

Государственный Комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

К Р Е П Л Е Н И Е
М А Р Ш Е В Ы Х
Д В И Г А Т Е Л Е Й

(Иллюстративный материал по курсу
"Конструкция и проектирование ДА")

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

Самара 1991

Автор-составитель и исполнитель

иллюстраций - доц. Емашев Л.П.

УДК 629.7

Крепление маршевых двигателей (Иллюстративный материал по курсу "Конструкция и проектирование ДА"): Методические указания / Автор-сост. Емашев Л.П.; Самарский авиац. ин-т, Самара, 1991. - 38с.

Приведен иллюстративный материал по конструкции крепления маршевых двигателей на ракетах с жидкостными ракетными двигателями. К каждой иллюстрации дается краткое описание конструкции и простейшие зависимости для подбора сечений элементов.

Методические указания разработаны на кафедре летательных аппаратов и предназначены для выполнения курсовых работ и курсовых проектов по курсу "Конструкция и проектирование ДА", а также для использования в дипломном проектировании.

Предисловие

Жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) является силовозбудителем, который создает тягу и передает ее на корпус ракеты. К тонкостенному корпусу ракеты прикладываются через узлы подвески сосредоточенные силы, которые необходимо превращать в распределенные. Омысл конструкции крепления ЖРД заключается в том, чтобы раздробить одну силу тяги на несколько частей. Это достигается установкой многокамерных двигателей, разводкой сил с помощью стержней фермы или с помощью балки, конструкцией корпуса ракеты.

Конструкция корпуса, хорошо воспринимающая продольные сосредоточенные силы, состоит из шпангоута (силового шпангоута), фитингов, оболочки и стрингеров (см. рис. 0.1).

Шпангоут частично превращает сосредоточенную силу в распределенную нагрузку в виде нормальных напряжений в обшивке. Максимальное нормальное напряжение в обшивке определяется по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{R}{2\pi D \delta_{np}} \left(1 + e^{-\frac{E_w J}{E_o \delta_{np}^3}} \right)$$

где R - тяга двигателя,
 D - диаметр шпангоута,

$$\delta_{np} = \delta_o + \frac{n_{стр} F_{стр}}{\pi D} \quad - \text{приведенная толщина обшивки,}$$

δ_o - толщина обшивки,

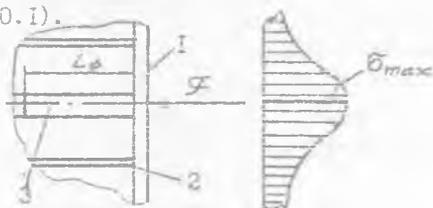
$n_{стр}$ - число стрингеров,

$F_{стр}$ - площадь стрингера,

E_w, E_o - соответственно, модули упругости материалов шпангоута и обшивки,

J - момент инерции сечения шпангоута относительно оси, нормальной к оси ракеты.

Фитинг за счет своей жесткости и появляющихся касательных напряжений превращает часть сосредоточенной нагрузки в распределенную.



F - сосредоточенная сила,
 L_{ϕ} - длина фитинга,
1 - шпангоут,
2 - стрингер,
3 - фитинг

Рис. 0.1

Длину фитинга определяют по формуле

$$L_{\phi} = \frac{E_{\phi} J}{E_0 \delta_{\phi}} \sqrt{\frac{3 F_{\phi} F_{\text{стр}} C}{d_{\text{пр}} \cdot (F_{\phi} + 2 F_{\text{стр}})}}$$

где F_{ϕ} - площадь сечения фитинга,

$C = \frac{\pi D}{\pi_{\text{стр}}}$ - расстояние между стрингерами.

Поворотом камер можно получить боковые силы и использовать их при управлении ракетой. При неподвижных камерах управление осуществляется рулевыми камерами или соплами.

В разделе приведены некоторые примеры крепления ЭРД, как неподвижных, так и подвижных.

По мере необходимости в описании конструкции крепления ЭРД даются зависимости для назначения сечений элементов.

Методические указания содержат 20 основных рисунков и являются одиннадцатой частью иллюстрированного материала по конструкции ракет.

Первая часть - "Головные части ракет".

Вторая часть - "Системы отделения головных частей и разделении олоков".

Третья часть - "Носовые отсеки".

Четвертая часть - "Головные обтекатели".

Пятая часть - "Сухие отсеки".

Шестая часть - "Дюки, крышки, створки".

Седьмая часть - "Стыки и соединения".

Восьмая часть - "Крепление приборов".

Девятая часть - "Баки ракет".

Десятая часть - "Арматура баков ракет".

1. Шарнирное крепление однокамерного ХРД (рис.1.1)

На ХРД для его крепления имеются четыре втулки (5), через которые передается сила тяги на ферму. Ферма имеет 8 стержней, передающих силу на четыре опоры шпангоута (9). Превращение сосредоточенных сил в распределенные происходит за счет включения в работу фитингов (8).

Все 8 стержней соединены между собой распорными стержнями (14), которые увеличивают критические напряжения на сжатие стержней примерно в четыре раза. Все стержни при работе двигателя работают на сжатие.

Условием прочности является соотношение

$$D_{cm}^2 \leq D_{кр}^2$$

где D_{cm}^2 - эксплуатационное усилие в стержне,

$$D_{cm}^2 = \frac{R^2}{8 \cos \varphi \cos \psi}$$

R^2 - величина тяги ХРД,

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{D \cos \frac{\pi}{4} - d}{2 \ell \cos \psi} \right),$$

D - диаметр шпангоута крепления ХРД,

d - описанный диаметр окружности точек крепления на ХРД,

ℓ - длина стержня фермы,

$$\psi = \arcsin \left(\frac{D \sin \frac{\pi}{4}}{2 \ell} \right)$$

$D_{кр}^2 = \frac{D^2 EJ}{4 \ell^2}$ - критическое усилие на сжатие части стержня,

E - модуль упругости материала стержня,

J - момент инерции сечения стержня.

2. Жесткое крепление однокамерного ХРД (рис.2.1)

Жесткое крепление ХРД производится через опоры (7) к шпангоуту (5) в четырех точках. Передача усилий на корпус происходит через шпангоут (5) и фитинги (4). Снаружи двигатель закрывается хвостовым обтекателем (2). Между донным хвостового отсека (10) и соплом камеры (3) поставлено уплотнение (13) из резины или асботкани.

ферменное крепление однокамерного ЗРД

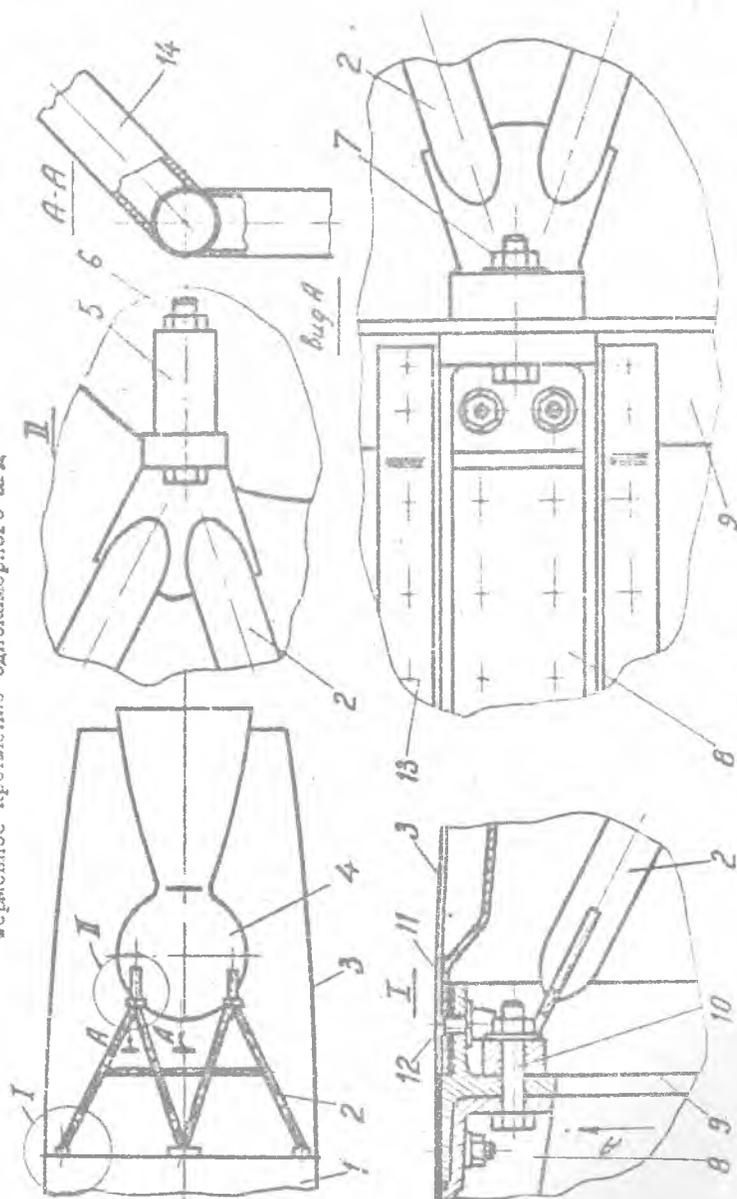


Рис. 1.1

1 - корпус ракеты, 2 - стержень фермы, 3 - хвостовой обтекатель, 4 - ЗРД, 5 - втулка, 6 - крепёж, 7 - фитинг, 8 - фитинг, 9 - шпангоут, 10 - крепёж, 11 - прокладка, 12 - крепёж, 13 - профиль, 14 - распорный стержень

