

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР  
Кузбшевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ГОЛОВНЫЕ ЧАСТИ РАКЕТ  
(Иллюстративный материал по курсу "Конструкция  
и проектирование ДА")

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

Кузбшев 1990

Автор-составитель и исполнитель

иллюстраций - доц. Юмашев Л.П.

УДК 629.7

Головные части ракет (Иллюстративный материал по курсу "Конструкция и проектирование ДА"): Методические указания / Авт.-сост. Л.П.Юмашев; Куйбыш. авиацион.-т. Куйбышев, 1989, 28 с.

Приводится иллюстративный материал по конструкции отдельных головных частей ракет. К каждой иллюстрации дается краткое описание конструкции, нагрузок, действующих на элементы и указываются материалы, используемые в конструкции.

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.

Подписано в печать 11.07.89. Формат 60x84<sup>1</sup>/16.

Бумага оберточная белая. Печать офсетная. Усл. п. л. 2,2.

Уч.-изд. л. 2,2. Т. 59 экз. Заказ № 1200.

Бесплатно.

47

---

Уч-к оперативной полиграфии Куйбышевского авиационного института. 443001. г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.

## Предисловие

Головные части ракет (ГЧ), предназначенные для размещения в них и доставки к цели боевых частей (БЧ), проектируются с учетом требований, предъявляемых к такому виду конструкций:

- головные части - отделяемые;
- головная часть может входить в плотные слои атмосферы с любым углом атаки ( носиком вперед, доньшком или боком);
- для скрытности подхода к цели ГЧ в конце полета должна иметь как можно большую скорость;
- форма ГЧ должна обеспечивать малые температурные потоки к ней, малое сопротивление и достаточную аэродинамическую устойчивость при полете в плотных слоях атмосферы;
- ГЧ должны быть рассчитаны на большие перегрузки, возникающие при входе в плотные слои атмосферы;
- материалы, применяемые в конструкции ГЧ, должны обеспечивать достаточную прочность;
- отсеки ГЧ должны быть герметичными;
- ГЧ должна обладать наибольшим объемом для размещения БЧ и иметь такую форму, которая обеспечивала бы минимум пустот,

В методических указаниях приводятся эскизы конструкций отделяемых головных частей и их элементов. При этом на каждом рисунке дана принципиальная схема конструкции, а в выносках и сечениях - схемы узлов, расположение силовых элементов и деталей крепления. В описаниях к каждому рисунку даны пояснения работы конструкции и ее элементов, пути передачи усилий, простейшие зависимости для подбора сечений и особенности использования материалов в конструкции.

Приведено не всё многообразие конструктивных решений, однако приведенные схемы позволяют получить представление о работе конструкции, о назначении каждого элемента и способах передачи сил.

Данные методические указания имеют 13 основных рисунков и являются первой частью иллюстраций по конструкции ракет и ракетоносителей ИСЗ.

## 1. Формы головных частей

Формы головных частей определяют перегрузки при входе в плотные слои атмосферы, тепловые потоки и скорость подлета ГЧ к цели.

Максимальные продольные перегрузки практически не зависят от формы и массы ГЧ, а являются функцией лишь угла  $\Theta_E$  и скорости входа  $V_E$  в плотные слои атмосферы и могут быть вычислены по формуле

$$n_{x \max}^3 = 2,45 V_E^2 \sin \Theta_E,$$

где  $V_E$  - в км/с.

Баллистический коэффициент  $\sigma = \frac{C_{x0} S_M}{m_{ГЧ}}$ ,

где  $C_{x0}$  - коэффициент лобового сопротивления ГЧ,

$S_M$  - мидель ГЧ,

$m_{ГЧ}$  - масса ГЧ,

влияет лишь на высоту, на которой достигается максимальная продольная перегрузка (рис. I.1).

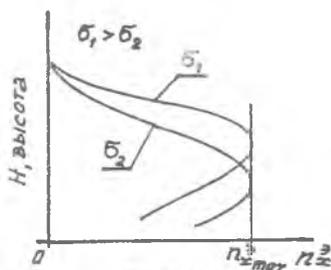


Рис. I.1

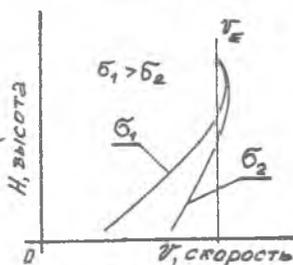


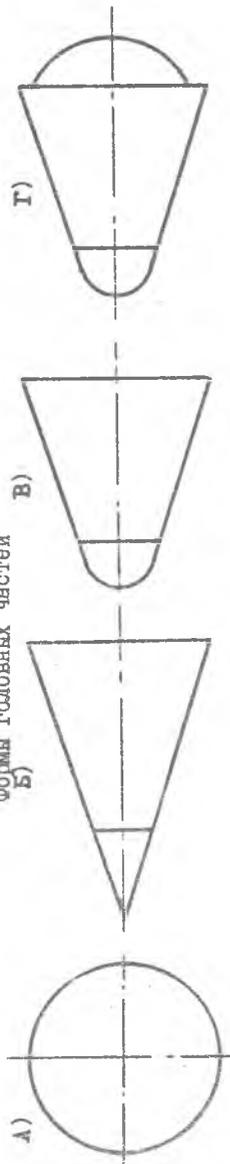
Рис. I.2

Величина баллистического коэффициента влияет и на скорость подхода ГЧ к цели (рис. I.2). С этой точки зрения наилучшие ГЧ - сферические (А) и с большим затуплением (Д), наилучшие - в виде "шурпа" (Ж) (рис. I.3.).

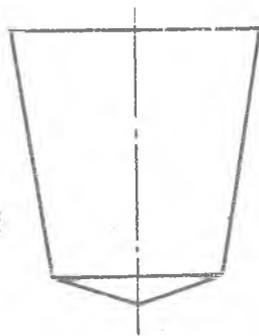
Степень статической устойчивости, т.е. расстояние между центром давления, определяемого формой ГЧ, и центром масс, также влияет на скорость подлета ГЧ к цели. ГЧ с большой степенью устойчивости быстрее устанавливается носиком по полету, особенно, если имеется сбрасываемый стабилизатор (Е). При этом полет происходит с меньшим лобовым сопротивлением и, следовательно, с меньшим торможением.

Интересно отметить, что отделяемые ГЧ с заостренными наконечниками применяются сравнительно редко, т.к. в первые же секунды полета в плотных слоях атмосферы острый нос сгорает и форма ГЧ становится затупленной.

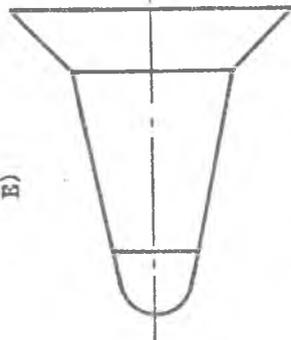
ФОРМЫ ГОЛОВНЫХ ЧАСТЕЙ  
Б)



Ж)



Б)



И)

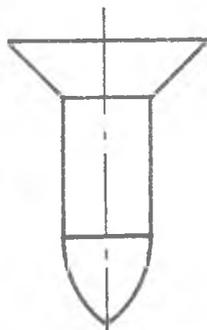


рис. I.3

А - сферическая, Б - коническая с заужением, В - коническая с заужением, Г - коническая с заужением и выгнутым дном, Д - коническая с большим заужением, Е - коническая с заужением и со сбрываемым стабилизатором, Ж - "пухляк"

## 2. Наконечник головной части (рис. 2.1)

Наконечник ГЧ является верхним ее отсеком. Наконечник воспринимает основную тепловую нагрузку и давление набегающего потока воздуха. Для обмазки наконечника (3) применяют сублимирующие материалы на основе графита, карбида кремния и т.п. с применением связующих материалов на основе фенольно-формальдегидной или эпоксидной смол.

Для механического крепления обмазки используются вкладыши (4), стержни (8), скобы (7) и т.п. К корпусу наконечника (10) и к вкладышам обмазка приклеивается или запрессовывается.

Наконечник крепится к стыковому шпангоуту корпуса ГЧ с помощью крепежных болтов (6). Герметизация обеспечивается применением герметизирующих прокладок или клея.

