

*О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ  
ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ  
НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

---

**Б. И. Рабинович**

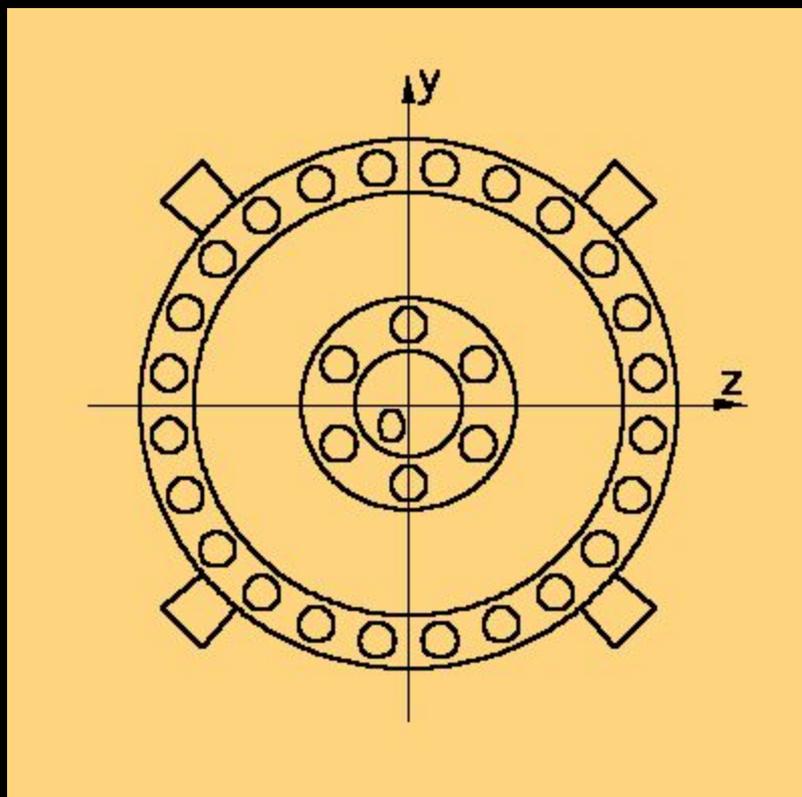


## *О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ ПРИ СОВМЕСНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

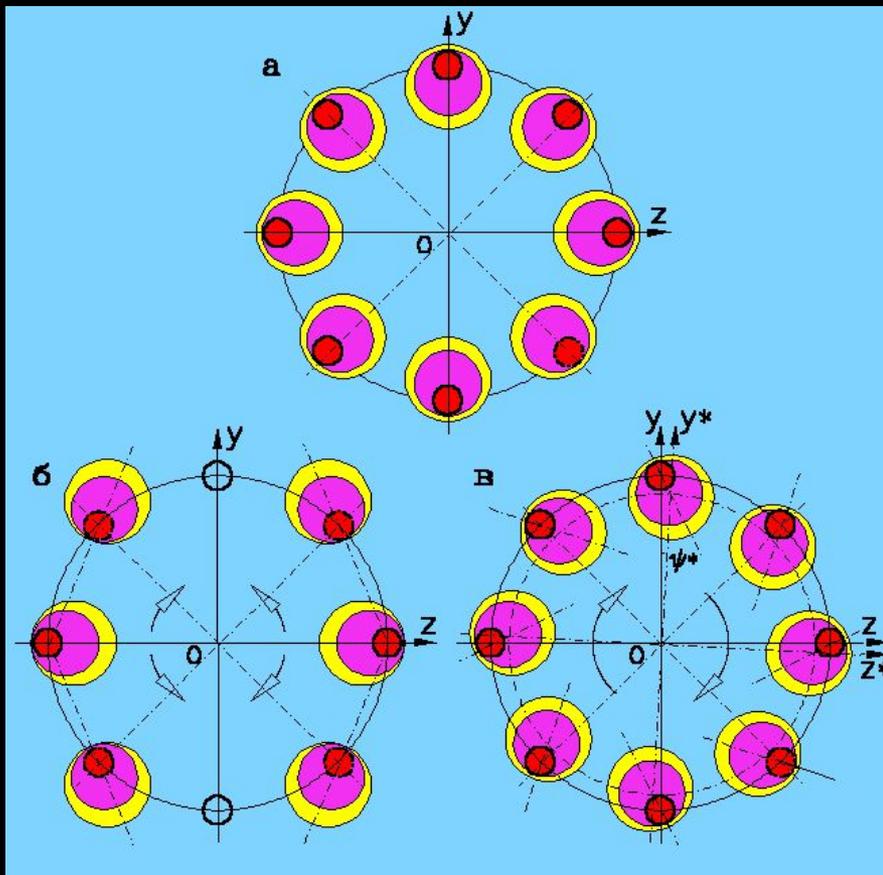
- Рассматривается задача о возмущающем моменте по крену, возникающем при совместной работе нескольких ЖРД, расположенных вдоль дуги окружности на равных расстояниях (как это, например, было на блоке А тяжелого носителя Н-1).
- Предлагаются простые математические модели, позволяющие дать качественное объяснение некоторых явлений, наблюдавшихся при летных испытаниях, а именно:
- Наличие возмущающего момента вследствие закручивания струй газов вокруг продольной оси ракеты при одновременной работе всех двигателей.
- Отсутствие такого момента при разрыве цепи работающих ЖРД (выключение хотя бы двух двигателей на противоположных концах диаметра).