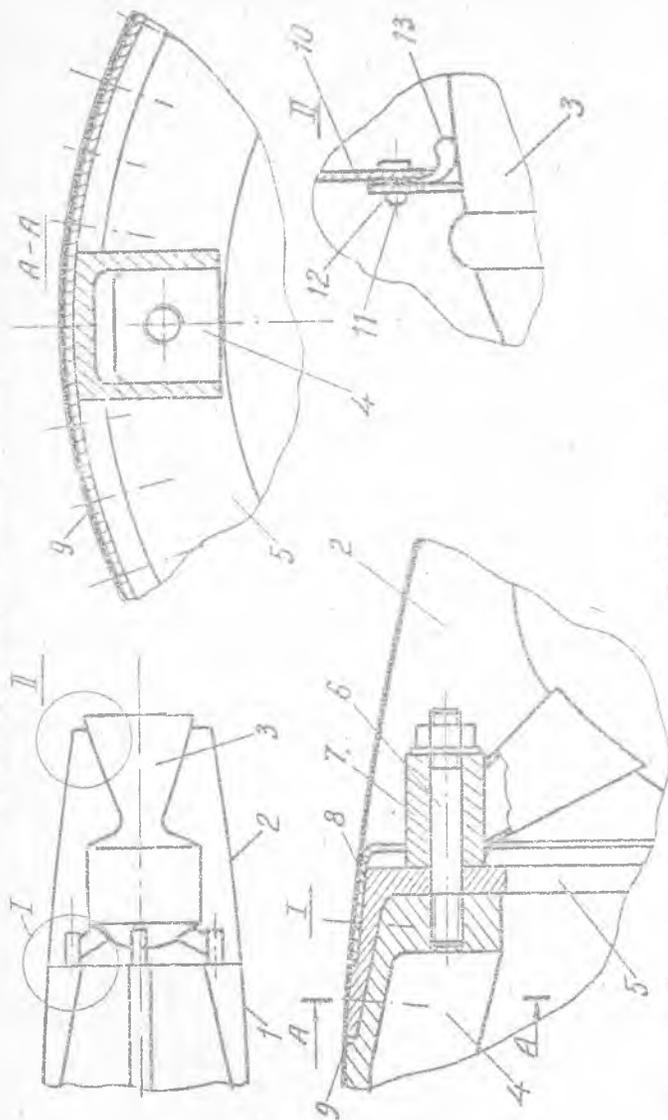


Рис. 2.1

1 - корпус ракеты, 2 - хвостовой обтекатель, 3 - ХРД, 4 - фитинг, 5 - шлангоут,
 6 - шайба, 7 - втулка, 8 - обшивка обтекателя, 9 - обшивка корпуса, 10 - дюймово,
 11 - заклепка, 12 - кольцо, 13 - уплотнение

3. Крепление КРД на крестовине (рис.3.1)

На рисунке 3.1 показано крепление 5 двигателей. Из них 4 управляемые, а один (центральный) закреплен в 4 точках неподвижно на крестовине (1). Крестовина представляет собой сочетание двух балок, нагруженных тягой двигателя. Размер сечения крестовины зависит от тяги двигателя и может быть найден из условия, что

$$\sigma^p \leq \sigma_B$$

где $\sigma^p = f \sigma^3$ - расчетное напряжение,
 f - коэффициент безопасности,

$$\sigma^3 = \frac{4M^3}{W} - \text{эксплуатационное напряжение в балке,}$$

$$M^3 = \frac{RD}{4} - \text{изгибающий момент,}$$

R - тяга двигателя,

D - диаметр корпуса,

W - момент сопротивления балки.

4. Крепление многокамерного КРД на ферме (рис.4.1)

Неподвижное крепление многокамерных КРД, занимающих полное сечение корпуса ракеты, характерно тем, что камера имеет три узла крепления. Одним узлом камера опирается на шпангоут, двумя другими - на ферму. Пример такой ферменной конструкции показан на рис.4.1. Ферма (4) состоит из соединенных между собой двух плоских ферм, каждая из которых опирается на шпангоут. Схема одной из плоских ферм дана на рис. 4.2. На этом рисунке знаком \oplus обозначены растянутые стержни, а знаком \ominus - сжатые.

Расчитывая ферму по действующим нагрузкам, можно определить усилия в стержнях и назначить их сечения, принимая при этом, что напряжения в растянутых стержнях могут достигать временного сопротивления разрыву материала, а сжатые стержни - критических напряжений на сжатие.

Крепление ХРД на крестовине

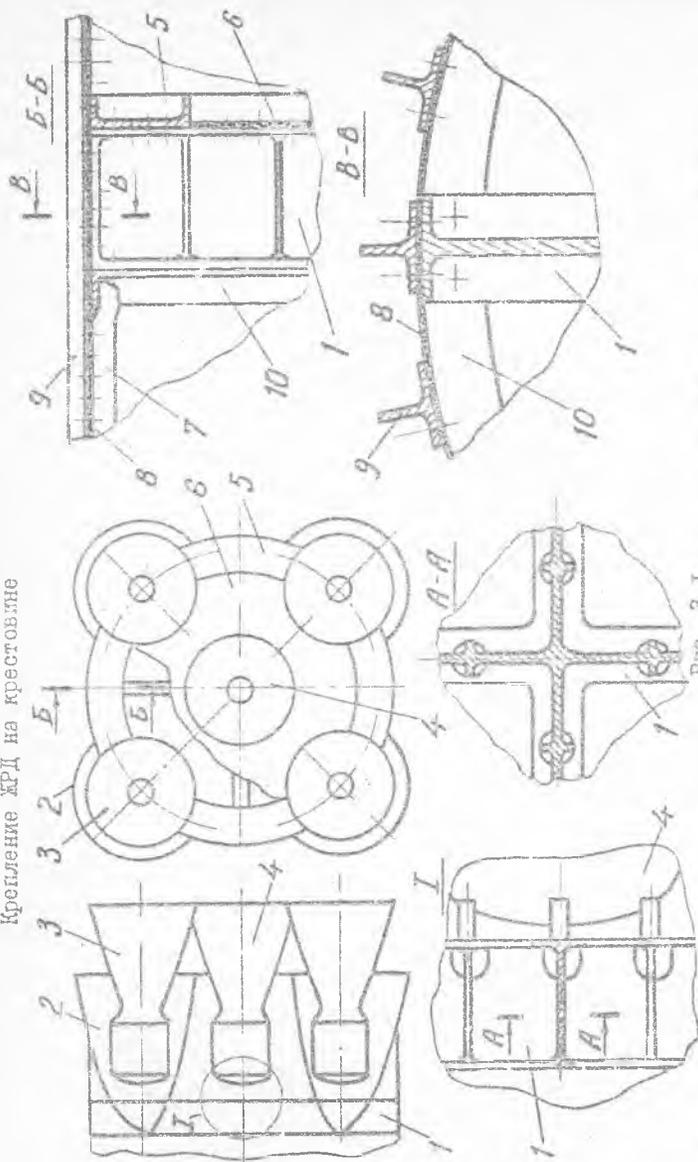


Рис. 3.1

1 - крестовина, 2 - обтекатель, 3 - ХРД, 4 - неподвижный ХРД, 5 - кольцо, 6 - нижняя шайба, 7 - струнгер, 8 - обшивка, 9 - наружный профиль, 10 - шпангоут.

Крепление многокамерного ЭГД на ферме

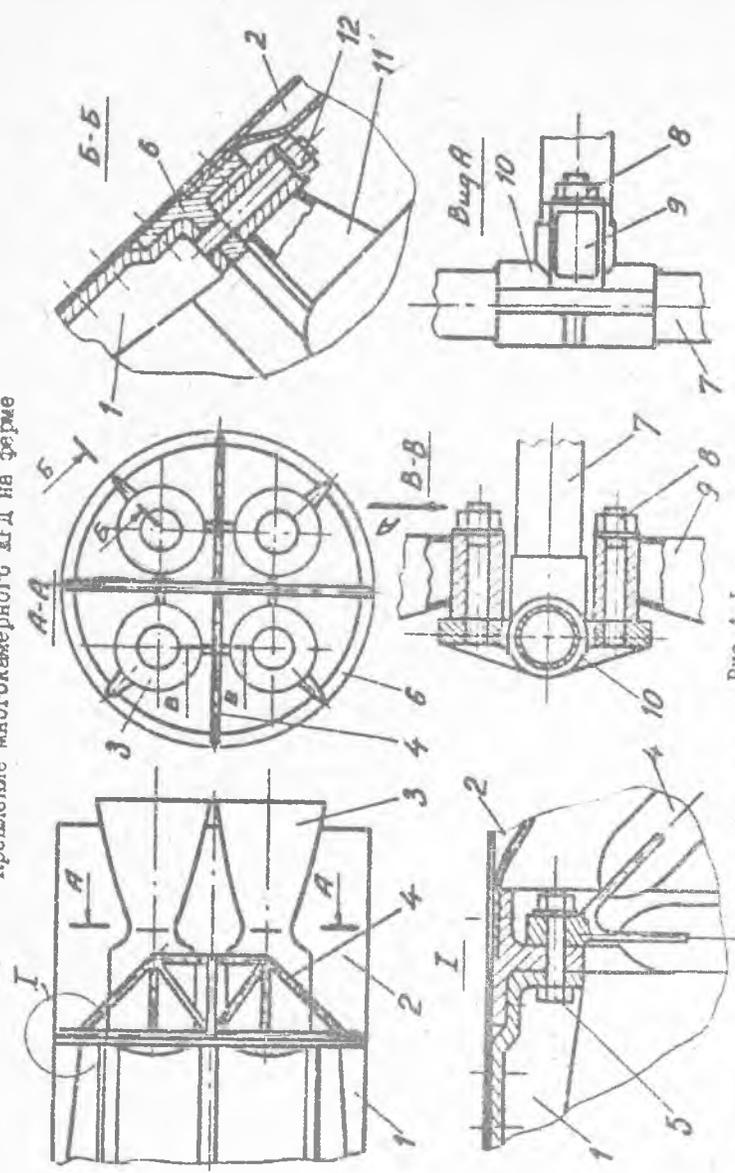


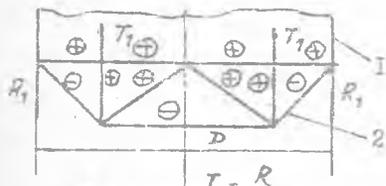
Рис. 4.1

1 - фитинг, 2 - хвостовой отсек, 3 - ЭРД, 4 - ферма, 5 - крепка, 6 - шпигот, 7 - отрезень фермы, 8 - крепка, 9 - опора, 10 - фитинг, 11 - опора, 12 - крепка

5. Крепление многокамерного ХРД с вкладышами (рис.5.3)

На рис.5.3 показан пример установки многокамерного ХРД, когда камера с одного края опирается на шпангоут (2), а с другого края через вкладыши (4) - на другие соседние камеры (3).