Корпус наконечника, так же, как и вкладыши (4) изготовлены из стали. Т.к. при входе в плотные слои атмосферы давление набегающего потока воздуха может проникнуть сквозь пористую теплозащиту, то корпус (9), имеющий сферическую форму, может потерять устойчивость. Толщину этого корпуса необходимо выбрать из условия

$$\sigma \leq \sigma_{кр.сф.};$$

где  $\sigma$  - напряжение сжатия в оболочке корпуса наконечника

$$\sigma = \frac{q_{max} R_{сф} K_H}{2\delta_c},$$

- $q_{max}$  - максимальный скоростной напор при входе ГЧ в плотные слои атмосферы,
- $R_{сф}, \delta_c$  - радиус и толщина сферической оболочки наконечника,
- $K_H$  - коэффициент, учитывающий демпфирование давления воздуха при проходе сквозь теплозащиту,
- $\sigma_{кр.сф.}$  - критическое напряжение сжатия для сферической оболочки.

Толщина теплозащитной обмазки определяется профилем полета, скоростью входа в плотные слои атмосферы, формой ГЧ и эффективной энтальпией теплозащитного материала. В приближенных расчетах максимальную толщину теплозащиты в носке можно определить по формуле

$$h_{max} = k_n \frac{v_E^2}{3Z} \cdot 10^2, \text{ м},$$

где  $k_n = 1,5 \dots 2$  - поправочный коэффициент,  
 $Z$  - эффективная энтальпия теплозащиты, кДж/кг.

Наконечник головной части

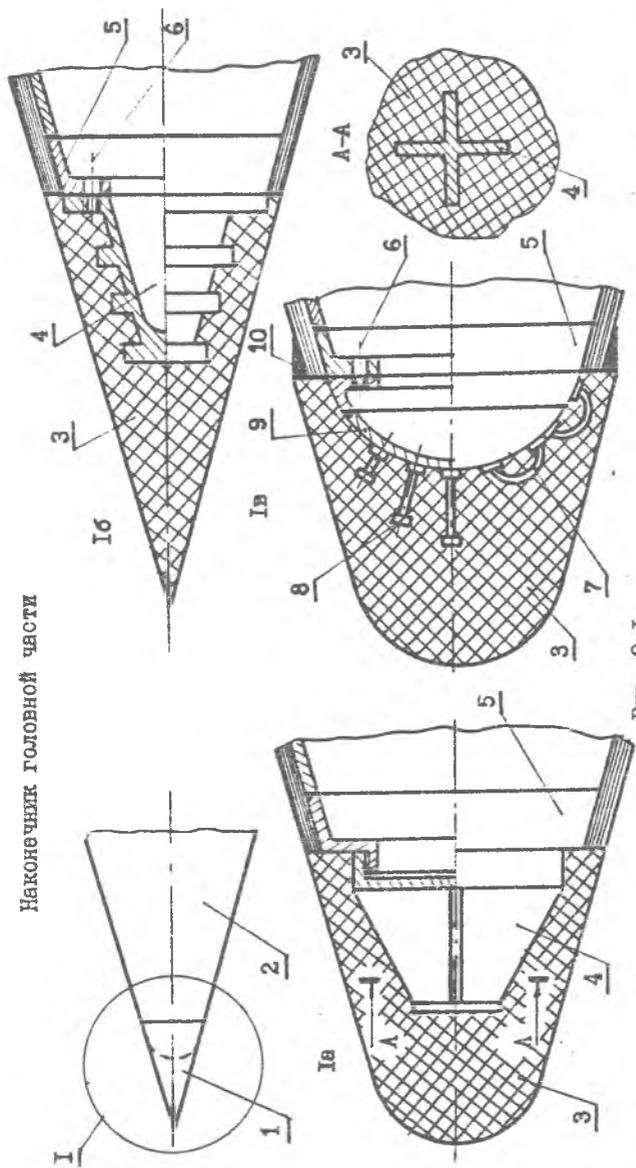


Рис. 2.1

1 - наконечник, 2 - корпус ГЧ, 3 - обмазка, 4 - вкладыш, 5 - стальной шлангсут, 6 - крепёж, 7 - арматура (лужки), 8 - арматура (стержни), 9 - корпус наконечника, 10 - заливка

### 3. Лобовой экран (рис.3.1)

Сильно затупленная форма ГЧ приводит к тому, что большая часть кинетической энергии при торможении ГЧ переходит в тепло нагрева набегающего потока воздуха при прохождении сквозь мощный отсоединенный скачок уплотнения, а меньшая часть - на нагрев и плавление экрана. Лобовой экран, изготовленный из меди, защищает конструкцию ГЧ в несколько этапов:

- 1 - излучение тепла с поверхности тела и поглощение тепла за счет нагрева материала экрана,
  - 2 - абляция материала (плавление и испарение) и излучение,
  - 3 - препятствие попаданию тепла от экрана(1) к корпусу (3).
- Уравнения теплового баланса могут быть представлены в виде:

- на 1 этапе -  $q_{\Sigma} = q_{изл.} + q_{погл.}$ ,

где  $q_{\Sigma} = \alpha(T_T - T_w)$  - конвективный тепловой поток, ккал/м<sup>2</sup>с,

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, ккал/м<sup>2</sup>с град,

$T_T = T_{\infty}(1 + 0,2M^2)$  - температура торможения,

$T_{\infty}$  - температура набегающего потока воздуха, К,

$M = \frac{V}{a}$  - число Маха,

$T_w$  - температура поверхности экрана,

$q_{изл.} = \epsilon \sigma T_w^4$  - тепловой поток излучения, ккал/м<sup>2</sup>с,

$\epsilon = 0,9 \dots 0,95$  - степень черноты,

$\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана,

$q_{погл.} = \lambda \frac{dT_w}{dx}$  - тепловой поток, идущий на нагрев экрана, ккал/м<sup>2</sup>с,

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности, ккал/м с град,

$x$  - координата, м,

- на 2 этапе -  $q_{\Sigma} = q_{изл.2} + q_{погл.} + q_{\phi}$ ,

где  $q_{изл.2} = \epsilon \sigma T_{\phi}^4$  - тепловой поток излучения, ккал/м<sup>2</sup>с,

$T_{\phi}$  - температура фазового превращения материала (плавления),

$q_{\phi} = \rho_3 z V_{\phi}$  - тепловой поток при абляции, ккал/м<sup>2</sup>с,

$\rho_3, z$  - плотность, кг/м<sup>3</sup>, и эффективная энтальпия меди, ккал/кг,

$V_{\phi}$  - скорость уноса массы, кг/с,

- на 3 этапе -  $q_{нагр.} = \frac{\lambda_{ти}}{\delta_{ти}} (T_{\phi} - T_k)$ ,

где  $q_{нагр.}$  - тепловой поток нагрева конструкции, ккал/м<sup>2</sup>с,

$\lambda_{ти}, \delta_{ти}$  - теплопроводность и толщина теплоизоляции, м,

$T_k$  - температура конструкции.

Лобовой экран

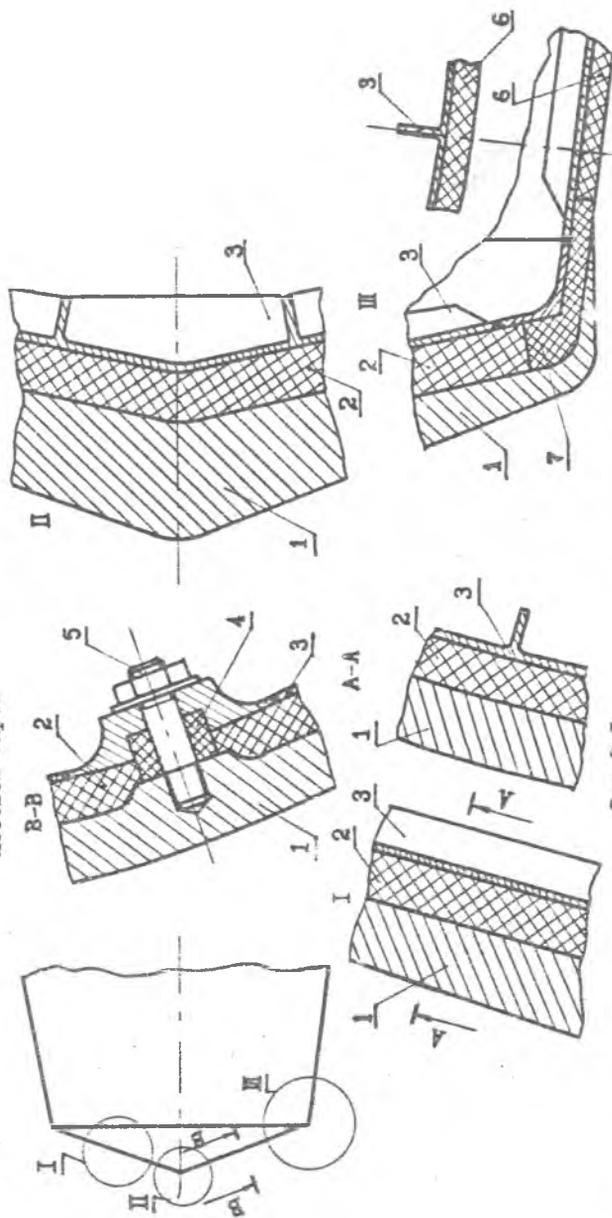


Рис.3.1

1 - лобовой экран, 2 - лобовая теплоизоляция, 3 - корпус, 4 - вкладыш, 5 - крепеж, 6 - боковая теплоизоляция, 7 - кольцевой вкладыш

