

# Запуск ЖРД

Предстартовая подготовка летательного аппарата и ЖРДУ включает в себя:

- заправку баков топливом,
- приведение всех систем в пусковую готовность посредством контроля электроцепей систем управления.

Во время запуска происходит ЖРДУ переходит от состояния пусковой готовности к работе на заданном режиме.

Процесс запуска осуществляется системами подачи компонентов

# Последовательность операций при запуске:

- Открываются разделительные и пусковые клапаны.
- Компоненты заполняют магистрали и подходят к форсункам ГГ и камеры двигателя.
- Частота вращения ТНА увеличивается, повышается давление за насосами.
- Осуществляется принудительное нагнетание компонентов
- Срабатывает система зажигания

Способ реализации операции запуска зависит от назначения и выбранной ДУ

# Требования к запуску:

- устранение возможности накопления топливной смеси
- создание в камере двигателя и ГГ начального огневого факела
- обеспечение циклограммы запуска
- устранение возможности возникновения колебаний
- обеспечение надежного запуска в условиях вакуума и невесомости
- минимальное время воздействия газов на стартовое устройство

# Классификация видов запуска

- По способу начальной раскрутки ротора ТНА: стартерный и бесстартерный.
- По характеру увеличения давления в камере двигателя во время запуска: медленный, быстрый, пушечный