Такая конструкция допустима лишь тогда, когда на камерах имеются места, способные воспринять сосредоточенные усилия, сжимающие и растягивающие камеру. Характер нагружения виден на рис. 5.1, где знаком \oplus обозначены растягивающие вкладыши усилия, а знаком \ominus - сжимающие.



- R - тяга двигателя,
- D - диаметр отсека,
- R_1 - реакции опор,
- 1 - корпус,
- 2 - ферма

Рис. 4.2

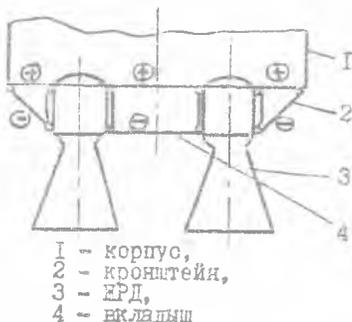
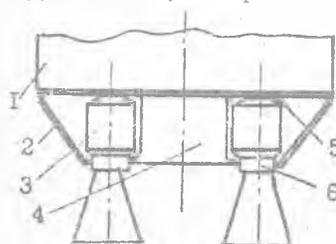


Рис. 5.1

Если такое нагружение камер не допустимо, то можно применить схему, показанную на рис.5.2.



- 1 - корпус,
- 2 - кронштейн,
- 3 - ХРД,
- 4 - вкладыш,
- 5 - крестовина,
- 6 - хомут.

Рис. 5.2

В этой схеме камера сосредоточенными силами не нагружается. Силы воспринимаются дополнительными элементами - крестовиной на камере и хомутом, охватывающим горловину камеры.

Вкладыш может иметь балочную монолитную конструкцию или ферменную сварную со стержнями (9) и узлами (8).

Крепление многокамерного ХРД с вкладышами

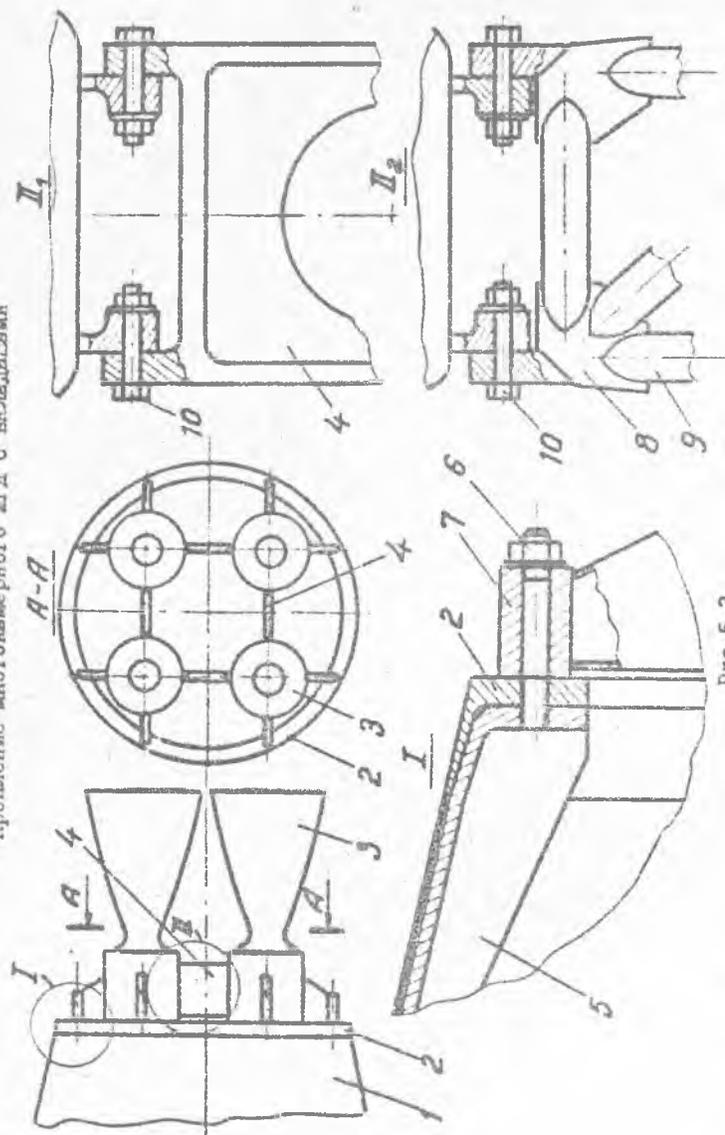


Рис.5.3

1 - корпус, 2 - штык, 3 - ХРД, 4 - вкладыш, 5 - фланец, 6 - крепеж, 7 - опора, 8 - узел формы, 9 - стержень формы, 10 - крепеж

6. Крепление многокамерного ЭРД на стержнях (рис.6.1)

Четыре камеры ЭРД связаны между собой балками (II) и диафрагмой (I3) в единый блок. Этот блок крепится на силовом шпангоуте (2) с помощью стержней (3). В этой схеме тяга каждой камеры передается только двум стержням, которые прикреплены к двум диаметрально расположенным узлам. Другая пара стержней служит лишь для восприятия боковых нагрузок и нагрузок при транспортировке.

На диафрагме (I3) может крепиться общий турбонасосный агрегат. Балки (II) могут быть заменены фермами.

7. Крепление многокамерного ЭРД на многостержневой ферме (рис.7.1)

Четыре камеры ЭРД объединены с помощью платформы (II) и колец (8), охватывающих каждую камеру. На каждом кольце и платформе имеются втулки, к которым крепятся и камеры, и концы стержней. Другие концы стержней крепятся к силовому шпангоуту. Все стержни работают от силы тяги на сжатие и не должны терять устойчивость. Эта схема имеет малую массу, но сложна в определении усилий в стержнях и в изготовлении.

8. Комбинированное крепление многокамерного ЭРД (рис.8.1)

В приведенной на рис.8.1 схеме крепления четырехкамерного ЭРД имеется два силовых конуса, прикрепленных к сферическому днищу бака. Один (внутренний) конус передает $1/3$ суммарной тяги четырех камер, другой конус — остальные $2/3$ суммарной тяги. Оба конуса крепятся фланцами к шпангоутам, вваренным в днище бака. И внутренний и наружный конус представляют собой оболочки с подкреплениями типа ребер или стрингеров. На внешнем конусе в месте крепления ЭРД имеются фитинги (20), служащие для превращения сосредоточенной силы в распределенную нагрузку. Сечения оболочки с подкреплениями подбирают из условия, что сжимающие напряжения не должны превышать местные и общие для оболочки критические напряжения.

Крепление многоконтурного ЗРД на стержнях

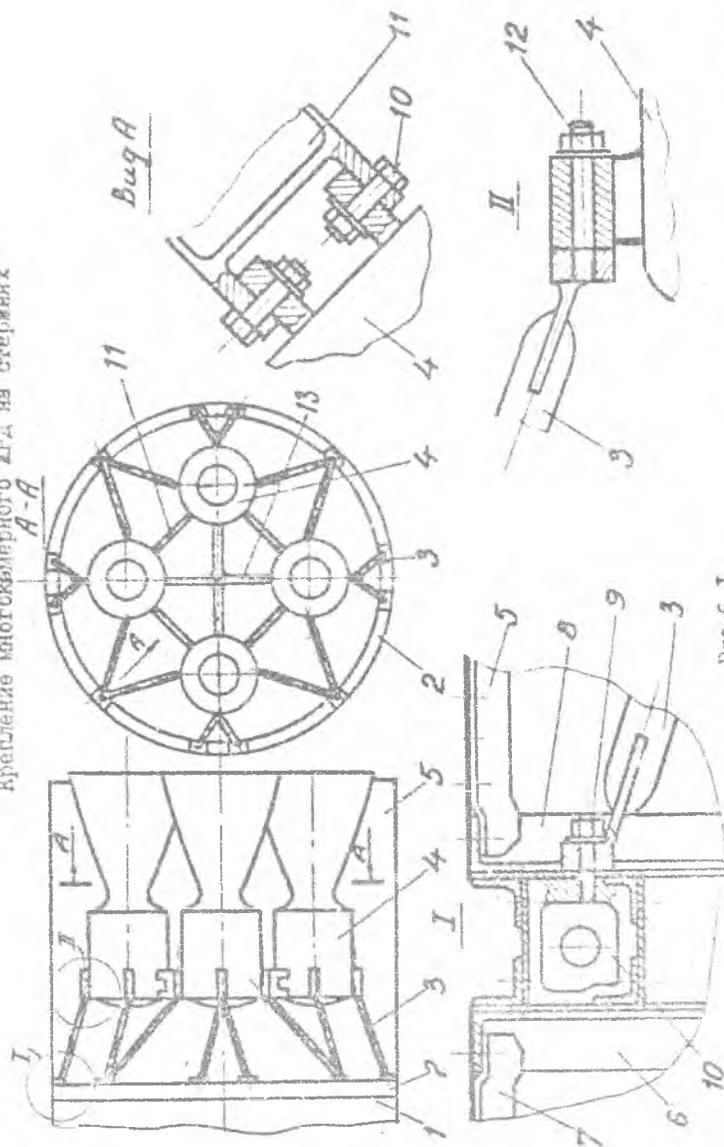


Рис. 6.1

I - корпус, II - силовой шпангоут, 3 - стержень, 4 - ЗРД, 5 - жесткой отсек, 6 - шпангоут, 7 - отстрел, 8 - шпангоут, 9 - крепеж, 10 - втулка, 11 - бабка, 12 - крепеж