#### 4. Теплозащита головной части

Вся поверхность отделяемой ГЧ покрыта теплозащитным материалом. Наиболее теплонапряженные части (наконечник, иногда и боковая поверхность) покрываются обмазкой на основе графита, карбида кремния или других сублимирующих материалов.

При входе в плотные слои атмосферы теплозащита работает на разных участках полета по-разному (рис.4.1):

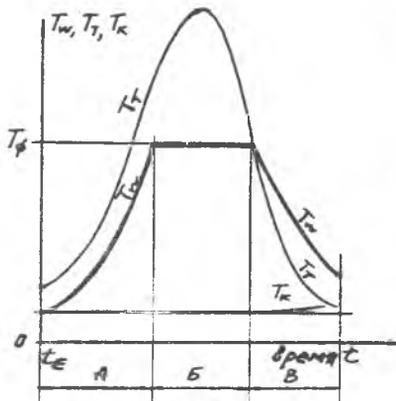


Рис.4.1

- $T_w$  — температура поверхности теплозащиты,
- $T_T$  — температура торможения,
- $T_\phi$  — температура фазового превращения покрытия,
- $T_K$  — температура конструкции,
- $t_E$  — время входа в плотные слои атмосферы.

- участок А — повышение температуры торможения и теплозащитного покрытия вплоть до достижения на поверхности теплозащиты температуры фазового превращения.
- участок Б — сублимация теплозащитного покрытия и уменьшение его толщины. Температура поверхности постоянна и равна  $T_\phi$ . Температура торможения увеличивается, а затем снижается, пока не прекратится сублимация теплозащиты.
- участок В — температура обуглившейся поверхности теплозащиты выше температуры торможения. Происходит снижение температуры теплозащиты. При этом часть тепла, накопленного теплозащитой, проникает к конструкции и повышает ее температуру.

Рис.4.1

На основе анализа работы тепло-

защиты на всех участках полета можно дать рекомендации:

- толщину теплозащитного покрытия (ТЗП) выбрать из предположения, что часть покрытия сгорает, а часть (5...8мм) остается в виде прококсованного, но не сгоревшего слоя,
- для предотвращения проникновения тепла к корпусу под сублимирующим слоем размещать слой теплоизоляции (14,8),
- для предотвращения попадания горячих газов на конструкцию донной защиты, последнюю покрывать тонким слоем теплозащиты,
- для предотвращения скалывания обмазку армировать металлом.

Теплозащита головной части

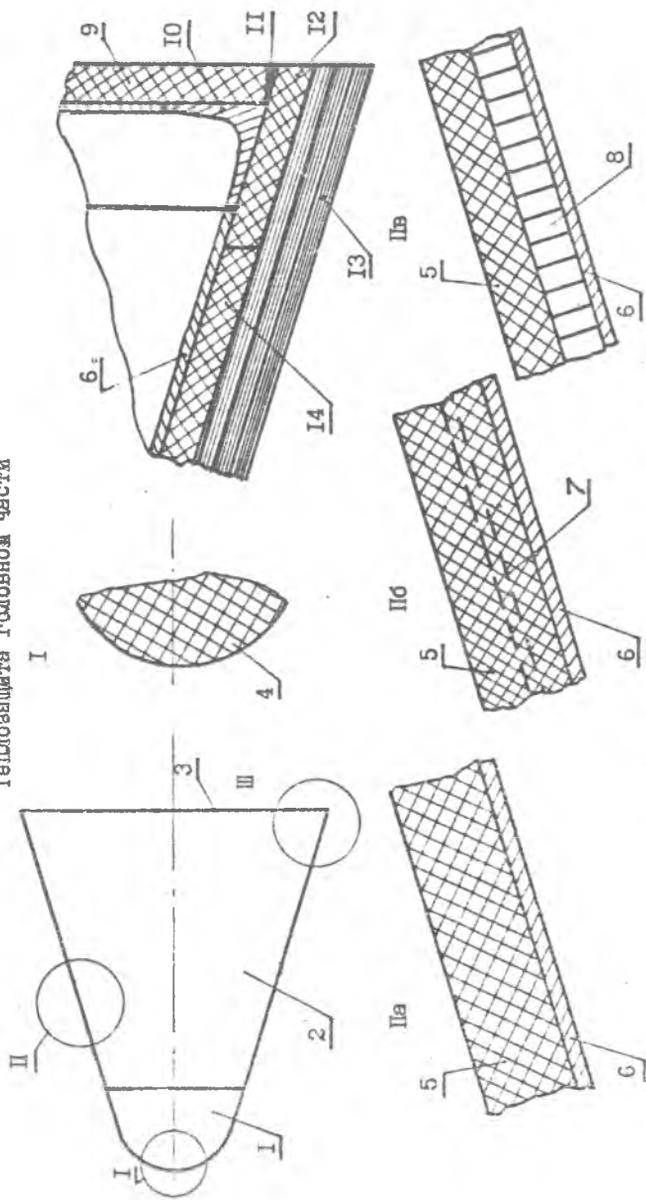


Рис. 4.2

I - наконечник, 2 - боковая поверхность, 3 - донная поверхность, 4 - обмотка наконечника, 5 - обмотка боковой поверхности, 6 - металлический корпус, 7 - арматура, 8 - стеклосоты, 9 - теплозащита донной поверхности, 10 - стыковой шпангоут, 11 - заливка, 12 - кольцевой вкладыш, 13 - обмотка на основе асботмани или стеклопластик, 14 - теплоизоляция.

### 5. Металлический корпус головной части

Металлический корпус головной части может быть изготовлен сваркой из таких материалов, как АМГ6, сталь и т.п.

#### 5.1. Верхний и средний шпангоуты

Верхний шпангоут служит для крепления наконечника (см. рис. 2.1). Восприятие поперечной силы от наконечника производится с помощью шпилек (4) либо с помощью буртика (1в). Верхний шпангоут крепится к обечайке верхнего отсека (9), толщина которой определяется из соотношения

$$\sigma_{сж.в} = \sigma_B \cdot K_c,$$

где  $\sigma_{сж.в}$  - напряжение сжатия в обечайке верхнего отсека,

$$\sigma_{сж.в} = \frac{N_H \cdot f}{2\pi r_B \delta_B}, \text{ кПа},$$

$N_H$  - усилие, приходящее от наконечника

$$N_H = K_N \cdot n_{z \max}^2 m_{ГЧ} g, \text{ Па},$$

$K_N$  - коэффициент, учитывающий долю сопротивления ГЧ, приходящуюся на наконечник,  $K_N = 0,8 \dots 0,85$ ,

$n_{z \max}^2$  - (см. п. I),

$m_{ГЧ}$  - масса ГЧ, кг,

$g = 9,81$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>,

$f$  - коэффициент безопасности,

$r_B$  - радиус верхнего шпангоута, м,

$\delta_B$  - толщина оболочки верхнего отсека, мм,

$\sigma_B$  - временное сопротивление разрыву (сжатию) материала оболочки, кПа,

$K_c$  - коэффициент ослабления материала в зоне сварки.