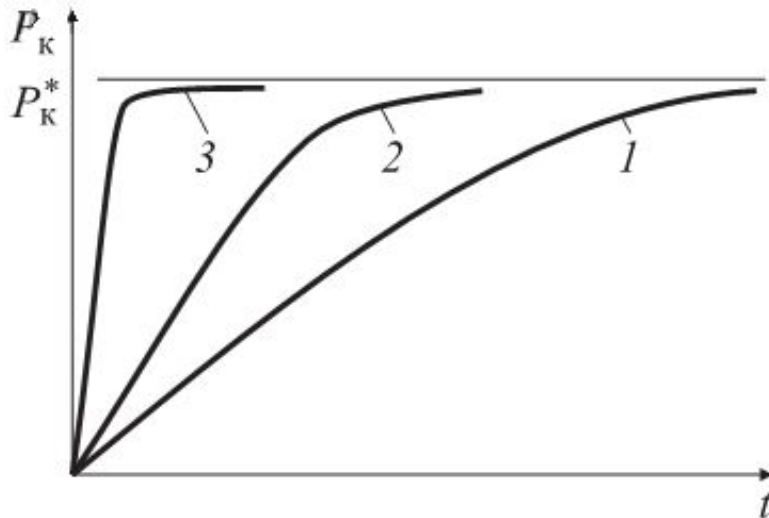


Рис. 1. Виды запусков:  
1 – медленный, 2 – быстрый, 3 –  
пушечный

- **По количеству ступеней:** одноступенчатые, двухступенчатые

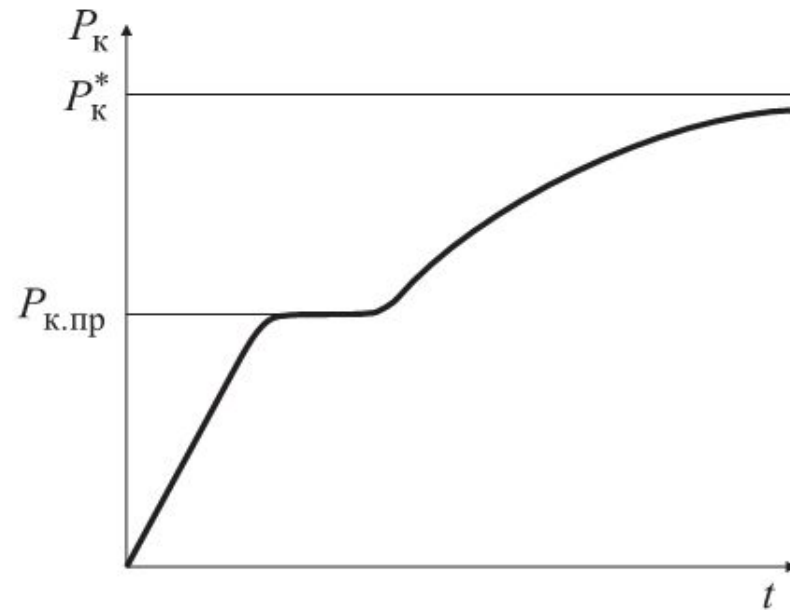


Рис. 2. Схема двухступенчатого запуска

# Наддув баков

- ДУ с вытеснительной системой подачи – введение компонентов топлива в камеру.
- ДУ с турбонасосной системой подачи – для устойчивости баков в полете
- Первая ступень ракеты – от наземного пускового устройства, второй и последующих ступенях – от предыдущей ступени

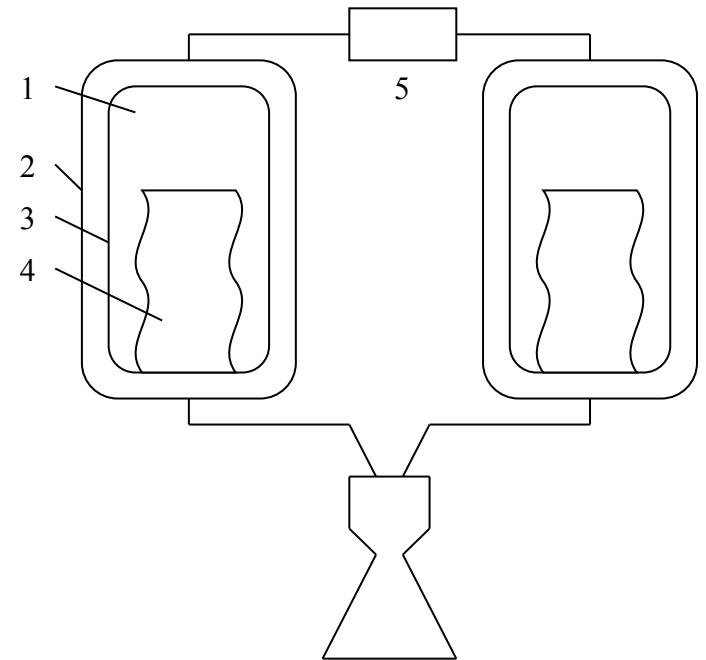
Система наддува обеспечивает предпусковой наддув баков и основной наддув в полете

# Системы наддува

- Газобаллонные системы (источник газа – жидкие или твердые топлива)
- Системы, использующие летучие жидкости

Рис. 3. Схема управляющей ДУ с использованием летучих веществ для систем наддува:

1 – топливный бак, 2 – теплоизоляция бака, 3 – электронагревательные элементы, 4 – вытеснительный сиффон



- Химический наддув

# Захолаживание

Сжиженный газ с температурой кипения ниже 120К

Факторы:

- Высокая теплопроизводительность
- Экологически безопасно

Трубопроводы и полости насосов предварительно должны быть охлаждены до температуры компонентов

**Схема** захолаживания зависит от назначения двигателя и вида компонента



Рис. 4. Схем захлаживания с проливкой жидкого кислорода под давлением наддува и гидростатического напора