Препление многокамерного ЖРД на многостержневой ферме

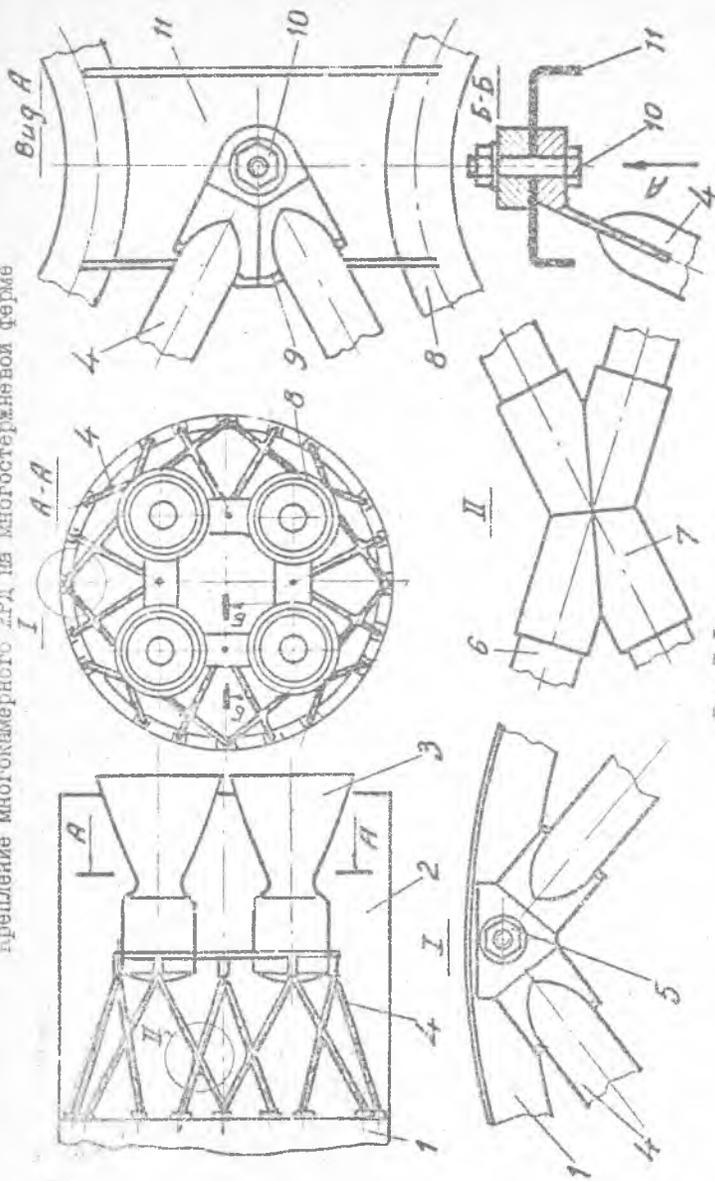


Рис. 7.1

1 - корпус, 2 - хвостовой отсек, 3 - ЖРД, 4 - ферма, 5 - крепеж, 6 - стержень фермы, 7 - фитинг фермы, 8 - кольцо, 9 - фитинг, 10 - крепеж, 11 - платформа

Комбинированное крепление многомерного ЭРД

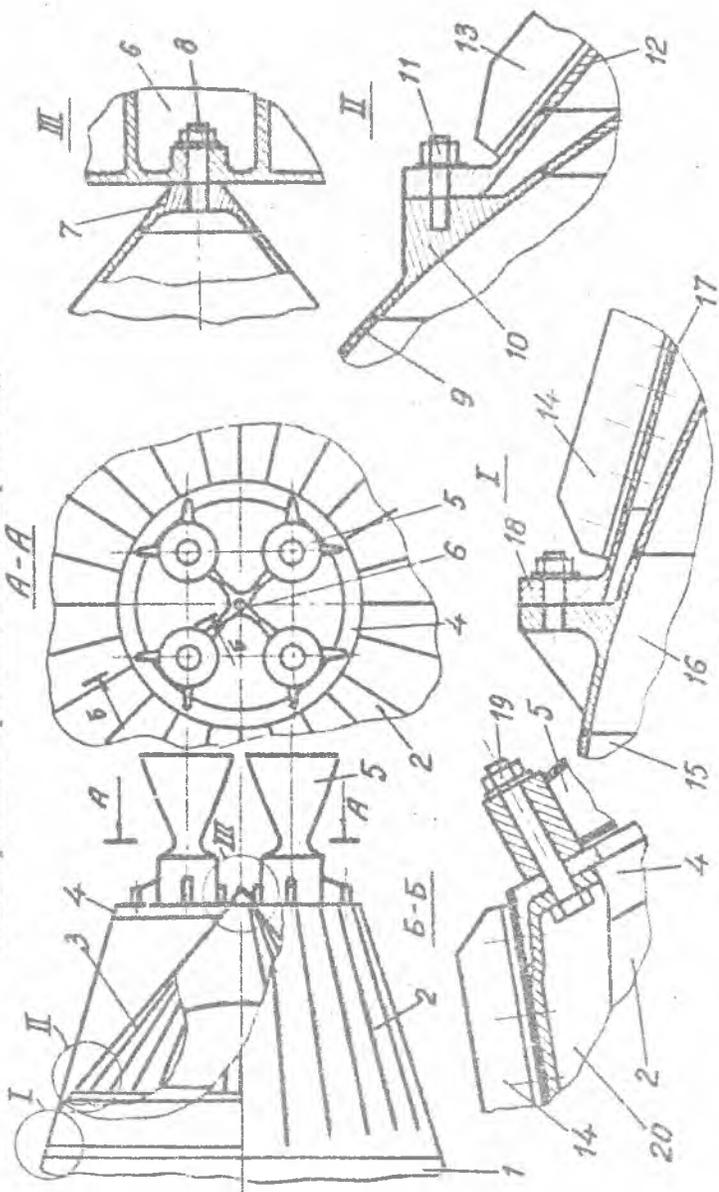


Рис.8.1

I - корпус, 2 - оловый конус, 3 - конус, 4 - шпандут, 5 - ЭРД, 6 - крестовина, 7 - опора, 8 - крепеж, 9 - обложка бака, 10 - шпандут, II - крепеж, 12 - обливка конуса, 13 - стрингер, 14 - стрингер, 15 - оболочка, 16 - шпандут, 17 - обливка, 18 - шпандут, 19 - крепеж, 20 - фитинг

9. Ферменное крепление поворотных ХРД

9.1. Вариант № 1 (рис.9.1)

В показанном на рис.9.1 варианте поворотная относительно одной оси камера наружной цапфой крепится на шпангоуте (8) с фитингом, внутренней - на упрочненной ферме - перекрестных стержнях (2). С фитинга усилие передается на силовое кольцо (1). На это же кольцо на вкладыши (9) передаются усилия от внутренних цапф камер. Кронштейн (4) крепит цапфу двигателя на шариковом, роликовом или игольчатом подшипнике. Появляющиеся боковые усилия от стержней фермы воспринимаются частично изгибом стержня, частично кронштейном (4) и корпусом камеры двигателя (5).

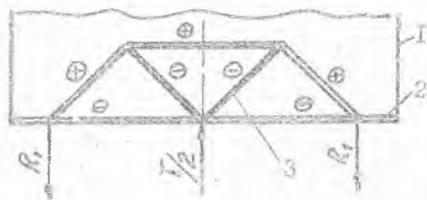
Все стержни работают на сжатие, поэтому они не должны терять устойчивость.

При отклонении камер на цапфах в местах крепления появляются изгибающие моменты, которые воспринимаются: снаружи - фитингом и шпангоутом, изнутри - изгибом подходящих к пяте кронштейна стержней. Изгиб можно уменьшать за счет уменьшения высоты кронштейнов, а во внутреннем креплении полностью их уничтожить, если предусмотреть пересечение стержней не на подошве кронштейна, а на оси цапфы.

9.2. Вариант № 2 (рис.9.2)

В этом варианте крепления поворотных ХРД внешняя цапфа камеры крепится на фитинге (4) и шпангоуте (5), а внутренняя цапфа - на ферме (1), состоящей из четырех плоских ферм, передающих усилия от внутренних цапф на две опоры на шпангоуте (5) и фитинги (11). Нагружение каждой плоской фермы показано на рис.9.2. На этом рисунке знаком \oplus обозначены растянутые стержни, знаком \ominus - сжатые.

Ферма будет достаточно прочна, если растянутые стержни не потеряют прочности на разрыв, а сжатые - не потеряют устойчивости.



- T - тяга одной камеры,
- R - реакция опоры,
- 1 - корпус
- 2 - шпангоут,
- 3 - ферма

Рис.9.2

Ферменное крепление поворотного ИРД (Фигурант № I)