Средний шпангоут является основной опорой груза и воспринимает, как продольные, так и поперечные силы:

$$N_{ср}^{\pm} = \begin{cases} n_{z \max}^2 m_{сч} g & \text{- при входе в плотные слои атмосферы носом,} \\ -0,8 n_{z \max}^2 m_{сч} g & \text{- при входе доньшком,} \\ N_y^{\pm} = 0,6 n_{z \max}^2 m_{сч} g & \text{- при входе в плотные слои атмосферы боком.} \end{cases}$$

Толщина обечайки нижнего отсека выбирается из соотношения:

$$\sigma_{сж.н} \leq \sigma_B \cdot K_c$$

где  $\sigma_{сж.н}$  =  $\frac{0,6 n_{z \max}^2 m_{сч} g f}{2\pi r_{ср} \delta_n}$  - напряжение сжатия в обечайке нижнего отсека при входе в плотные слои атмосферы днищем,

$r_{ср}$  - радиус среднего шпангоута, м.

Верхний и средний шангоуты

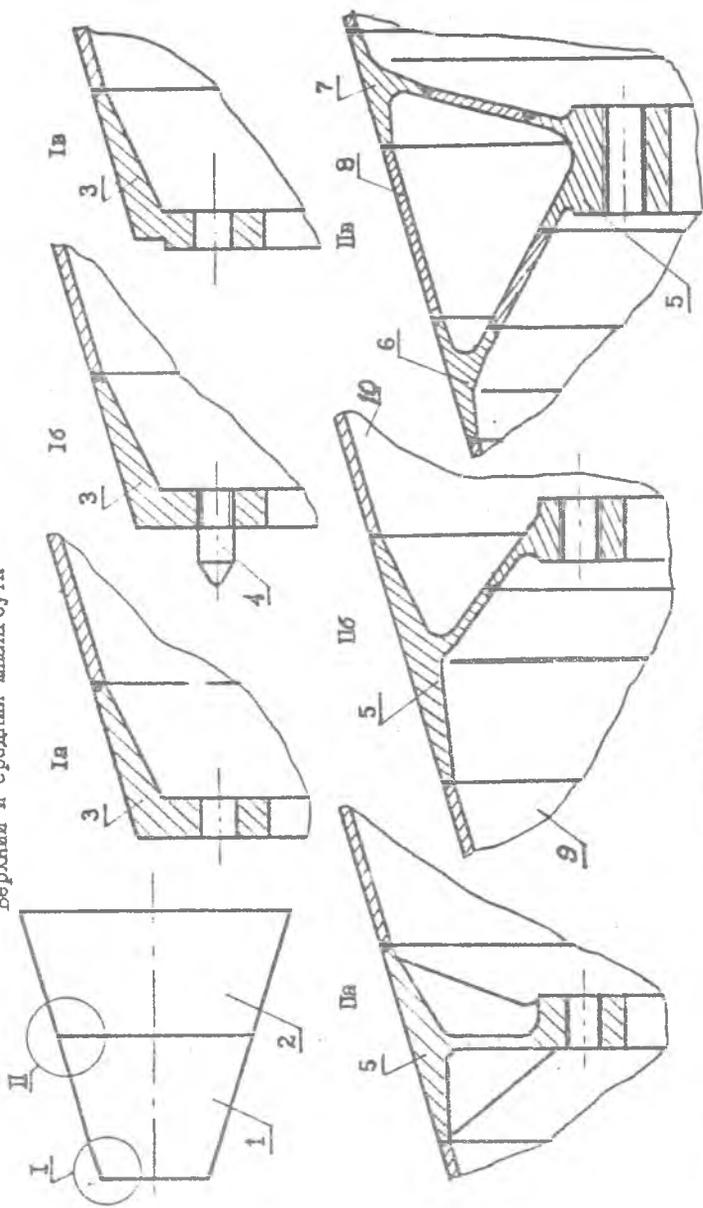


Рис. 5.1

I - верхний отсек Iч, 2 - нижний отсек Iч, 3 - верхний стыковой шангоут, 4 - шилька,  
 5 - средний шангоут, 6 - вспомогательный шангоут, 7 - вспомогательный шангоут,  
 8 - обочайка верхнего отсека, 9 - обочайка нижнего отсека.

## 5.2. Нижний шпангоут головной части

Нижний шпангоут служит для стыковки ГЧ с носителям и для крепления экрана, закрывающего герметично внутреннюю полость ГЧ. Кроме того, через диафрагму (7) и конусную обечайку (8) проходят герметично все коммуникации (пневмо-, гидромагистраль, электро- и радиосигналы). На шпангоут крепления экрана действуют погонные нагрузки от экрана (2 случая):

1 случай - полет на больших высотах. Внутри- атмосферное давление, снаружи давление равно нулю. При этом погонная нагрузка равна

$$q_{x_1}^2 = 5 \cdot 10^4 \cdot \zeta_2, \text{ н/м},$$

где  $\zeta_2$  - радиус экрана, м.

конусная обечайка (8) работает на растяжение, вспомогательный шпангоут (4) и диафрагма (7) - на сжатие, стыковой шпангоут (6) - на растяжение.

2 случай - вход в плотные слои атмосферы доньшком. Погонная нагрузка вычисляется по формуле

$$q_{x_2}^2 = \frac{0,3 \rho_{z_{\max}}^2 m_{\Gamma} g \zeta_2}{\pi \zeta_2^2}, \text{ н/м}$$

где  $\zeta_2$  - радиус экрана, м,

$\zeta_2$  - радиус нижнего днища, м.

Конусная обечайка (8) работает на сжатие, диафрагма (7) и вспомогательный шпангоут (4) - на растяжение, а стыковой шпангоут (6) - на сжатие.

Расчетным случаем для диафрагмы (7) является вход ГЧ в плотные слои атмосферы доньшком, когда на диафрагму, как на мембрану, действует давление

$$p^2 = \frac{\rho_{z_{\max}}^2 m_{\Gamma} g \cdot 0,6}{\pi}, \text{ Па}.$$

Нижний шпангоут головной части

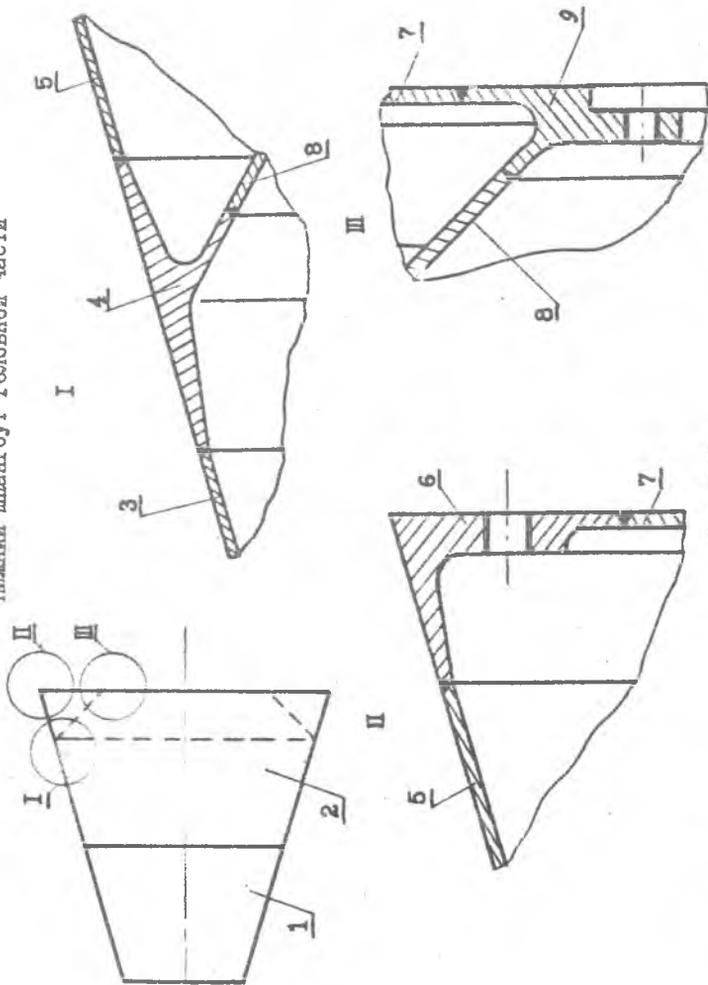


Рис. 5.2

I - верхний отсек Гч, 2 - нижний отсек Гч, 3 - обечайка, 4 - вспомогательный шпангоут, 5 - обечайка, 6 - стыковой шпангоут, 7 - диаметр, 8 - диаметр, 8 - конусная обечайка, 9 - шпангоут крепления экрана

## 6. Пластмассовый корпус головной части (рис.6.1)

Пластмассовый корпус головной части изготавливают из композиционных материалов (КМ), в которые встраивают арматуру, металлическую или из КМ.