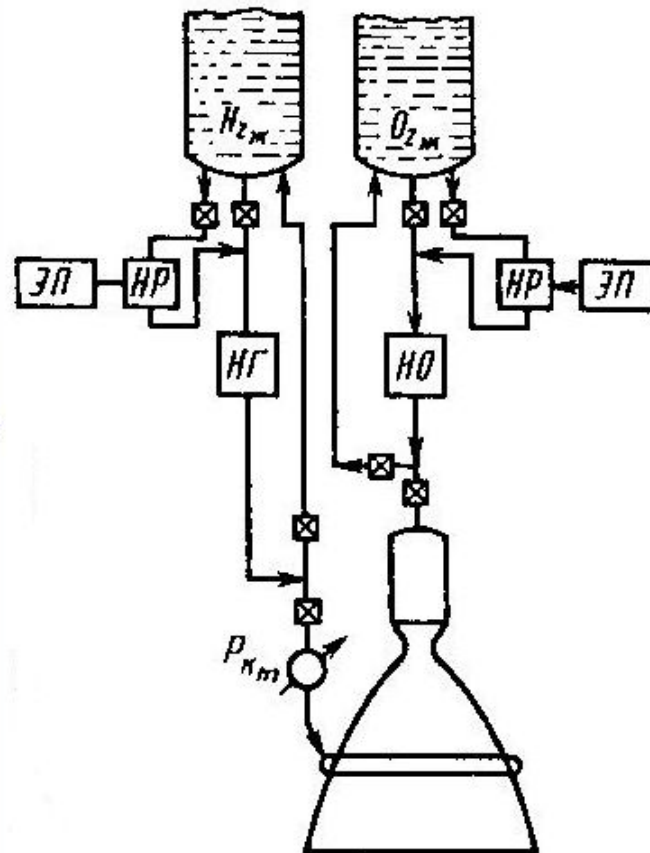
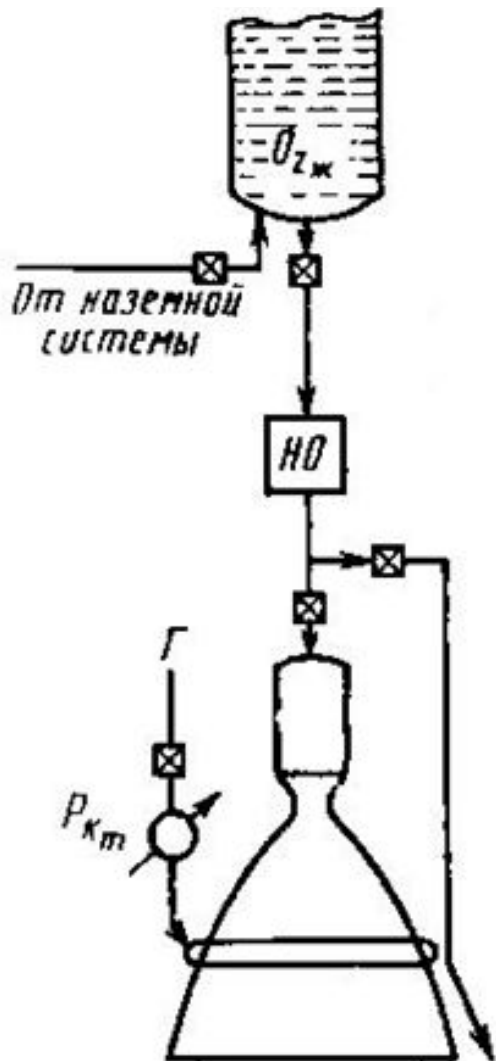
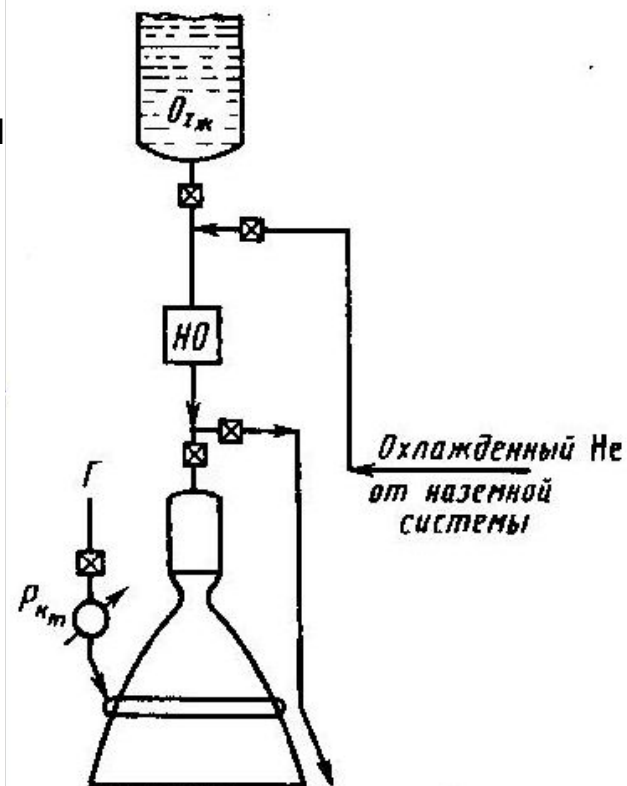