*Схема расположения ЖРД НК-15  
на блоке А ракеты-носителя Н-1*



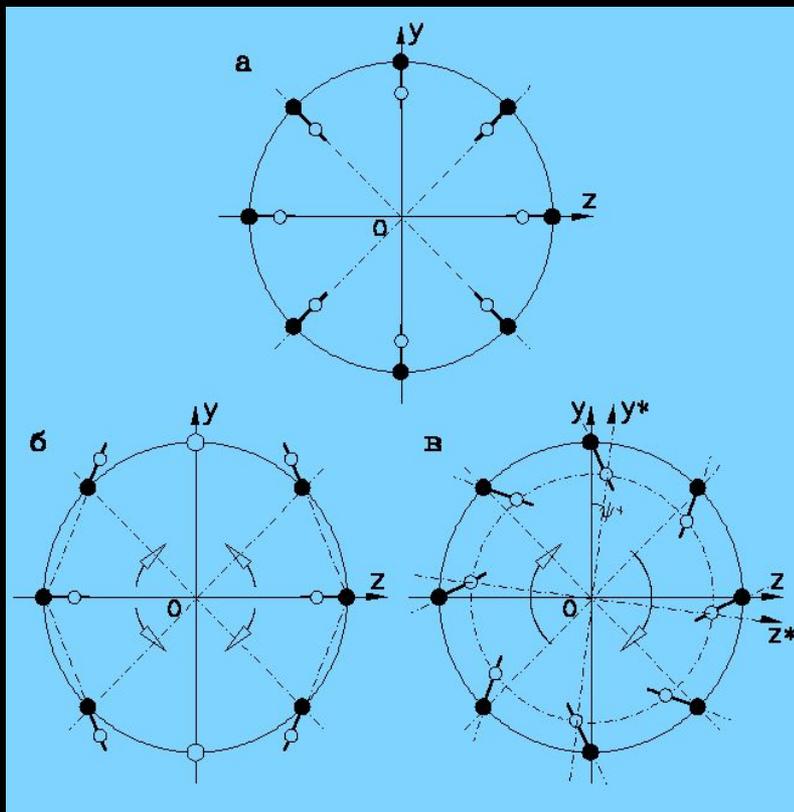
## Формы равновесия системы струй



- а) Сплошная цепочка ЖРД, регулярная симметрия.
- б) Цепочка ЖРД с разрывами, две плоскости симметрии (Н-1 № 3л).
- в) Сплошная цепочка ЖРД, винтовая симметрия (Н-1 № 6л).