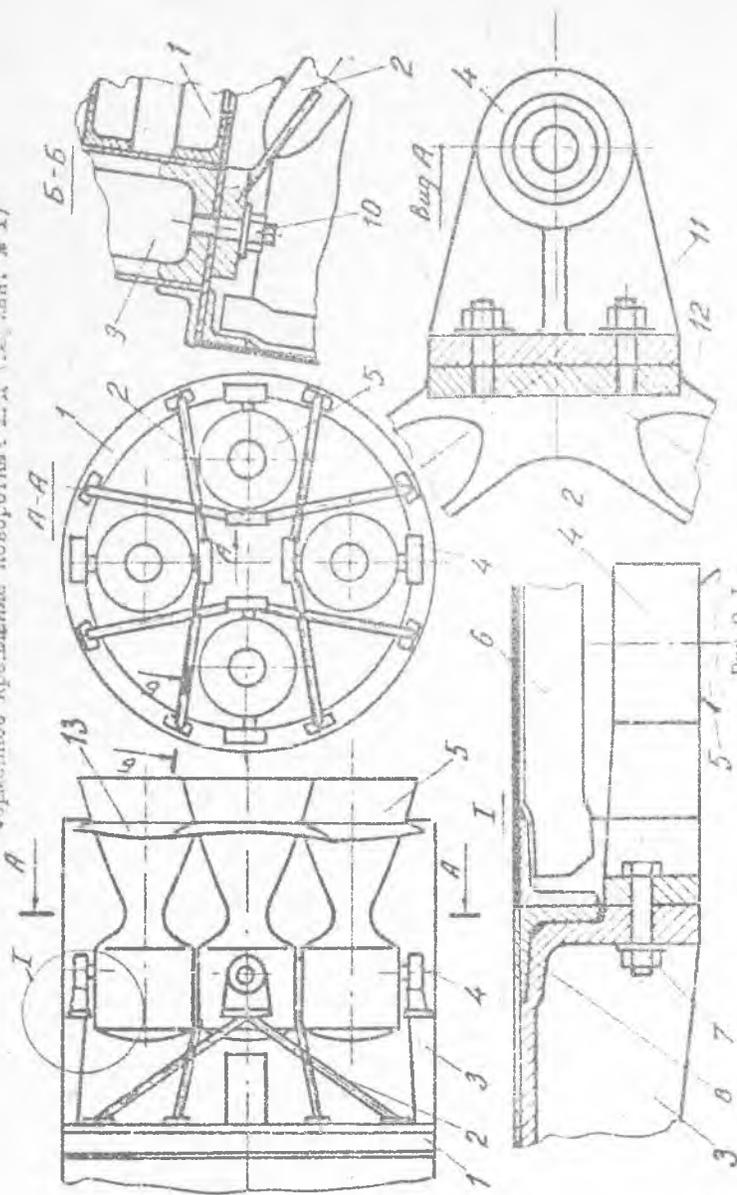


Рис. 9.1

I - силовой шпигрут, 2 - ферма, 3 - фитинг, 4 - кронштейн, 5 - ИРД, 6 - стрингер, 7 - кренев, 8 - шпигрут, 9 - фитинг, 10 - кренев, 11 - кренев, 12 - яма, 13-фергук

Ферменное крепление повторных ХРД (Вариант №2)

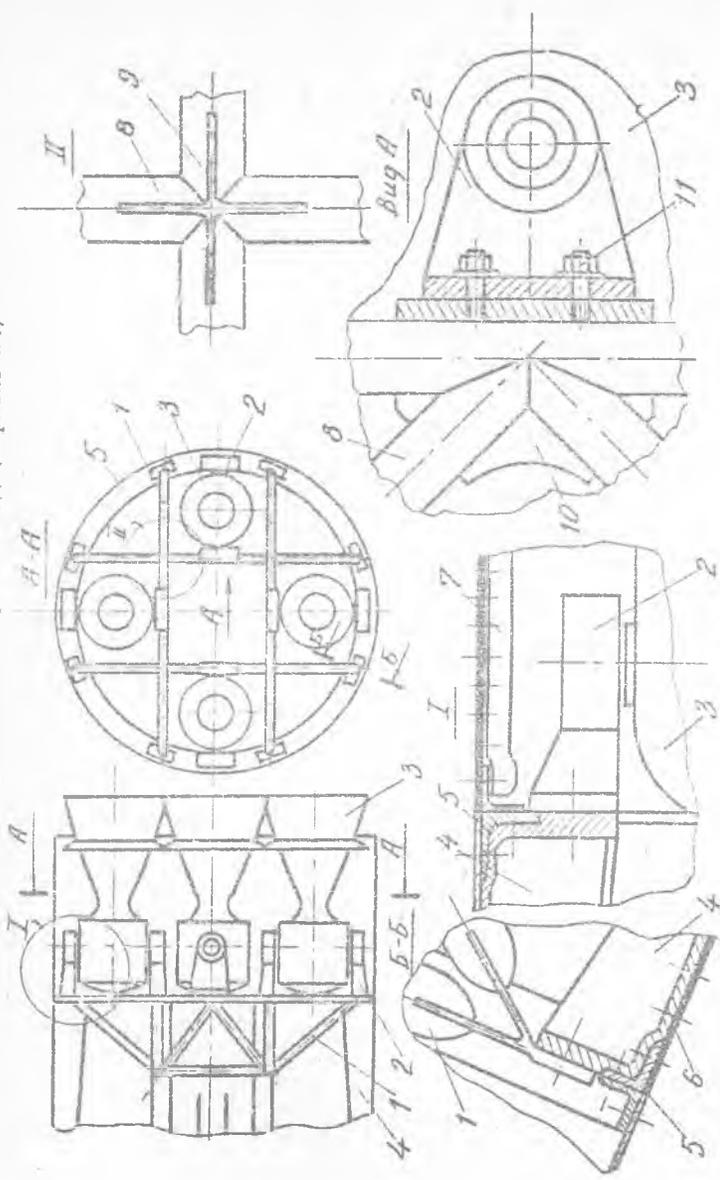


Рис. 9.3

1 - ферма, 2 - крошечки, 3 - ХРД, 4 - фланг, 5 - шпайрут, 6 - обкладка, 7 - стержень, 8 - стержень формы, 9 - пластина, 10 - пластина, II - креп

10. Крепление поворотных ЭРД в силовом кольце (рис.10.1)

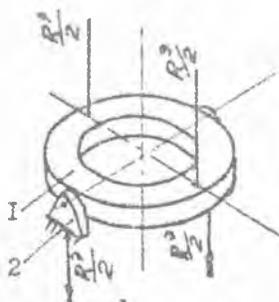
В схеме ракеты с большим количеством (12...36) поворотных ЭРД и со сферическим баком удобно размещать двигателя (2) в силовом кольце, которое представляет собой набор колец-шпангоутов (4,9,14), обшивок (5), стенок и других элементов силовой стрингерной конструкции. Внутри этого кольца на кронштейнах (7) крепятся в цапфах поворотные ЭРД. Каждый кронштейн воспринимает половину тяги ЭРД и передает ее на шпангоут корпуса (3). Кронштейны должны воспринимать усилия от ЭРД с учетом их искривления в цапфах.

Донная часть закрыта теплозащитой (10). Щель между фартуком бака двигателя (18) закрыта герметизирующей прокладкой (19).

Это же кольцо может иметь опоры для установки на стартовое устройство

11. Крепление ЭРД в карданном подвесе (рис.11.3)

Основной деталью карданного подвеса ЭРД является полое кольцо (2), в котором заосцелены цапфы двигателя (1). На кольце имеются цапфы крепящиеся в кронштейне (9), который крепится на ферме (3). Расчетная схема кольца показана на рис.11.1.



R^2 - тяга ЭРД.

1 - кольцо.

2 - кронштейн

Рис.11.1

Условиями прочности кольца являются неравенства

$$\sigma^p \leq \sigma_B ; \tau^p \leq \tau_B$$

где $\sigma^p = f \sigma^B$ - расчетные напряжения в кольце от изгиба,

f - коэффициент безопасности,

$\sigma^B = \frac{M^B}{W}$ - максимальные эксплуатационные нормальные напряжения от изгиба,

$M^B = \frac{R^2 D}{8}$ - изгибающий момент,

R^2 - тяга двигателя,

D - средний диаметр кольца,

W - момент сопротивления сечения кольца.

Крепление поворотных ЖРД в силовом кольце

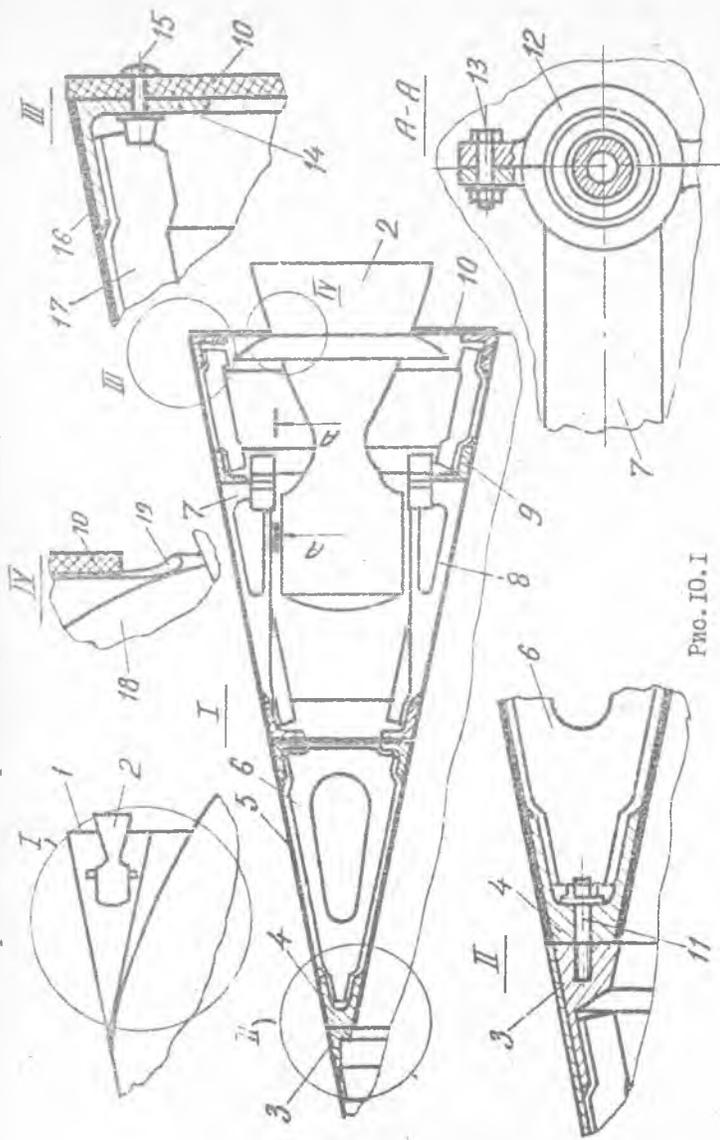


Рис. 10. I

I - силовое кольцо, 2 - шпангоут, 3 - шпангоут, 4 - шпангоут, 5 - обшивка, 6 - диаметр, 7 - кронштейн, 8 - кронштейн, 9 - шпангоут, 10 - шпангоут, 11 - крепеж, 12 - хомут, 13 - крепеж, 14 - шпангоут, 15-крепеж, 16 - обшивка, 17 - стрингер, 18 - фердук, 19 - герметизация

σ_B - временное сопротивление разрыву материала кольца,
 $Q^P = f \tau^2$ - расчетные касательные напряжения в кольце,

$\tau^2 = \frac{Q^2 S}{J \delta}$ - максимальные касательные напряжения в кольце,

$Q^2 = \frac{R^2}{4}$ - перерезывающая сила,

S - статический момент отсеченной части площади сечения кольца,

J - момент инерции сечения кольца,

$\tau_B = 0,6 \sigma_B$.