Рис. 5. Схема захлаживания двигателя прокачкой переохлажденных жидких кислорода и водорода рециркуляционными насосами с электроприводом

Рис. 6. Схема захлаживания двигателя продувкой тракта охлажденным газообразным гелием



- Двигатели второй и последующих ступеней можно захлаживать непосредственно перед стартом от наземных устройств
- Магистралы и полости насосов должны иметь хорошую теплоизоляцию

# Порядок поступления компонентов топлива в камеру

- Выбирают опережение поступления одного компонента, чтобы обеспечить мягкий запуск
- Выбора очередности зависит от типа компонента

## Системы продувки

Магистралы подачи топлива продувают инертным газом

# Запуск ЖРД (продолжение)

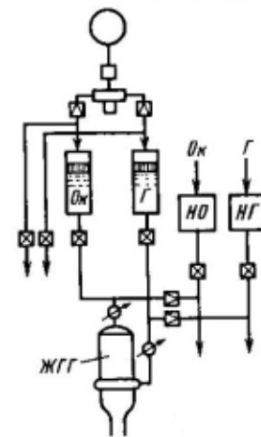
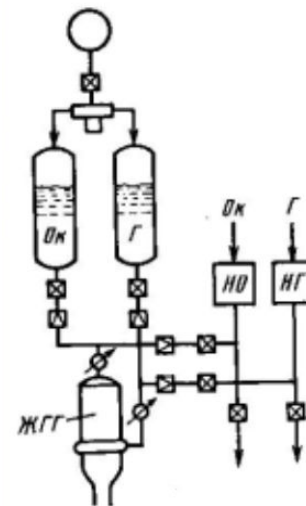
## Запуск ТНА

Классификация методов раскрутки:

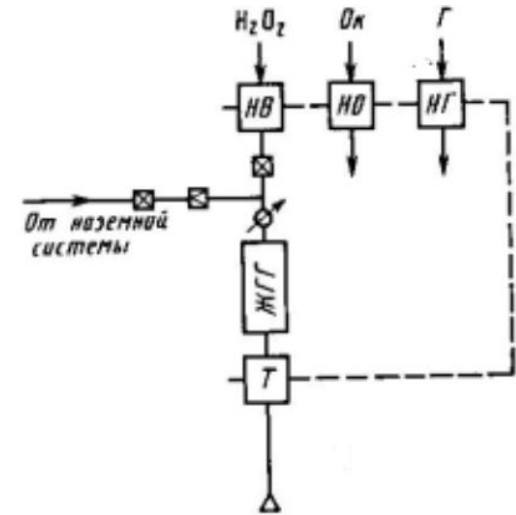
1. От основного ЖГГ,
2. От специального стартового ГГ,
3. От специальной стартовой турбины,
4. От сжатого газа.

# От основного ЖГГ

- **Схема 1.** В момент запуска в ЖГГ поступают пусковые компоненты топлива из специальных пусковых баллонов, имеющих вытеснительную подачу
- **Схема 2.** Вместо пусковых баллонов для компонентов установлены пусковые поршневые насосы



- **Схема 3.** Подача пусковых расходов компонентов в основной ЖНН от наземных систем



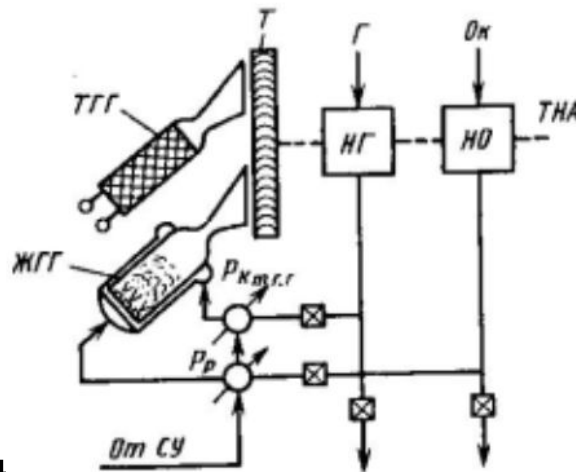
- **Схема 4.** Самопуск или «самотек» пусковых расходов компонентов