Верхний сублимирующий слой изготавливают из асботекстолита или стеклотекстолита, наносимого на поверхность в виде мешков или лент, пропитанных фенольно-формальдегидной или эпоксидной смолой. Толщину сублимирующего слоя выбирают, исходя из условий полета (п.4).

Наружный и внутренний силовые слои (4,5) воспринимают нагрузки, действующие на ГЧ при входе в плотные слои атмосферы. Они изготавливаются, как правило, из стеклотекстолита путем нанесения стеклоткани или стеклотенты, пропитанных смолами, на макет ГЧ с последующим отверждением смол. Высокая прочность оболочки обеспечивается применением таких материалов, как "Кевлар".

Арматура - шпангоуты (6.7,9), вкладыши (10), профили (8,12) - могут быть изготовлены из металла (АМг6, ЗОХСА и др.) или из КМ на основе стекловолокна или угольной ткани.

В арматуре предусматриваются отверстия с резьбой или без нее для крепления к корпусу наконечника, груза, экрана, приборов и т.п.

Так же, как и для металлического корпуса возникающие в нем напряжения не должны превышать временное сопротивление материала на сжатие  $\sigma_{всж}$ , т.е. должно выполняться условие:

$$\sigma^r \leq \sigma_{всж}$$

где  $\sigma^r = \frac{N^2 f}{F}$  - напряжение сжатия в оболочке при входе в плотные слои атмосферы носиком или донным концом, или

$$\sigma^r = \frac{M^2 f}{W}$$

- изгибные сжимающие напряжения, когда ГЧ входит в плотные слои атмосферы боком,  
 $N^2, M^2$  - соответственно, продольная сжимающая сила и изгибающий момент,  
 $F, W$  - соответственно, площадь и момент сопротивления поперечного сечения ГЧ.

Наболее напряженной частью пластмассовой ГЧ является место крепления груза, поэтому выбор сечений элементов конструкции представляет большие трудности. Наиболее приемлемый способ преодоления этих трудностей - проведение расчета с использованием метода конечного элемента (МКЭ).

Пластмассовый корпус

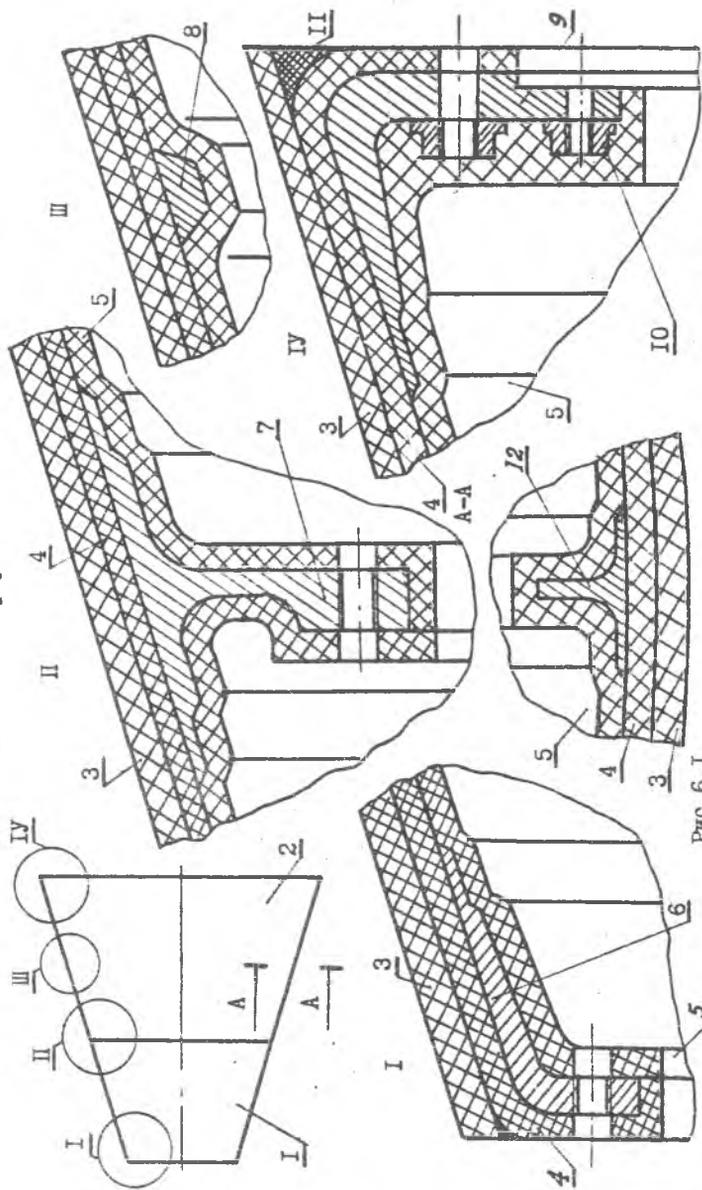
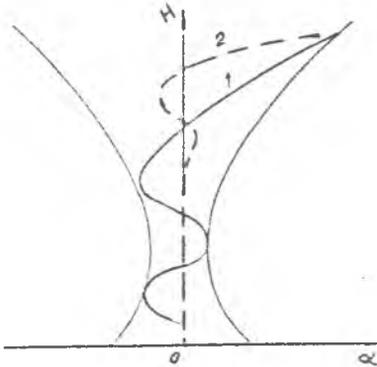


Рис. 6.1

I - верхний отсек, 2 - нижний отсек, 3 - сублимирующий слой, 4 - наружный силовой слой, 5 - внутренний силовой слой, 6 - верхний стыковой шлангсгут, 7 - средний шлангсгут, 8 - кольцевое усиление, 9 - нижний силовой шлангсгут, 10 - замаска, 11 - вкладка, 12 - профиль

## 7. Сбрасываемый стабилизатор (рис.7.2)

Для увеличения аэродинамической устойчивости ГЧ применяют дополнительные, сравнительно легкие стабилизаторы. При входе в плотные слои атмосферы ГЧ с дополнительным стабилизатором сравнительно быстро устанавливается носиком вперед. Такое положение ГЧ устойчиво и без дополнительного стабилизатора, поэтому последний может быть сброшен. На рис.7.1 показано изменение угла атаки ГЧ со стабилизатором и без него, в предположении, что ГЧ входит в плотные слои атмосферы донным концом.



$H$  - высота,  $\alpha$  - угол атаки.  
1 - ГЧ без стабилизатора,  
2 - ГЧ со сбрасываемым стабилизатором.

Рис.7.1

Так как стабилизатор сбрасывается до достижения высоких температур и больших нагрузок, то конструкция стабилизатора проста и не имеет теплозащиты.

Расчетным случаем для стабилизатора является запуск ракеты, когда должны выполняться условия:

где  $\sigma_N^2 = \frac{N_m^2}{F}$  - напряжения сжатия от продольных нагрузок на активном участке полета,

$N_m^2 = n_{xmd}^2 g m_r$  - максимальная продольная нагрузка,

$n_{xm}^2$  - максимальная продольная перегрузка на активном участке,

$g = 9,81 \text{ М/с}^2$  - ускорение силы тяжести,

$m_r$  - масса ГЧ,

$F = \pi d_{cm} \delta_{np}$  - расчетная площадь,

$\delta_{np} = \delta_0 + \frac{n F_{cr}}{\pi d_{cm}}$  - приведенная толщина стрингерной оболочки,

$d_{cm}, \delta_0$  - соответственно, диаметр оболочки и ее толщина,

$n, F_{cr}$  - число стрингеров и площадь одного стрингера,

$\sigma_{k1} = \min\{\sigma_{k1}, \sigma_{k2}\}$  - критические напряжения стрингерной оболочки,

$\sigma_{k1} = \sigma_{кр.стр.}$  - критическое напряжение стрингера,

$\sigma_{k2} = \sigma_{кр.обш.}$  - критическое напряжение обшивки,

$\sigma_m^2 = \frac{M}{W}$  - изгибные напряжения сжатия,

$M$  - максимальный изгибающий момент,

$W = \frac{\pi d_{cm}^3}{4} \sigma_{cr}$  - момент сопротивления.