Цапфы двигателя и кольца крепятся на подшипниках качения (шариковых, роликовых, игольчатых и т.п.).

С точки зрения улучшения управления поворотом камеры наиболее удачным решением является тот случай, когда оси цапф камеры и кольца пересекаются в одной точке. Однако при этом кольцо получается громоздким и чрезмерно нагруженным. Возможна другая конструкция, схема которой показана на рис. II.2. В этой схеме нет на кольце цапф, поэтому кольцо не нагружается крутящим моментом.



- 1 - карданное кольцо,
- 2 - вилка крепления кольца,
- 3 - кронштейн крепления двигателя

Рис. II.2

12. Ферменное крепление ЭРД с двумя степенями свободы (рис. 12.1)

При слишком большом расстоянии между местами крепления двигателя допустимо крепление цапф двигателя на ферме (4), которая может поворачиваться относительно другой оси, которая крепится в кронштейнах, закрепленных на корпусе или на баках. Эта конструкция особенно хороша при креплении двигателя внутри кольцевого или торового бака. Цапфы двигателя и сама ферма крепятся в подшипниках качения. Для управления поворотом камеры требуются две рулевых машинки. Одна вращает камеру относительно фермы, другая — ферму относительно корпуса.

Подбор сечений конструкции ведется по действующей нагрузке с учетом того, чтобы растянутые стержни сохраняли прочность на растяжение, а сжатые не должны терять устойчивость.

Ферменное крепление ХРД с двумя степенями свободы

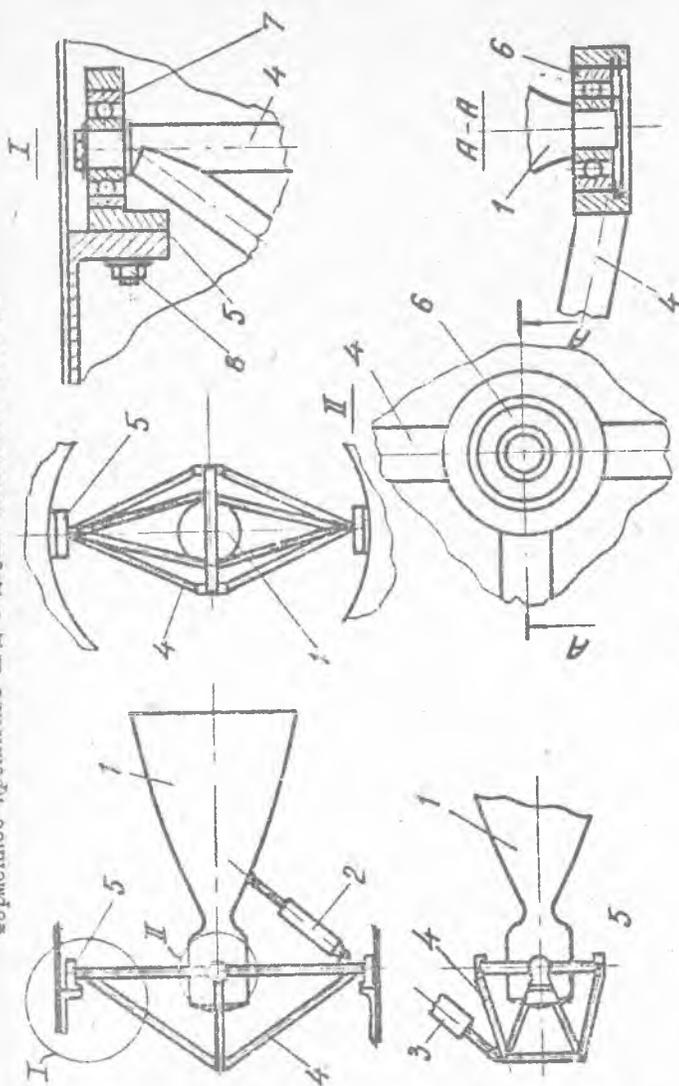


Рис. 12, I

1 - ХРД, 2 - рулевая машинка, 3 - рулевая машинка, 4 - ферма, 5 - кронштейн, 6 - подшипник, 7 - подшипник, 8 - крепек

13. Крепление ХРД в малом кардане

13.1 Вариант № I (рис. 13.1)

На рис. 13.1 показана конструкция крепления ХРД в малом кардане, основой которого служит кольцо (4). Такая конструкция отличается малыми габаритами и малой массой. Наиболее нагруженным элементом является кольцо (4), в котором закреплен хвостовик камеры (7). Для уменьшения габаритов крепления используются подшипники скольжения с бронзовыми втулками (12). Диаметр двухсрезного болта (6) выноиракт исходя из условия

$$\tau^p \leq \tau_B,$$

где $\tau^p = f \tau^3$ - расчетное касательное напряжение в болте,
 f - коэффициент безопасности,

$$\tau^3 = \frac{R^3}{2F} - \text{напряжение среза болта,}$$

R^3 - тяга двигателя,

$$F = \frac{\pi d^2}{4} - \text{площадь сечения болта,}$$

d - диаметр болта,

$$\tau_B = 0,6 \sigma_B$$

σ_B - временное сопротивление разрыву материала болта.

Размеры кольца (толщина и высота) определяются из условия смятия болта и кольца. Кроме того необходимо учитывать имеющиеся напряжения изгиба.

Управляют положением камеры две рулевые машинки. Одна РМ (8) поворачивает кольцо относительно кронштейна (3), другая РМ (2) - двигатель в кольцо.

Размеры рычагов управления определяются усилиями, которые могут развивать рулевые машинки.

Крепление БРД в малом жерде (Версигт № 1)

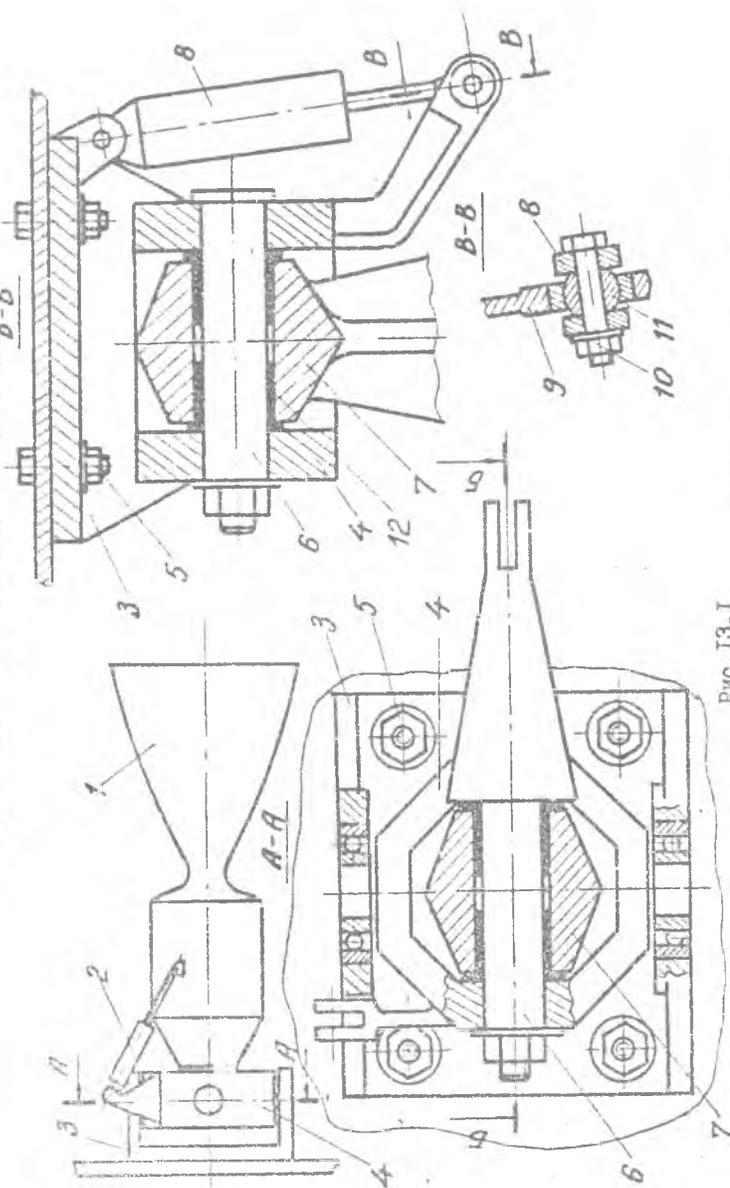


Рис. 13.1

1 - БРД, 2 - рулевая машинка, 3 - кронштейн, 4 - кольцо, 5 - крепеж, 6 - болт, 7 - хвостовик кэмэры, 8 - рулевая машинка, 9 - рычаг, 10 - крепеж, 11 - шаровой подшипник, 12 - подшипник скольжения

13.2. Вариант № 2 (рис.13.2)'

В приведенной на рис.13.2 конструкции крепления ЖРД основным силовым элементом является серьга (4), в которой на двухсрезном болте (8) крепится хвостовик ЖРД, а сама серьга вилкой и четырехсрезным болтом (10) в кронштейне (3). Для уменьшения габаритов применены подшипники скольжения.

Диаметры болтов выбираются из условия, что

$$\tau^P \leq \tau^B$$

где $\tau^P = f \frac{R^2}{K \mathcal{F}}$ - расчетное касательное напряжение в болте,

f - коэффициент безопасности,

R^2 - тяга двигателя,

K - количество срезов болта,

$\mathcal{F} = \frac{\pi d^2}{4}$ - площадь сечения болта,

d - диаметр болта,

$$\tau_B = 0,66 \sigma_B$$

σ_B - временное сопротивление разрыву материала болта.