# Феноменологические модели системы струй

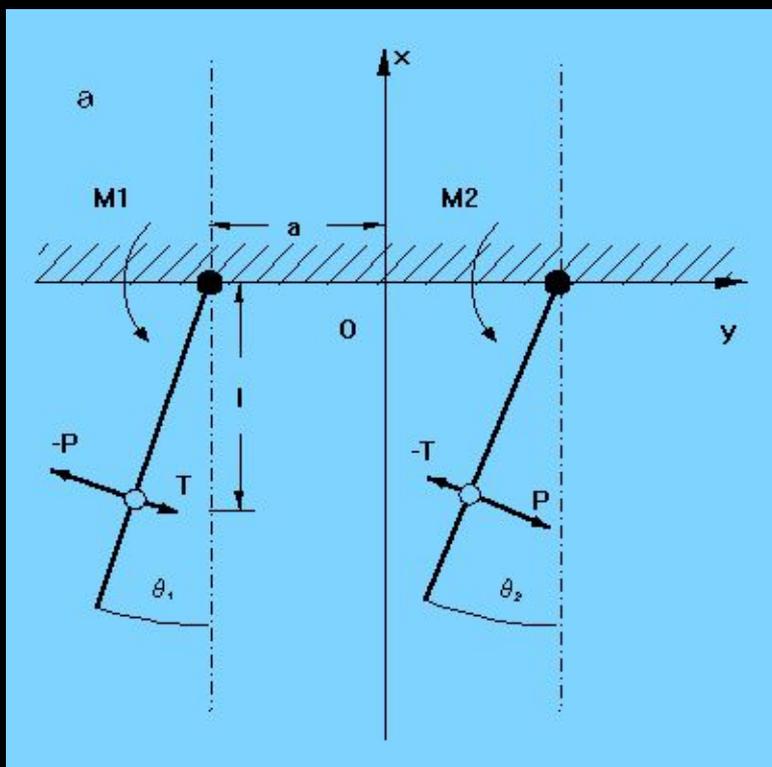


- а) Сплошная цепочка ЖРД, регулярная симметрия.
- б) Цепочка ЖРД с разрывами, две плоскости симметрии (Н-1 № 3л).
- в) Сплошная цепочка ЖРД, винтовая симметрия (Н-1 № 6л).

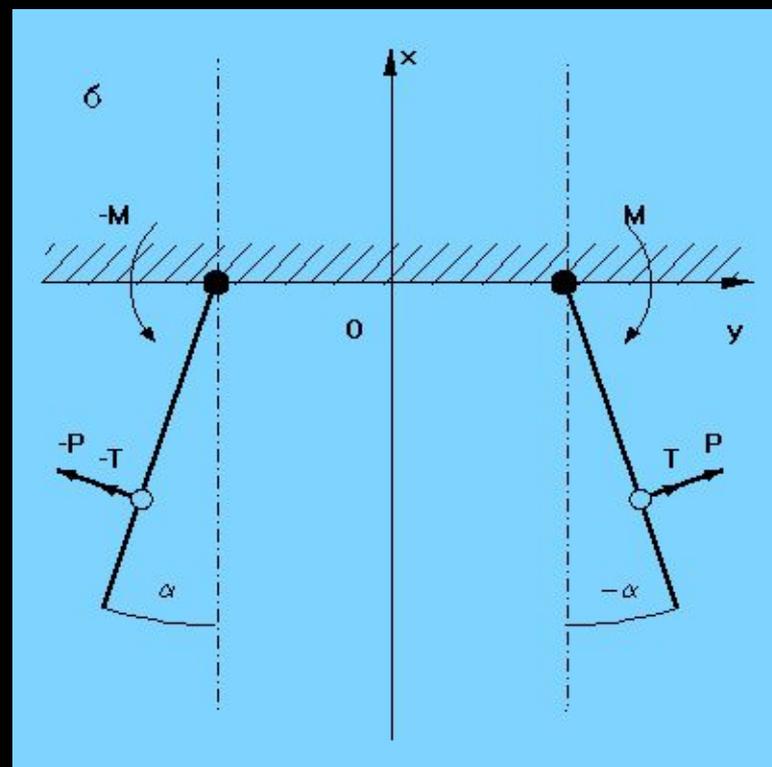


# Модель цепочки ЖРД с разрывами (Н-1 № 3л)

## Система из двух стержней



Несимметричная  
форма равновесия



Симметричная  
форма равновесия



## *Модель цепочки ЖРД с разрывами*

- Обобщенные координаты (1)
- Внешние силы (2)
- Потенциальная энергия (3)
- Условия равновесия (4)
- Условия устойчивости (5)