Сбрасываемый стабилизатор

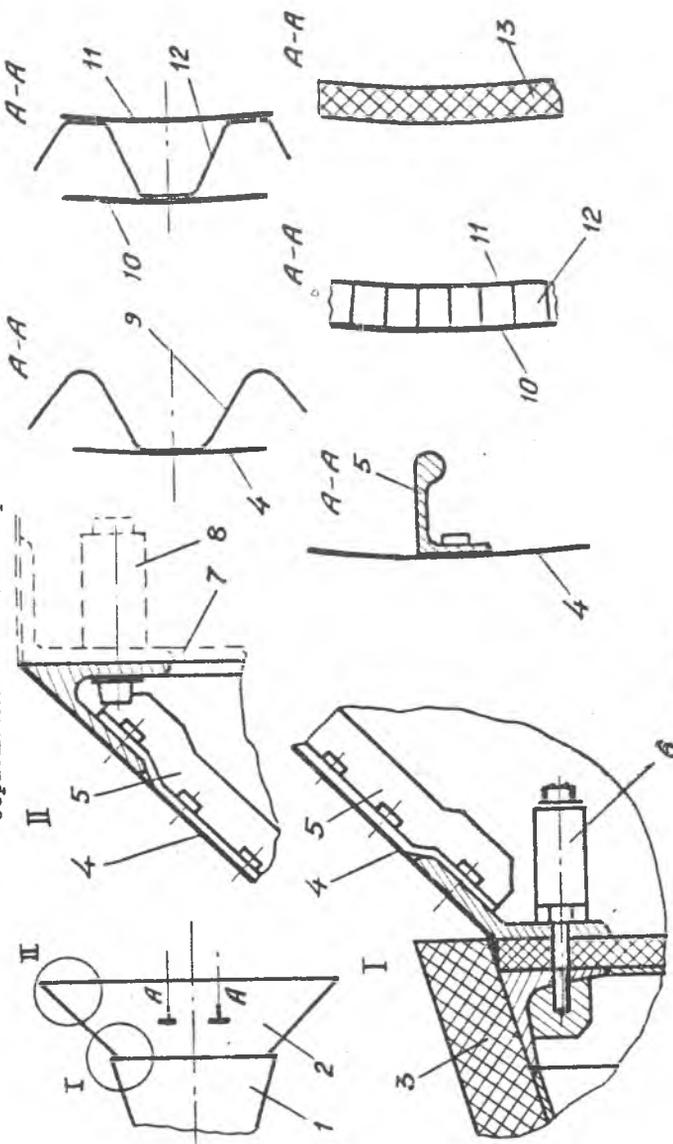


Рис. 7.1

I - головная часть, 2 - стабилизатор, 3 - теплозащита, 4 - оболочка стабилизатора, 5 - стрингер, 6 - шариковый замок, 7 - корпус носителя, 8 - шариковый замок, 9 - гофр, 10 - наружная оболочка, 11 - внутренняя оболочка, 12 - наполнитель, 13 - оболочка

## 8. Крепление экрана (рис.8.1)

Экран (5) предотвращает попадание горячего воздуха и продуктов разложения сублимирующего слоя внутрь ГЧ. На днище ГЧ и на экране имеется теплозащита.

При креплении экрана должно соблюдаться требование к герметизации, которую обеспечивают путем постановки колец (4) или применения замазки (13). Кроме того, необходимо обеспечить то, чтобы металлические части не обдувались потоком горячего газа. Для этих целей применяют заглушки из асбестокстолита или армированные гайки. Крепление экрана может осуществляться и без применения болтов и шпилек, а путем постановки разрезного стопорного кольца (10), фиксируемого в рабочем положении вкладышем (9), который, в свою очередь, должен иметь устройство, предохраняющее его выпадение. В случае, если ГЧ отталкивается от носителя толкателем (14), то для предотвращения повреждения теплозащиты (6) на нее приклеивается более прочный подпятник (15).

Расчетным случаем для болтов и шпилек крепления экрана и для самого экрана является случай, когда ГЧ находится на больших высотах, при отсутствии внешнего давления.

Для болтов и шпилек должно выполняться условие:

где  $Q^* = \frac{P_0 \alpha_2^2}{4n_b}$  - усилие, приходящееся на один болт,

$P_0$  - давление внутри ГЧ,

$\alpha_2$  - диаметр экрана,

$n_b$  - число болтов,

$f$  - коэффициент безопасности,

$Q_b^*$  - допускаемое усилие на болте (из сортамента болтов),

Для экрана должно выполняться условие:

$$\sigma_{сж} \leq \sigma_{кр}$$

где  $\sigma_{сж} = \frac{P_0 R_2}{2\delta_2}$  - напряжение сжатия в оболочке экрана,

$R_2$  - радиус кривизны экрана,

$\delta_2$  - толщина оболочки экрана.

Другим случаем нагружения является вход в плотные слои атмосферы донныком. При этом должно соблюдаться условие:

$$\sigma_{кр} \cdot f \leq \sigma_{в}$$

где  $\sigma_{в} = \frac{q_{сн} m_{кр} R_2^2 \max \rho \cdot 2R_2}{\pi \alpha_2^2 \delta_2}$

$\sigma_{в}$  - временное сопротивление разрыву материала оболочки.

Крепление экрана:

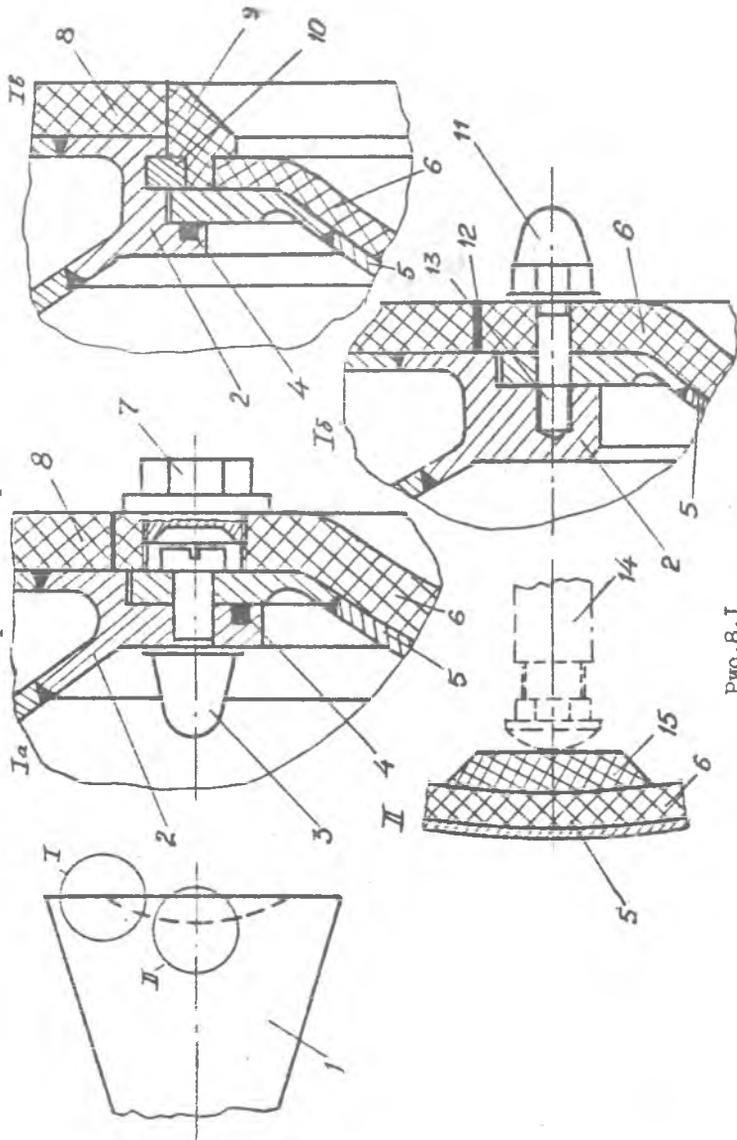


Рис.8.1

I - Корпус 1ч, 2 - шланг с креплением экрана, 3 - крепеж, 4 - герметизация, 5 - корпус экрана, 6 - теплозащита экрана, 7 - заглушка, 8 - теплозащита дна, 9 - вкладыш, 10 - стопорное кольцо, 11 - гайка, 12 - герметизация, 13 - шпилька, 14 - подпятник

## 9. Крепление головной части к носителю (рис.9.2)

Отделяемая ГЧ крепится к носителю с помощью быстроразъемных соединений: типа шариковых замков (13), проболтов (14) и т.п., которые срабатывают по окончании работы двигателей последней ступени ракеты. Оставшиеся на ГЧ детали разъемных соединений могут расплавиться при входе в плотные слои атмосферы и чрезмерно нагреть корпус. Для защиты от этого тепла средства разделения крепятся в гайках, которые впрессовываются в неметаллические вкладыши (5).