- специальных пусковых систем нет



# От стартерного ГГ

- Турбина оборудована специальным – стартерным ТГГ



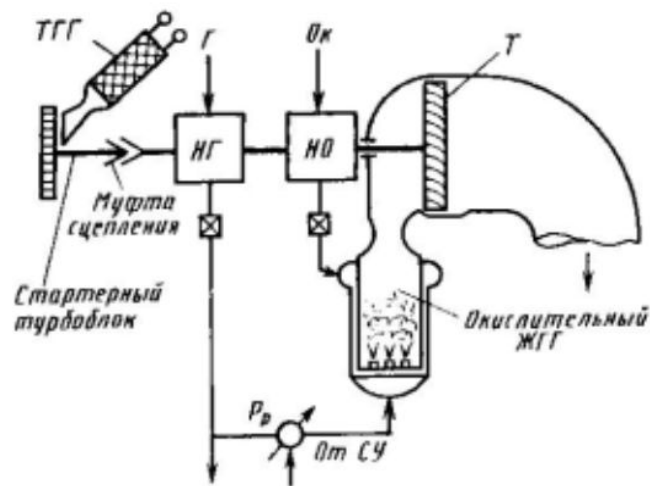
Раскритка стартерн:

данной схеме практически не применяется

; дожиганием по

# От специальной стартовой турбины

- На оси ТНА конструктивно установлен специальный стартовый блок – турбина с ТГГ.
- Ось стартовой турбины с осью ТНА через муфту



**Раскрутка сжатым газом**



# Особенности запуска ЖРД при различных условиях окружающей среды

- **Условия старта:**
- На земле,
- На большой высоте,
- В космическом пространстве

Недостатки (на земле):

- - больше непроизводительные затраты компонентов топлива до старта,
- - ударные нагрузки на нижние днища баков в момент старта ракеты

## **Факторы, влияющие на плавность запуск:**

- Давление (при воспламенении топлива),
- свойства компонентов,
- температуры форсунок головки и стенок КС

## **Типы разделения ступеней:**

- холодное: тормозные двигатели, разгонные двигатели
- горячее: тяга основного двигателя верхней ступени

## **Условия работы систем КА связаны с:**

- окружающая среда непосредственно около КЛА ,
- электромагнитной и корпускулярной радиацией,
- метеорной опасностью
- тепловыми режимами

# Зажигание и воспламенение

- Важный параметр воспламенения – **задержка воспламенения** – время с момента контакта и до начала интенсивного подъема давления
- Значение времени задержки зависит от:
  - химического состава компонентов и их химической активности,
  - характера смешения поступающих в КС первых порций топлива,
  - времени опережения поступления О и Г относительно друг друга,
  - температура первых порций компонентов, давления в полости КС и ЖГГ в этот момент

# • Химическое зажигание

Рис. 13. Одноразовая схема химического зажигания:  
1 – капсула с самовоспламеняющимся компонентом с  
даным  $O$