## *Модель цепочки ЖРД с разрывами*

### *Формы равновесия и их устойчивость*

- Симметричная форма
- Несимметричная форма

Существование при  $k \gg cl^2$   
наиболее вероятно

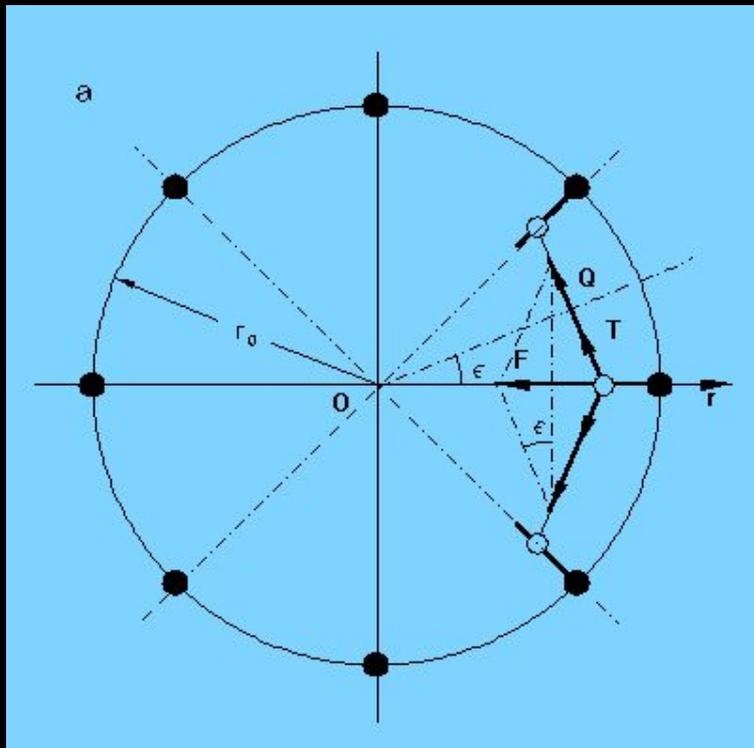
- Условия равновесия - (6), (8), устойчивости - (7), (9 )

Существование при  $k \gg cl^2$   
невозможно

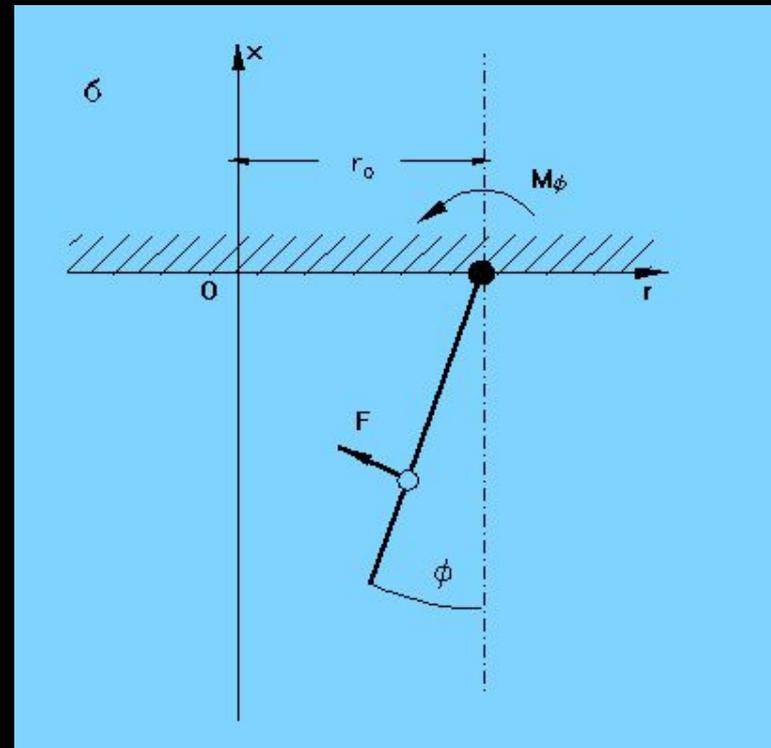


# Модель сплошной цепочки ЖРД (Н-1 № бл)

## Один из стержней



Плоскость, перпендикулярная  
продольной оси



Плоскость, проходящая  
через продольную ось





# *Модель сплошной цепочки ЖРД*

---

- Внешние силы (10)

