>керосин         | RJ-4                  | RJ-5                  | JP-9<br>$C_9H_{16}$   | JP-10 $C_{10}H_{16}$  |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\rho$     | 830                   | 926                   | 1056                  | 948                   | 936                   |
| $T_{кин}$  | 140..280              | 215                   | 272                   | 205                   | 182                   |
| $T_{заст}$ | -73..-53 °C           | -48 °C                | -18 °C                | -54 °C                | -73 °C                |
| ПДК        | 300 мг/м <sup>3</sup> |

## Гидразиновые горючие

|            | $N_2H_4$ гидразин<br>нестабильный | $CH_3N_2H_3$<br>монометилгидразин<br>(ММГ) | $(CH_3)_2N_2H_2$ -<br>ндмг | A-50<br>Аэрозин 50    |
|------------|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------------|
| $\rho$     | 1000                              | 870  | 790                        | 900                   |
| $T_{кин}$  | 114                               | 88   | 62                         | 70                    |
| $T_{заст}$ | +2 °C                             | -52 °C                                     | -57 °C                     | -7 °C                 |
| ПДК        | 0,1 мг/м <sup>3</sup>             | 0,1 мг/м <sup>3</sup>                      | 0,1 мг/м <sup>3</sup>      | 0,1 мг/м <sup>3</sup> |

Аэрозин (аэрозин 50) — ракетное топливо, представляющее собой смесь НДМГ и гидразина в пропорции 1:1

# Окислители применяемые в ЖРД

▣ Освоенные:  $H_2O_2$  – перекись водорода,  $O_2$ ,  $HNO_3$  – азотная кислота,  $N_2O_4$  азотный тетраоксид.

АК-20 – азотно кислотный окислитель = 20%  $N_2O_4$  + 78%  $HNO_3$  + 2%  $H_2O$