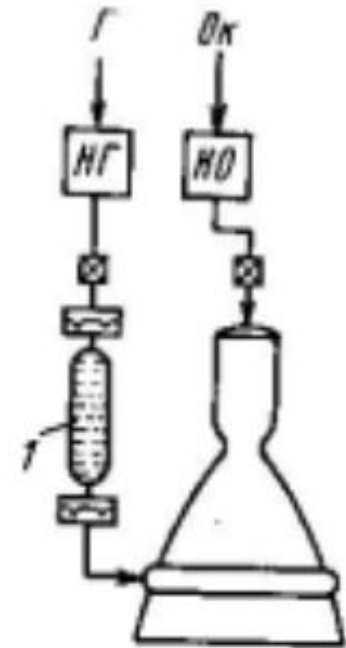
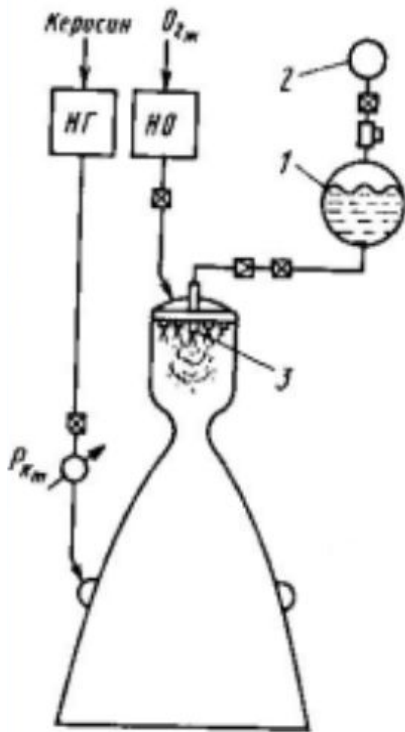


Рис. 14. Многоразовая схема химического зажигания:  
1 - капсула с самовоспламеняющимся компонентом с  
даным  $O$ , 2 – газовый аккумулятор давления, 3 – пусковая  
форсунка

# • Пиротехническое зажигание

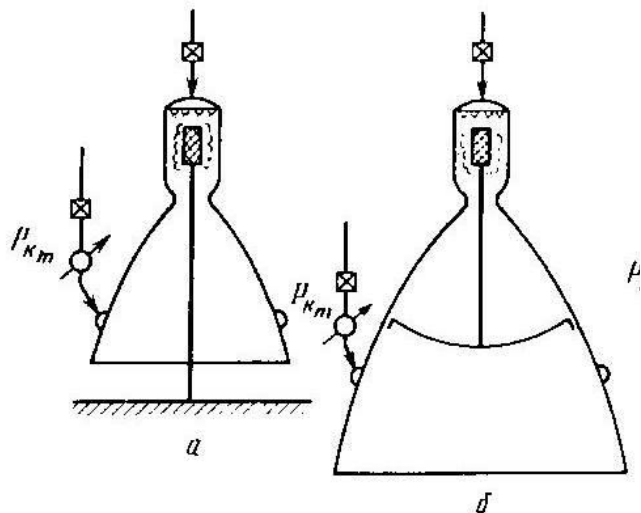


Рис. 15. Пиротехнические схемы зажигания.

Расположение ПЗУ:

1 – на стартовом столе, б – на сопловой заглушке

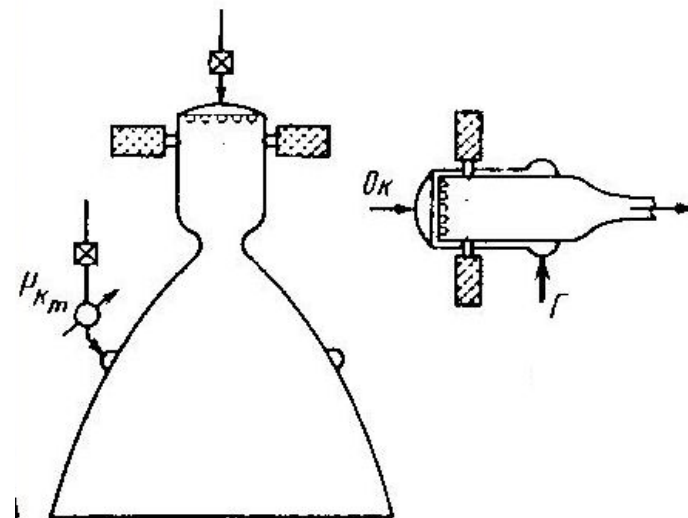


Рис.16. Расположение ПЗУ на корпусе КС и корпусе ЖГГ

# • Электроискровое зажигание

Рис. 17. Электроискровое зажигание:  
1 – трубопроводы подачи пусковых  
газообразных компонентов, 2 – блок-  
форкамера электрозажигания, 3 –  
электроискровая свеча, 4 – смесительная  
головка КС