Для устранения заклинивания проболта при его подрыве в стыковом шпангоуте (8) делается проточка.

При транспортировке ГЧ вместе с носителем средства разделения могут слишком сильно нагружаться. Для их разгрузки применяют транспортировочные болты с флажками (12). Эти болты перед пуском должны быть обязательно сняты. Количество транспортировочных болтов выбирает из условий:

$$n_s \geq \max\{n_1, n_2\}, \quad n_1 = \frac{P_s^p}{f P_w^p}, \quad n_2 = \frac{\pi \sigma_s (d_r^2 - d_s^2)}{4 f P_w^p},$$

где  $P_s^p$  - разрушающее усилие болта,

$f$  - коэффициент безопасности,

$P_w^p = \frac{m_{rv} n_y^2 g h_s}{h_s}$  - усилия на болты при изгибе в сечении крепления ГЧ к носителю (рис.9.1),

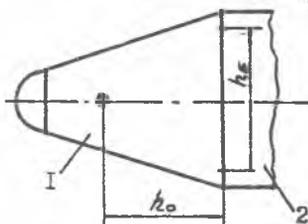
$m_{rv}$  - масса головной части,

$n_y$  - максимальная эксплуатационная перегрузка при транспортировке,

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ускорение силы тяжести,

$\sigma_s$  - временное сопротивление сжатию материала вкладыша,

$d_s, d_r$  - соответственно, диаметры болта и гайки.



1 - головная часть,

2 - носитель,

$h_0$  - расстояние от центра масс ГЧ от сечения крепления к носителю,

$h_s$  - расстояние между болтами.

Рис.9.1

Крепление ГЧ к носителю

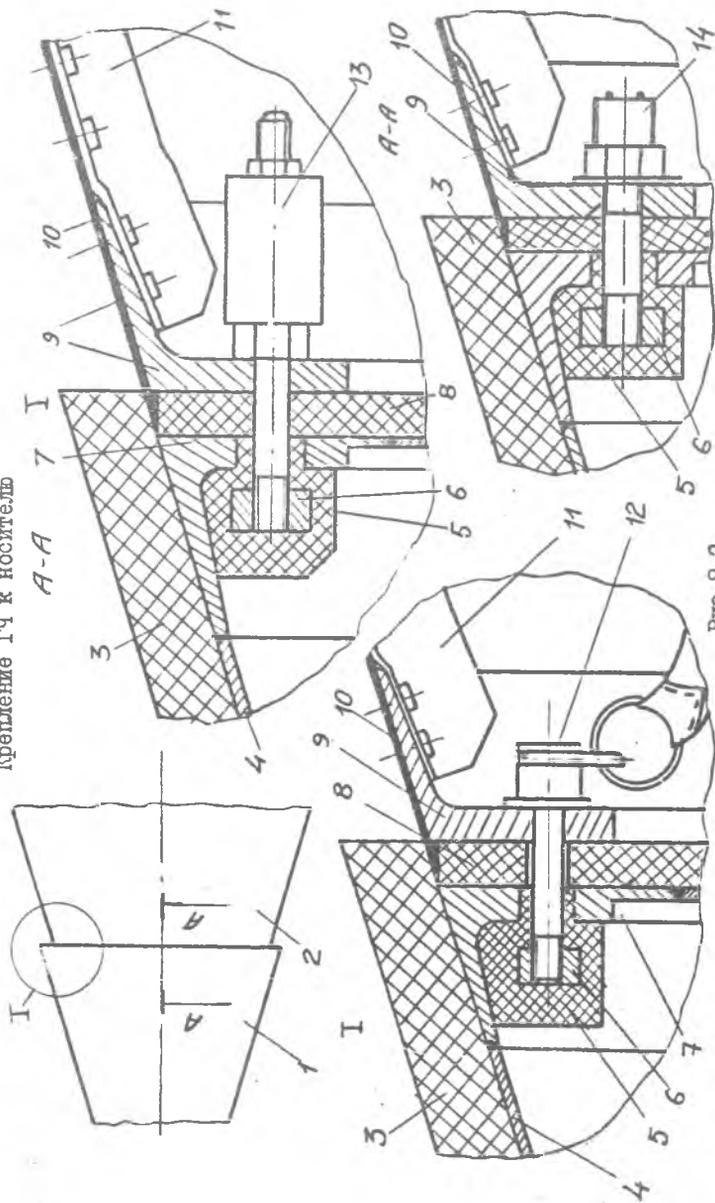


Рис.9.2

1 - головная часть, 2 - носитель, 3 - теплозащита корпуса, 4 - корпус ГЧ, 5 - вкладыш, 6 - гайка, 7 - стыковой шпангоут, 8 - донная защита, 9 - стыковой шпангоут носителя, 10 - обшивка, 11 - стрингерный набор, 12 - транспортировочный болт с флажком, 13 - шариковый замок, 14 - широболт

## 10. Крепление антенн и разъемов (рис.10.1)

На донной части ГЧ могут быть размещены антенны, датчики и различного рода разъемные соединения коммуникаций (радио- и электроразъемы (10)), разъемы пневмогидросистем (9,10)). Установка антенн и разъемов должна обеспечивать герметизацию за счет прокладок, замазок или шпаклевок. Разделение разъемных соединений не должны вызывать большие возмущения при отделении ГЧ от носителя. В противном случае на разъемах должны быть толкатели или другие средства, обеспечивающие безударность разъединения.

Корпуса крепления антенн, так же, как донная поверхность ГЧ, покрыта теплозащитой из асбо- или стеклотекстолита. Корпуса разъемов и трупководы крепятся к днищу ГЧ неразъемно заклепками или на болтах, в зависимости от того, предусматриваются ли элементы разъема снимать во время эксплуатации (техническое обслуживание, проверка, ремонт и т.п.).

## 11. Крепление приборов (рис.11.1)

Приборы, в зависимости от их назначения, крепятся к наконечнику (1), к корпусу ГЧ (2) или к экрану днища (3). Крепление предусматривает контровку, но амортизации нет, т.к. при входе в плотные слои атмосферы перегрузки достигают очень больших величин (20...60) и наличие любой амортизации привело бы к недопустимому смещению прибора относительно корпуса ГЧ.

## 12. Крепление груза (рис.12.1)

Груз в ГЧ может крепиться или на одном шпангоуте, когда центр масс груза лежит в плоскости крепления груза, или на двух опорах. При этом силовой шпангоут ГЧ служит основной опорой, другая опора - поддерживающая, не воспринимающая продольных сил. На внутреннюю поверхность поддерживающего шпангоута приклеивается резина или войлок (6).

Крепление груза должно удовлетворять требованиям взаимозаменяемости и воспринимать все виды нагрузок ( $P_{xmax}^2$ ,  $P_{ymax}^2$ ,  $P_{zmax}^2$ ). Как правило, шпильки, на которых крепится груз, работают на разрыв при входе ГЧ в плотные слои атмосферы доншком, и на срез. при входе ГЧ в плотные слои атмосферы боком.