Ширина проушины выбирается из условия, что

$$\sigma_{CM}^P \leq [\sigma_{CM}],$$

где $\sigma_{CM}^P = \int \frac{R^2 l}{K \mathcal{F}_{CM}}$ - расчетное напряжение смятия,

$\mathcal{F}_{CM} = hd$ - площадь смятия.

h - ширина проушины,

$[\sigma_{CM}] = 0,2 \sigma_{B.M}$ - допустимое напряжение смятия,

$\sigma_{B.M}$ - наименьшее для двух сопрягаемых деталей временное сопротивление разрыву материала.

Управление поворотом камеры осуществляется двумя рулевыми машинками. Одна соединяет кронштейн (3) с камерой, другая - серьгу с камерой.

Такая конструкция крепления ЖРД допустима при малых углах отклонения ($3^\circ \dots 5^\circ$), т.к. из-за того, что оси вращения не пересекаются, то поворот одной машинкой камеры ведет к небольшому повороту камеры относительно другой оси.

Крепление ЖД в малом корпусе (Вариант № 2)

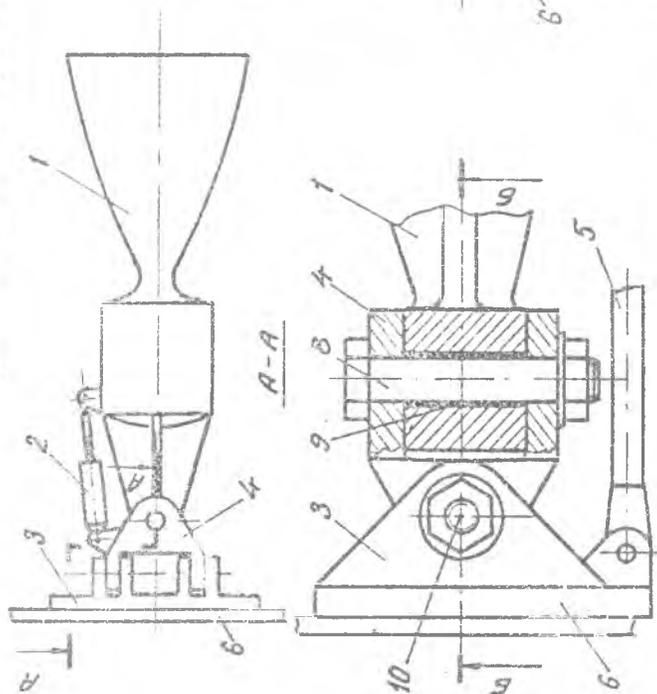


Рис. 13.2

1 - ЖД, 2 - рулевая машинка, 3 - кронштейн, 4 - серьга, 5 - рулевая машинка, 6 - корпус, 7 - крепеж, 8 - болт, 9 - втулка, 10 - болт, 11 - втулка

13.3. Вариант № 3 (рис.13.3)

Представленная на рис.13.3 конструкция крепления ЖРД обладает наименьшими габаритами и наименьшей массой. Кроме того, эта конструкция проще, чем в 1 и 2 вариантах. Основой конструкции является деталь (3) с четырьмя проушинами, в которые вкладываются пальцы (5) и (7). За счет небольших габаритов на деталь (3) действуют сравнительно небольшие изгибающие моменты. Размеры пальцев и детали (3) определяются, исходя из допустимости возникающих в конструкции напряжений смятия и среза.

Одна рулевая машинка крепится к камере и к детали (3), другая - к камере и к кронштейну (2). При этом оси рулевых машинок должны пересекаться с соответствующими пальцами (5) и (7).

14. Шаровое крепление ЖРД (рис.14.1)

Представленная на рис.14.1 конструкция шарового крепления ЖРД пригодна и успешно осуществлена для двигателей с большой тягой.

Шаровое крепление представляет собой сферический наконечник камеры (7), который прижимается к вкладышу (9). Для уменьшения трения в зазоре между наконечником и вкладышем устанавливаются элементы скольжения:

- бронзовая смазываемая прокладка,
- пористая самосмазывающаяся прокладка,
- трехслойная прокладка (металл (11) + маталлорезина (13) + фторопласт (12)),
- насыпной подшипник без сепаратора с расположенными в зазоре шариками (14).

Для предотвращения проворачивания камеры относительно ее продольной оси в наконечник ввернуты пальцы (10), находящиеся в прорезях вкладыша и корпуса (4).

Две рулевые машинки крепятся к камере и к корпусу ракеты в двух взаимноперпендикулярных плоскостях.

15. Двигатель-"утопленник" (рис.15.1)

Размещение двигателя в хвостовой части ракеты приводит к появлению больших незаполненных объемов (если отсек негерметичен). Этот недостаток может быть ликвидирован, если двигатель поместить не в хвостовом отсеке, а в баке.

Крепление ХРД в малом кардане (Вариант № 3)

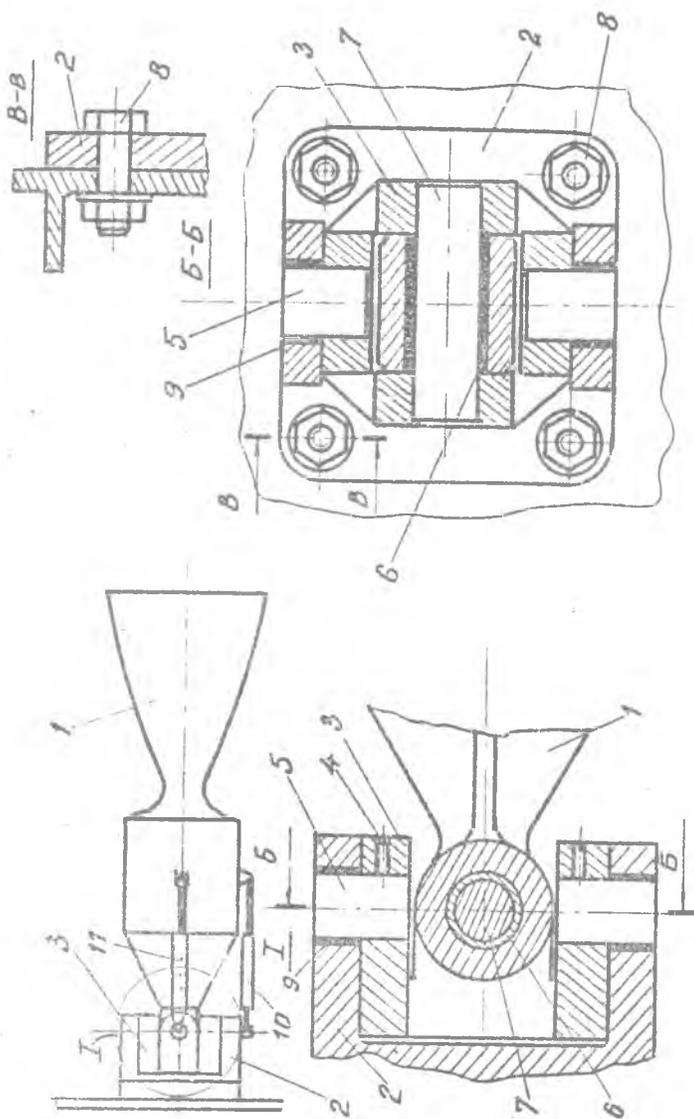


Рис. 13.3

I - ХРД, 2 - кронштейн, 3 - деталь, 4 - винт, 5 - ось, 6 - втулка, 7 - ось, 8 - крепек, 9 - втулка, 10 - рулевая машинка, II - рулевая машинка

Шаровое крепление ЖРД

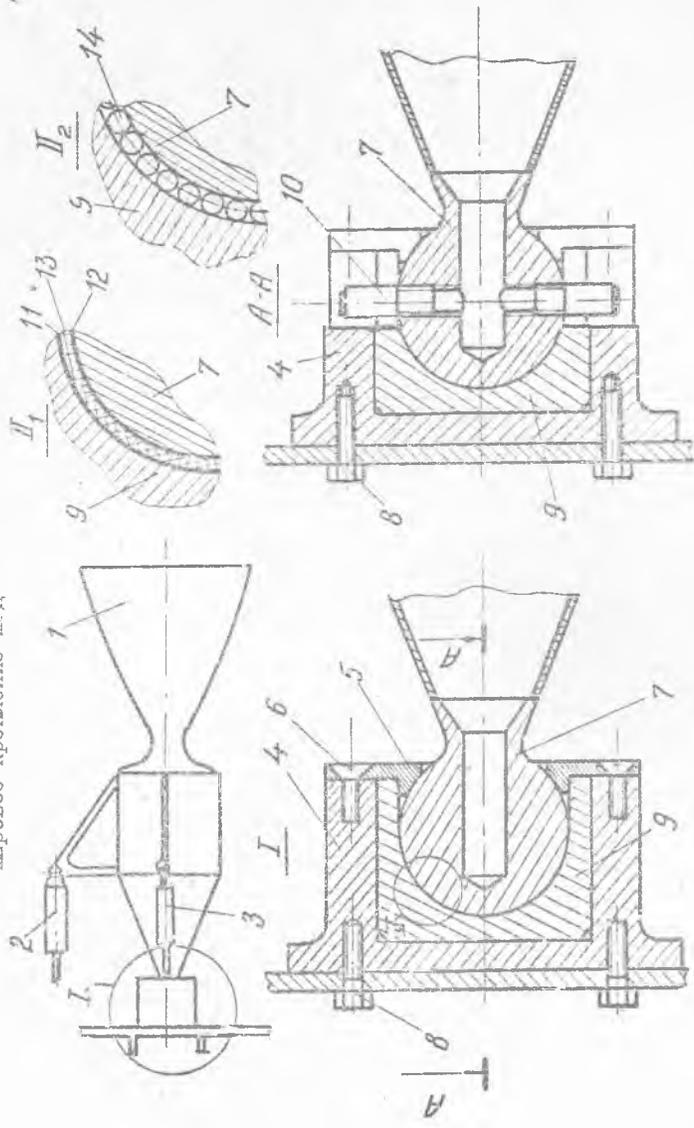


Рис.14.1

I - ЖРД, 2 - рулевая машинка, 3 - рулевая машинка, 4 - кронштейн, 5 - крышка, 6 - винт, 7 - сферический наконечник, 8 - крепеж, 9 - вкладыш, 10 - палец, II - металлический лист, 12 - фторопласт, 13 - металлорезина, 14 - шарик

