

ется только верхний шпангоут стыковки РН и НСБ. Для исключения возможной перестройки наземной инфраструктуры, НСБ рекомендуется размещать в шахте под стартом

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование и испытания баллистических ракет. Под редакцией В.И.Варфоломеева и М.И.Копытова. Мин. обороны, М.: 1970.
2. Проектирование летательных аппаратов (Транспортные системы). Учебное пособие для ВТУЗов/ В.П.Мишин. –М.: Машиностроение. 1985.
3. Степанцов И.С. Оперативное прогнозирование на активном и орбитальном участках полета ракетносителей и космических аппаратов // Сб. трудов VIII Всероссийского научно-технического семинара по управлению движением и навигации ЛА. Самара, 1998.
4. Формирование технических объектов на основе системного анализа. /В.Е.Руднев, В.В.Володин и др. – М.: Машиностроение, 1991.

УДК 629.7.017.1(075)

Черных О.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕГКОГАЗОВОЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РАЗГОНА ЧАСТИЦ, МОДЕЛИРУЮЩИХ МЕТЕОРНОЕ И ТЕХНОГЕННОЕ ВЕЩЕСТВО

Для моделирования процесса соударения метеорного и техногенного вещества с обшивкой и экранной защитой космического аппарата со скоростью соударения 2...5 км/с необходима легкогазовая баллистическая установка (ЛБУ). В этом диапазоне скоростей лежат значения критических скоростей соударения, в котором общая стойкость обшивки снижается [1].

Для большого количества испытаний с массами снарядов $m_{сн}$, лежащих в диапазоне 0,129...2,17 грамм используются сменные камеры сжатия (капсулы) и внутренние стенки

сменных стволов, калибров 8,6 мм, 15,3 мм, 22 мм, из нержавеющей стали. Взрывчатые вещества не применяются.

ЛБУ состоит из двух ступеней. Задача второй ступени – сжать рабочий газ – азот до давления $P_{\max}^{II} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ Па}$, который разгоняет легкий поршень первой ступени для создания давления $P_{\max}^I = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}$, на которое рассчитана разрывная мембрана в конце камеры сжатия первой ступени, после чего газ расширяется в ствол, толкая снаряд. Рабочий газ первой ступени – гелий. (рис. 1).

Начальный этап проектирования включает в себя полный термодинамический расчет ЛБУ, выбор оптимальных термодинамических и геометрических параметров газовых камер сжатия, поршней и стволов для ступеней ЛБУ.

Длины сменных капсул для соответствующих стволов одинаковые, при различных волновых процессах, происходящих в процессе сжатия гелия в первой ступени.

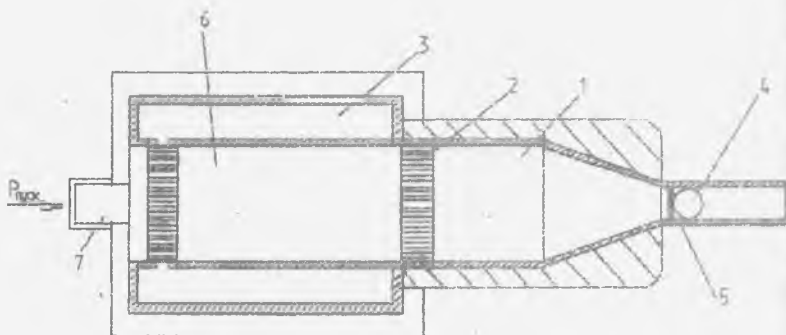


Рис. 1 Схема ЛБУ

1 – первая ступень (сменная капсула рабочий газ гелий); 2 – срезаемый поршень первой ступени; 3 – сжатый азот; 4 – снаряд; 5 – диафрагма капсулы; б – сжижаемый азот второй ступени; 7 – легкогазовое разгонное устройство для сдвига поршня второй ступени,

$$P_{\text{пусковое}} = 1,5 \text{ атм}$$

Выбор оптимальных параметров I ступени.