▣ Новые окислители

(F<sub>2</sub>)ж фтор

$OF_2$  – дифторид кислорода

$ClF_3$  – трифторид хлора

$ClF_5$  – пентофторид хлора

▣ - Перспективные

$O_3$  – жидкий озон

$HClO_4$  – хлорная кислота

$C(NO_2)_4$  – тетра нитрометан

# Вытеснительная система подачи топлива

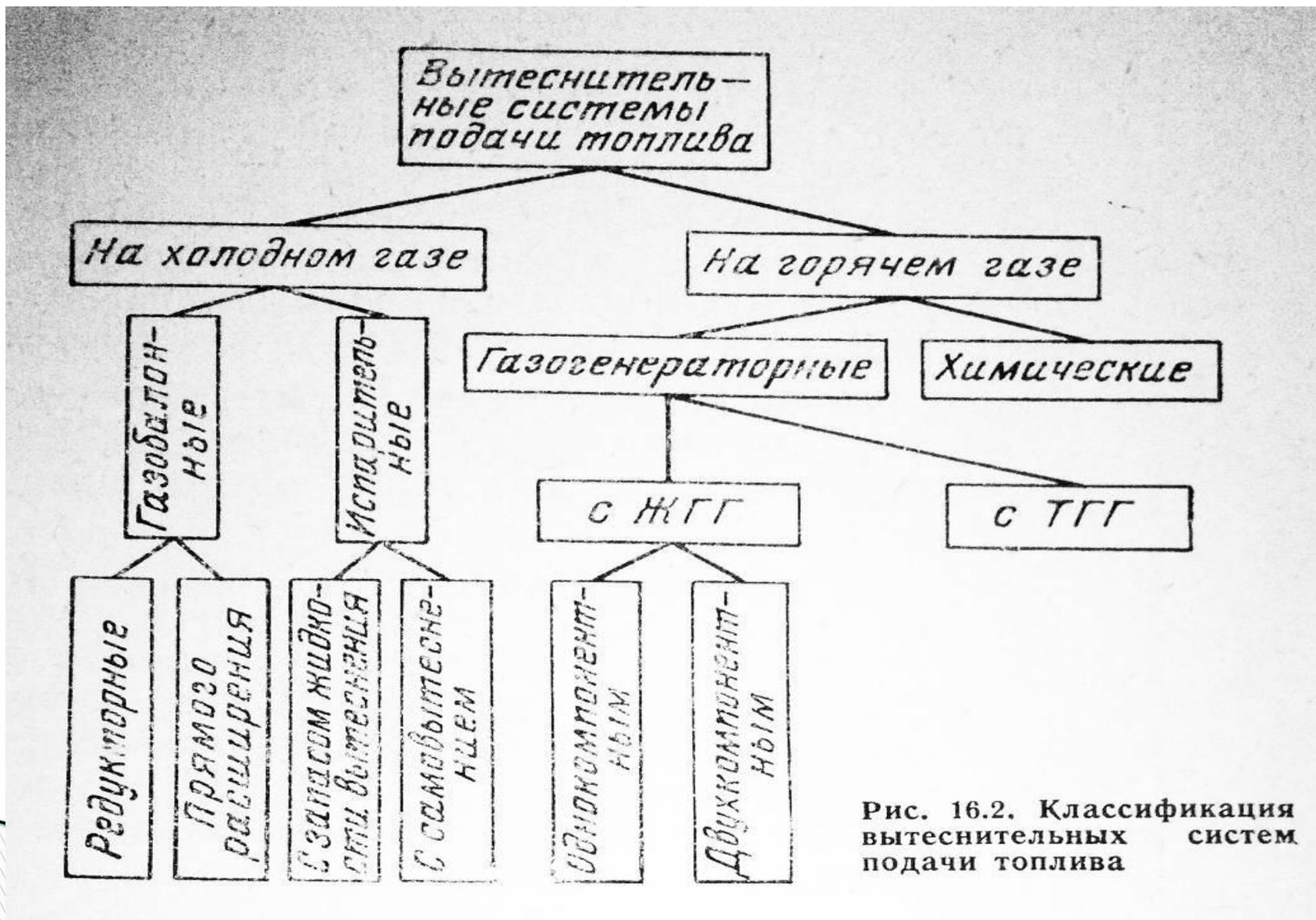
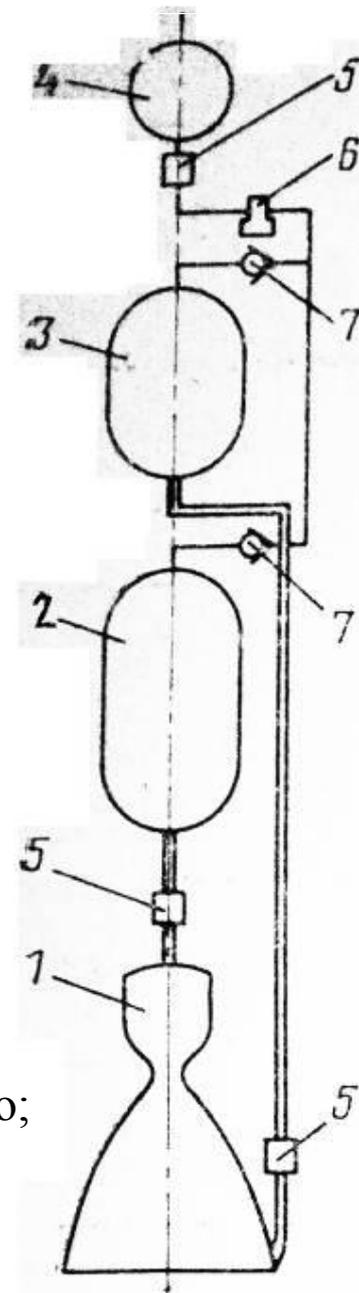


Рис. 16.2. Классификация вытеснительных систем подачи топлива

# ВПТ редукторного типа

- система с прямым расширением газа
- При отсутствии регулирующего элемента весь необходимый запас газа располагается в свободном объеме бака, называемый подушкой
- В испарительных системах поддерживается стабилизацией температуры нагрева испаряемого вещества.

1—камера; 2—бак окислителя; 3—бак горючего;  
4—баллон с газом; 5—пуско-отсечной клапан;  
6— редуктор давления; 7— обратный клапан



# Вытеснительная система подачи топлива на горячем газе

В качестве источников *горячего* газа используют два типа газогенераторов: (ТГГ) (ЖГГ)

Температура генераторного газа ограничена жаропрочностью элементов конструкции

у двухкомпонентного топлива нужно два газогенератора

(Восстановительный для горючего, окислительный для окислителя)

1—7—по рис. 16. 3;

в—бак окислителя ЖГГ;

бак горючего ЖГГ;

10—ЖГГ наддува бака горючего

11—ЖГГ— наддува бака окислителя