- Потенциальная энергия (11)
- Условия равновесия (12)
- Условия устойчивости (13)





# Модель сплошной цепочки ЖРД

- Регулярная симметрия
- Винтовая симметрия

Существование при  $k \gg c/l^2$   
невозможно

Существование при  $k \gg c/l^2$   
наиболее вероятно



- Условия равновесия - (14), (16), устойчивости - (15), (17 )

1  
2

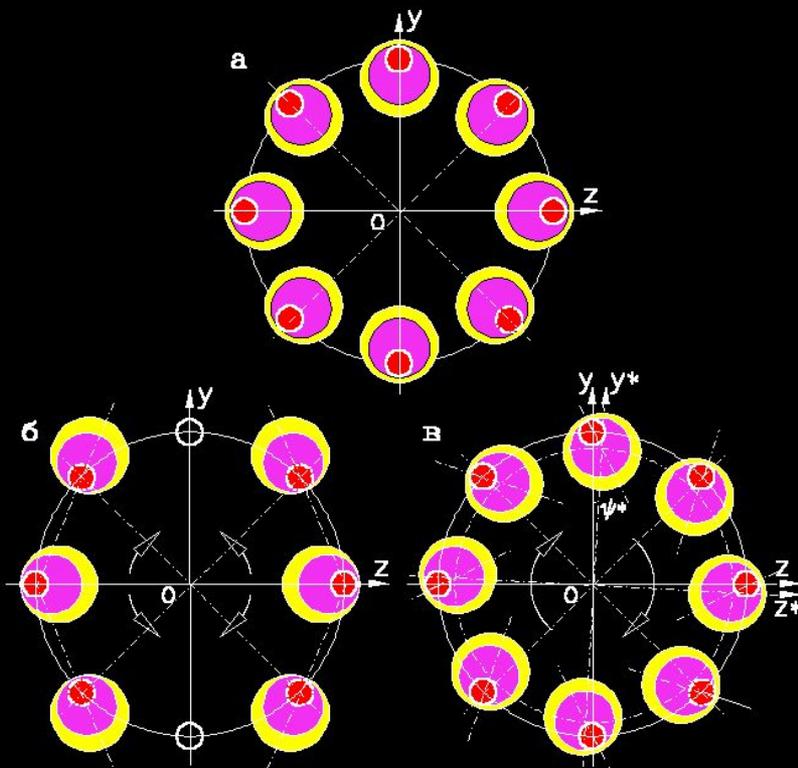
# *О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

---

## Основные результаты



# Формы равновесия системы струй



- а) Сплошная цепочка ЖРД, регулярная симметрия.
- б) Цепочка ЖРД с разрывами, две плоскости симметрии (Н-1 № 3л).
- в) Сплошная цепочка ЖРД, винтовая симметрия (Н-1 № 6л).



# *О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

## Случай сплошной цепочки ЖРД

- Устойчивыми являются формы равновесия системы струй с винтовой симметрией, при которых оси их сближаются по мере удаления от среза сопла, одновременно “навиваясь” на продольную ось ракеты.
- При большом диаметре окружности, вдоль которой размещены ЖРД, возникнет мощный возмущающий момент по крену, наблюдавшийся при пуске Н-1 № 6л.
- Существование устойчивой регулярно-симметричной формы равновесия невозможно.



# *О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

## Случай цепочки ЖРД с разрывами

- Устойчивой является симметричная форма равновесия системы струй, при которой струи по обе стороны от разрыва отклоняются в его сторону.
- По-видимому, при пуске Н-1 № 3л возникла именно эта форма равновесия с несравненно меньшим моментом по крену, чем при форме равновесия с винтовой симметрией (Н-1 № 6л ).
- Существование устойчивых несимметричных форм равновесия невозможно.



1  
6

# *О ВОЗМУЩЕНИИ ПО КРЕНУ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ЖРД*

---

Б. И. Рабинович

*Институт Космических Исследований Российской Академии Наук  
Профсоюзная 84/32, Москва 117810, Россия*

Электронная версия выполнена Викторией Прохоренко