Коэффициент веса снаряда C_q целесообразно брать 2000 н/м^3 , исходя из применяемых калибров, так как $C_q < 2000 \text{ н/м}^3$ получить трудно [2]. Коэффициент расширения N рационально брать 4, так как максимальная температура T_{\max} при $N = 4$ и термический КПД име-

ют удовлетворительные значения. Наиболее выгодная длина ствола λ (в калибрах) сильно зависит от обработки стыков сборных стволов, от чистоты внутренней поверхности, кривизны и трения поддона для снаряда о ствол: $\lambda = 150$ калибров.

Параметр Π , характеризующий отношение массы метаемого газа m , к массе снаряда $m_{сн}$, для гелия при $N=4$

$$\Pi_{ори} = \frac{1}{(k-1) \cdot 0,26} = 5,74.$$

Максимальное давление рабочего газа P_{max}^i задаем $2 \cdot 10^8$ Па, исходя из конструктивных параметров ЛБУ. Максимальную температуру гелия T_{max} находим по формуле, связывающей эти характеристики:

$$T_{max} = \frac{\pi \cdot \lambda \cdot g \cdot P_{max}}{4 \Pi \cdot N \cdot R \cdot C_q}, \quad \text{где} \quad R(\text{He}) = 2078 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

T_{max} для трех случаев будет 2422,3 К.

Угол конуса капсулы α выбран 20° , т.к. такая величина угла на скорость выстрела не оказывает отрицательного влияния.

Начальное давление P_0 и начальный объем, т.е. объем капсулы W_0 , рассчитываются на интервале значений

$$\frac{\Phi_{max}}{\Phi_0} = (1 \dots 2,75).$$

Геометрические параметры капсул рассчитаны при

$$\frac{R}{r} = 4,36.$$

Исходя из того, что параметры λ , P_{max} , T_{max} , Π , N , C_q , R , R/r , α постоянны для 3-х калибров, варьируем массы поршней и их скорости для получения необходимого количества отражений ударной волны в камере сжатия при движении поршня.

$$\text{Получим для калибра } d = 8,6 \text{ мм, } \frac{\Phi_{max}}{\Phi_0} = 1,$$

$$\text{для } d = 15,3 \text{ мм, } \frac{\Phi_{max}}{\Phi_0} = 1,52,$$

$$\text{для } d = 22 \text{ мм, } \frac{\Phi_{max}}{\Phi_0} = 2.$$

Для расчета необходимой скорости поршня $V_{п max}$ массы поршня m_p необходимо рассмотреть энергетическое уравнение для первой ступени.

$$\frac{m_r a_{\max}^2}{N(N-1)} = \frac{m_r a_0^2}{N(N-1)} + \frac{m_n V_{\Pi \max}}{2}$$

где a – скорость звука, $N(\text{He}) = 1,67$.

Из него следует равенство:

$$\frac{m_n V_{\Pi \max}^2}{2} = \frac{\left(\frac{P_{\max}}{P_0} - 1\right)^{\frac{N-1}{N}}}{\frac{N(N-1)}{m_r a_0^2} \cdot \left(\frac{\Phi_0}{\Phi_{\text{сп}}}\right)^{\frac{1}{N}}}$$

где $V_{\Pi \max}$ должна быть равна

$$V_{\Pi} = \sqrt{\frac{P \cdot 2 \cdot S \cdot L_{\text{вода}}}{m_n}}$$

Затем, приравняв энергию поршня и энергию азота, сжатого до максимального давления $1,5 \cdot 10^8$ Па, получим необходимую массу азота, которую необходимо сжать во второй ступени:

$$\left(\frac{m_r a_{\max}^2}{N(N-1)}\right)_{\Pi \text{ст}} = \left(\frac{m_n V_{\Pi \max}^2}{2}\right)_{\text{I ст}}$$

Итак, для трех калибров можно получить все необходимые параметры. По этой же методике находятся все необходимые массы газов, поршней и их скорости для второй ступени. Давление для разгона поршня выбрано $23,9 \cdot 10^6$ Па при $T_0 = 290$ К.

В данной ЛБУ скорость выстрела равна 4 км/с для всех трех калибров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скалкин А.С., Яхлаков Ю.В. Применение баллистической установки для исследования возможности защиты объектов РКТ от техногенных и метеоритных частиц // Космонавтика и ракетостроение, 1991, №12.
2. Златин Н.А. и др. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях. М.: Наука, 1974.
3. Зельдович Я.Б. Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: ГИФМЛ, 1963.