Крепление антенн и разъемов

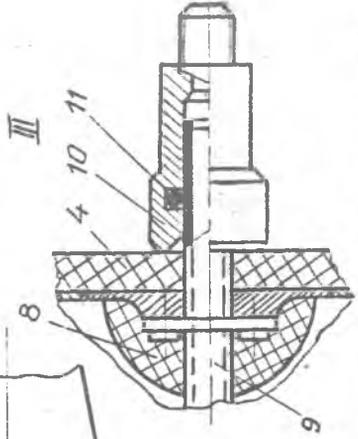
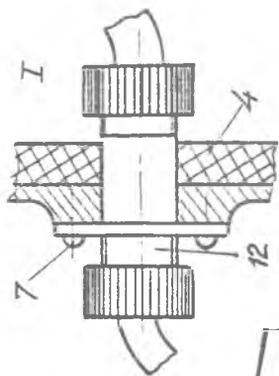
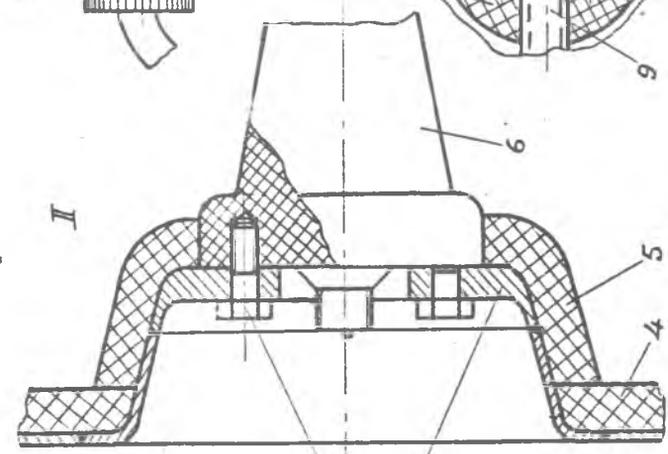
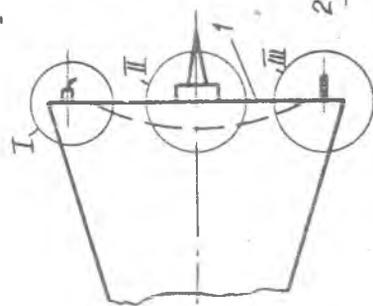


Рис. 10.1

I - днаще, 2 - крепление антенны, 3 - корпус, 4 - теплозащита днаща, 5 - теплозащита корпусу  
 6 - антенна, 7 - закладка, 8 - вкладыш, 9 - трубопровод, 10 - стемная часть разъема,  
 II - герметизация, 12 - электроразъем.

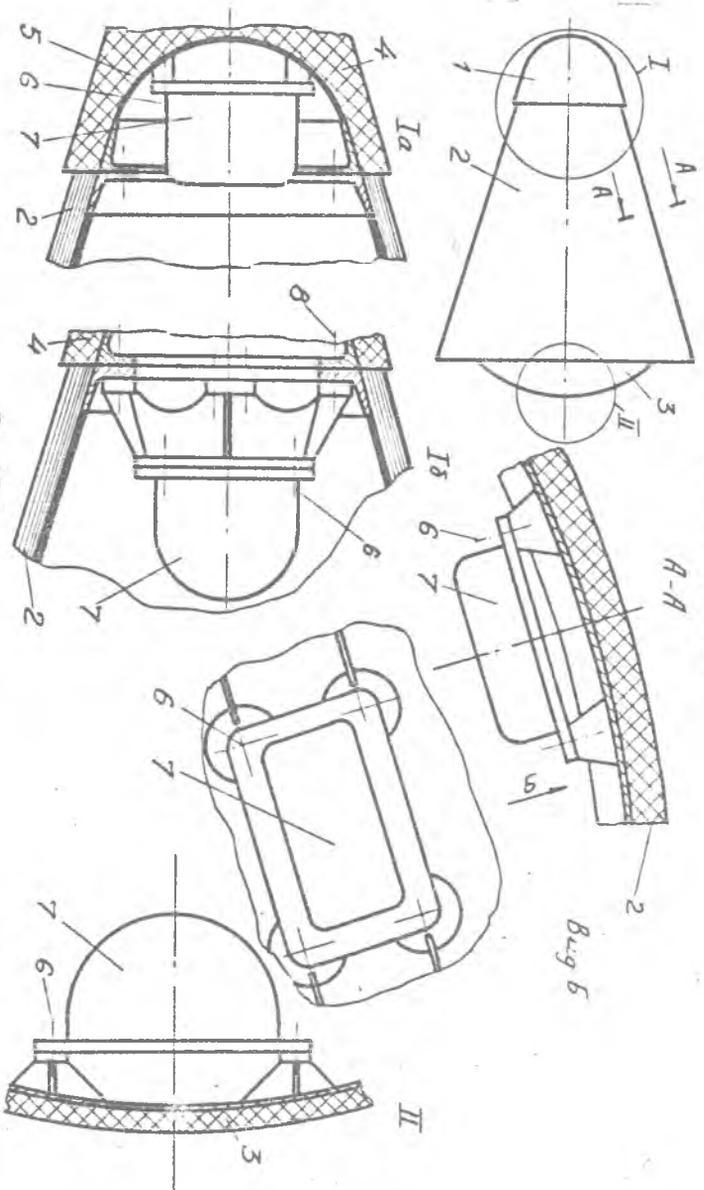


Рис. II. I

1 - наконечник, 2 - корпус ПЧ, 3 - экран, 4 - обмотка наконечника, 5 - корпус наконечника, 6 - крепление прибора, 7 - прибор, 8 - крепление кронштейна, 9 - кронштейн.

Крепление груза

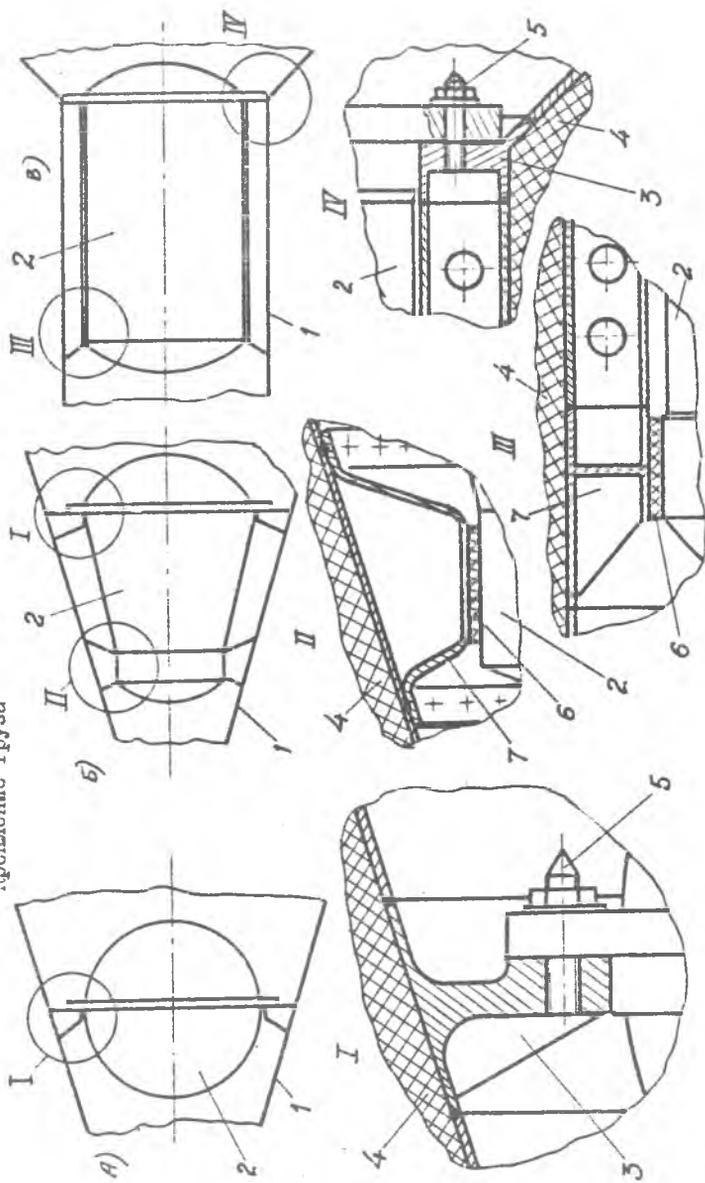


Рис. 12.1

1 - корпус, 2 - груз, 3 - силовой шпангоут, 4 - телозащита корпуса ГЧ, 5 - крепление груза  
6 - прокладка, 7 - поддерживающий шпангоут

СОДЕРЖАНИЕ	стр.
Предисловие .....	3
I. Формы головных частей .....	4
2. Наконечник головной части .....	6
3. Лобовой экран .....	8
4. Теплозащита головной части .....	10
5. Металлический корпус головной части ..	12
5.1 Верхний и средний шпангоуты.....	12
5.2 Нижний шпангоут головной части ...	14
6. Пластмассовый корпус головной части ..	16
7. Сбрасываемый стабилизатор.....	18
8. Крепление экрана.....	20
9. Крепление головной части к носителю ..	22
10. Крепление антенн и разъемов.....	24
II. Крепление приборов.....	24
12. Крепление груза.....	24