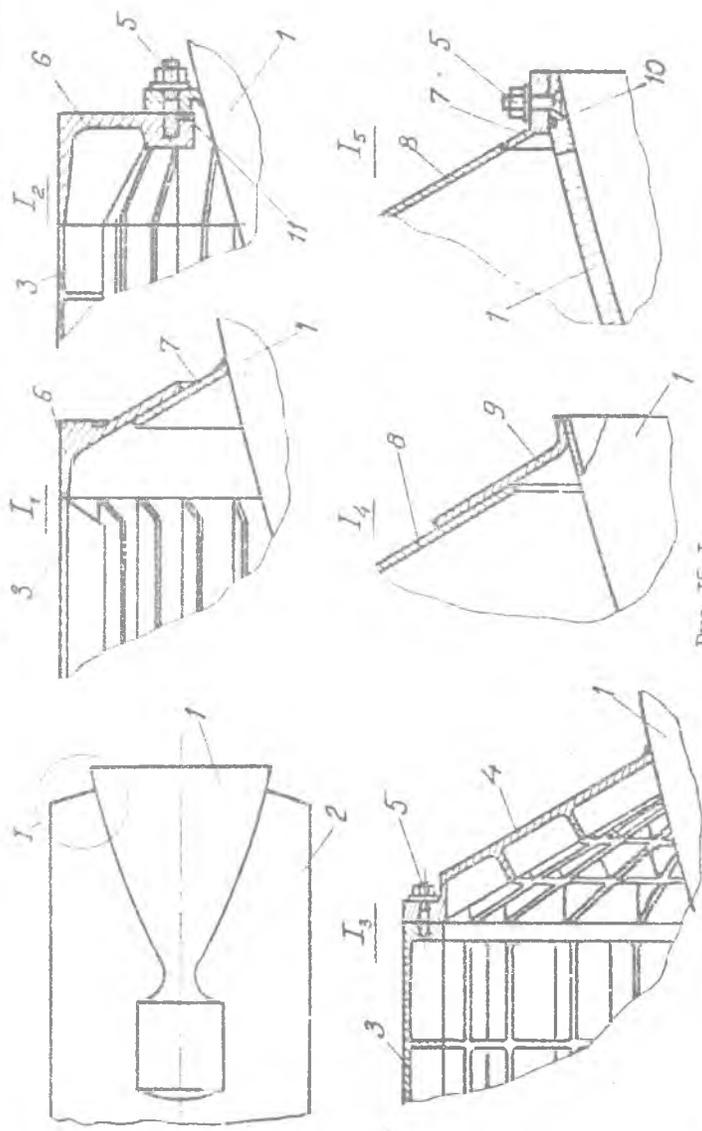


Рис. 15.1

I - солено двигателя, 2 - корпус ракеты, 3 - обложка корпуса, 4 - днище, 5 - крепление, 6 - шланг, 7 - фартук, 8 - алюминиевый лист биметалла, 9 - стальной лист биметалла, 10 - герметизация, II - герметизация

Основной проблемой создания такой конструкции является решение вопроса герметичного соединения сопла двигателя и корпуса ракеты. На рис.15.1 представлены некоторые варианты таких соединений:

- I_1 - шпангоут (6) из алюминиевого сплава сварить диффузионной сваркой со стальным фартуком (7), который затем приварить к соплу двигателя. Затем шпангоут (6) приваривается к корпусу ракеты (3);
- I_2 - фланец на двигателе герметично прикрепляется к торцевому шпангоуту корпуса (6);
- I_3 - фланец на двигателе представляет собой днище (4), герметично закрепляемое на корпусе (3);
- I_4 - использование биметалла. Слой (8) из алюминиевого сплава приваривается к корпусу ракеты, а слой (9) из стали - к соплу двигателя;
- I_5 - герметичное телескопическое соединение сопла и окантовки днища.

16. Крепление ЖРД в нише (рис.16.1)

Применение двигателя-"утопленника" хотя и дает преимущества в полноте компоновки, однако вызывает и массу трудностей, особенно в эксплуатации (при проверке ЖРД, при замене ЖРД и т.п.). Для устранения этих недостатков двигатель помещают в нише, свободной от топлива.

Ниша представляет собой отсек, имеющий днище (9) и обечайку (7), подкрепленную ребрами или шпангоутами (6). Двигатель может крепиться за сопло (I_1 , I_2) к днищу или к доньшку ниши (I_3).

17. Герметизация поворотных камер (рис.17.1)

Зазор между донной защитой и соплом необходимо герметизировать для устранения попадания пламени внутрь хвостового отсека.

На рис.17.1 показаны несколько примеров осуществления герметизации:

- герметизация за счет прижатия асботкани (5) пружинками (4) к фартуку (3) на сопле двигателя,
- герметизация с помощью резиновой прокладки (13),
- герметизация с помощью резиновой прокладки с двумя валиками,
- герметизация с помощью металлической мембраны (8),
- герметизация с помощью герметизирующей ткани (10),
- герметизация с помощью лабиринта - профиля с каналами (11).

Герметизация поворотных камер

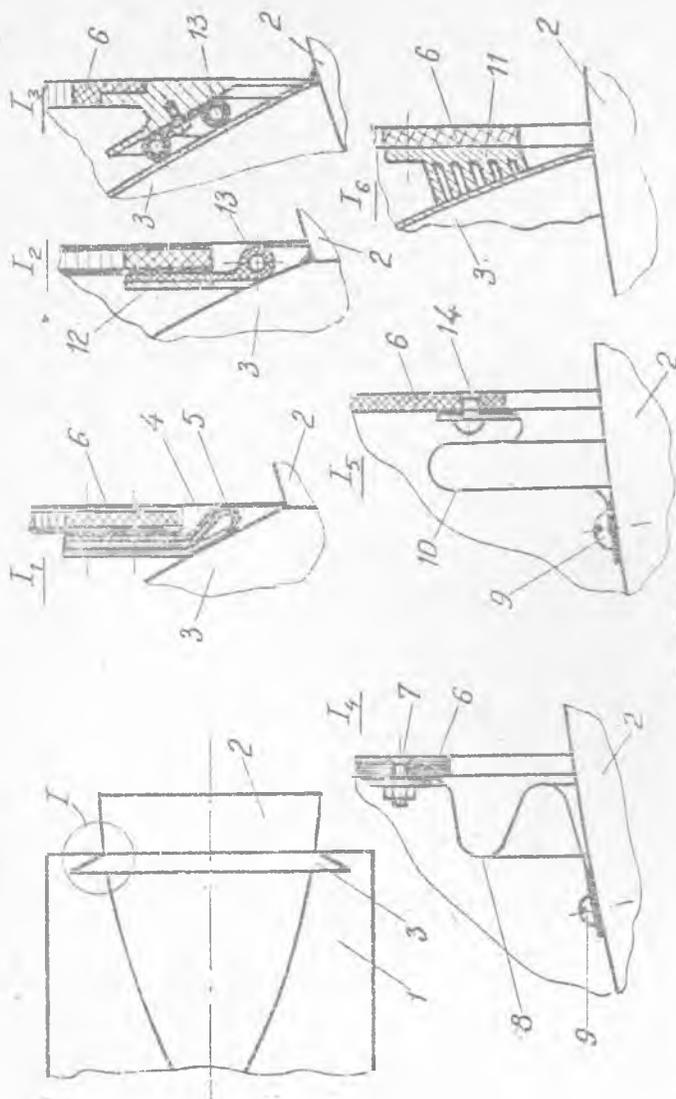


Рис. 17.1

I - хвостовой отсек, 2 - сыплю двигатель, 3 - фетр, 4 - пружина, 5 - асбестовый, 6 - донная защита, 7 - крепеж, 8 - межстрана, 9 - крепеж, 10 - ткань, 11 - лабиринт, 12 - клапан, 13 - резиновый профиль, 14 - заклепка

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
Предисловие	3
I. Ферменное крепление однокамерного ЖРД.	5
2. Жесткое крепление однокамерного ЖРД.	5
3. Крепление ЖРД на крестовине	8
4. Крепление многокамерного ЖРД на ферме ..	8
5. Крепление многокамерного ЖРД с вкладными шами	11
6. Крепление многокамерного ЖРД на стерж- нях	13
7. Крепление многокамерного ЖРД на много- стержневой ферме	13
8. Комбинированное крепление многокамер- ного ЖРД	13
9. Ферменное крепление поворотных ЖРД ...	17
9.1. Вариант № 1	17
9.2. Вариант № 2	17
10. Крепление поворотных ЖРД в силовом кольце	20
II. Крепление ЖРД в карданном подвесе	20
12. Ферменное крепление ЖРД с двумя степе- нями свободы	24
13. Крепление ЖРД в малом кардане	26
13.1. Вариант № 1	26
13.2. Вариант № 2	28
13.3. Вариант № 3	30
14. Шаровое крепление ЖРД	30
15. Двигатель-"утопленный"	30
16. Крепление ЖРД в нише	34
17. Герметизация поворотных камер	34

По. писано к печати 20 . 09 . 91 . Формат 60x84¹/16
Бумага оберточная белая. Печать офсетная. Усл. п. л. 2,2
Уч.-изд. л. 2,2 Т. 50 экз. Заказ № 139000.
Бесплатно,

Уч-к оперативной полиграфии Самарского авиационного
института. 443001, г. Самара, ул. Ульяновская, 18