

УДК 629.07.54

## Волновые задачи рассеяния энергии акустического излучения в упругих подвесах приборов управления ракет-носителей

Н. А. Кубрак

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

Надійшла до редакції 08.06.98

Аналізується механізм взаємодії акустичного випромінювання з боку ракетних двигунів із приладами керування РН

Развитие ракетостроения и прикладных наук, способствующих созданию все более надежных и совершенных систем, показывает, что технические характеристики ракетносителей различных классов зависят от целого ряда как известных возмущающих факторов, так и мало изученных. К последним с полным основанием можно отнести акустическое излучение со стороны двигательных установок РН. Как оказалось, звуковые поля могут приводить к существенным изменениям физико-механических свойств материала конструкции и комплектующих — приборов управления, бортовой ЭВМ, навигационного комплекса и др. В некоторых случаях влияние звукового нагружения может определять надежность всего изделия [1].

Особое внимание следует обратить на изменение функциональных характеристик приборов управления, так как акустическое излучение проходит внутрь приборов не только через конструкции, но и через среду, что затрудняет борьбу с ним и сводит к нулю эффект многих технических новинок, призванных повысить точность приборов.

Остановимся подробнее на анализе влияния звуковых полей на свободный гироскоп. Эти приборы нашли широкое применение в качестве датчиков углов в системах автоматического управления полетом, в системах телеметрии, как чувствительные элементы в устройствах стабилизации антенн, головок самонаведения и т. п.

Свободный гироскоп с точностью до собственных уходов сохраняет приданное оси фигуры ориентирное направление и не имеет никакой направляющей или устанавливающей силы или момента. Чтобы уменьшить величину вредных моментов, действующих относительно внутренней оси, ее соединяют с наружной рамкой проволочным торсионным подвесом (рис. 1). Это позволяет значительно уменьшить момент сил сухого трения и практически заменить его моментом сил упругости проволоки, который во много раз меньше.

Известная техническая реализация этого подвеса представляет собой несколько тонких проволок, которые располагаются вдоль окружности радиуса  $r$  и закрепляются в наружном кольце 1 и гирокамере 2 (рис. 1, б).

Проанализируем степень влияния акустического излучения на трехстепенный астатический гироскоп. Изучим рассеяние энергии звуковой волны в торсионном подвесе и оценим влияние динамики струны на появление дополнительных уходов оси фигуры. Механизм упругого взаимодействия акустических полей с торсионом объясняется с помощью модели, приведенной на рис. 1, в, г.

Пусть под воздействием плоской монохроматической волны избыточного давления в каждой из трех струн генерируются колебания. Скорости поперечных перемещений нижних концов струн обозначим как  $w_1$ , а их составляющие —  $x_1$  и  $y_1$  (рис. 1, в). При

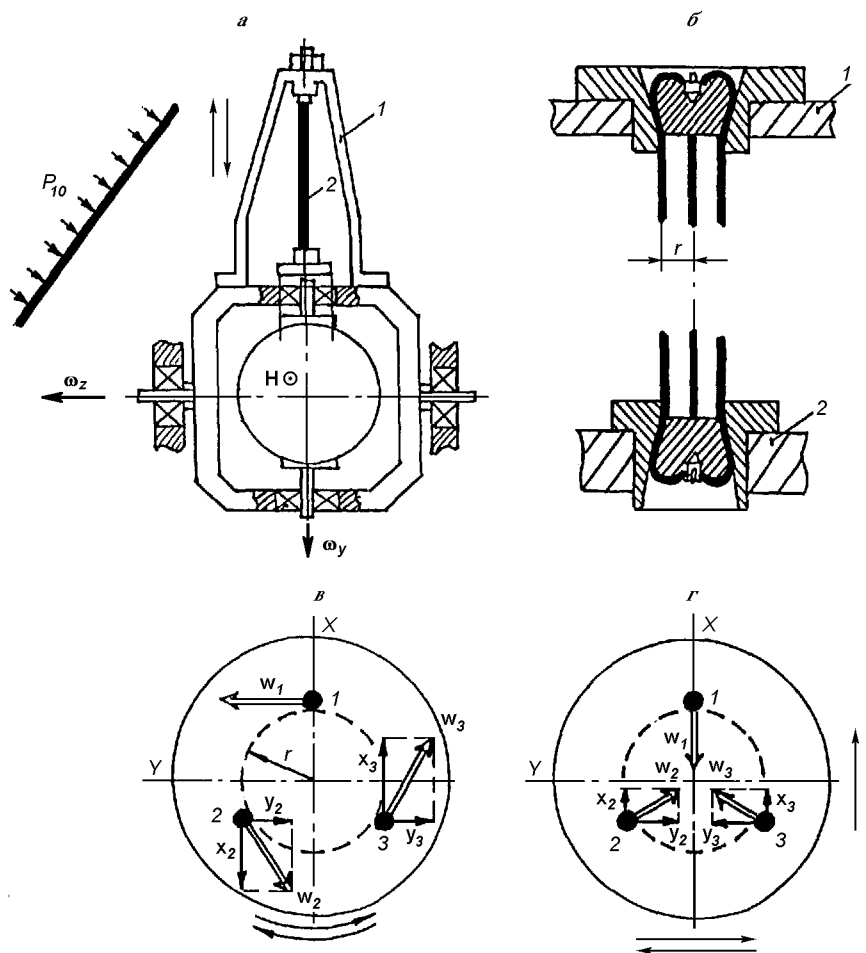


Рис. 1. Проволочный торсионный подвес: а — общий вид свободного астатического гироскопа (Н — кинетический момент гироскопа); б — торсион из трех струн (1 — наружное кольцо, 2 — гирокамера); в, г — поперечные и радиальные перемещения струнного подвеса под действием акустической волны  $P_{10}$

принятом синфазном перемещении точек 1, 2 и 3 по касательной к окружности радиуса  $r$  нетрудно установить, что генерируемая акустическая вибрация будет причиной возникновения крутильных колебаний с угловой скоростью  $\omega_y$  относительно продольной оси торсиона (рис. 1, а). Кроме того, колебания в поперечном направлении приведут также к возникновению поступательной вибрации вдоль торсиона.

Если же перемещения нижних концов струн будут радиальными (рис. 1, в), то имеет место возвратно-поступательное перемещение оси в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Конечно, в действительности картина прохождения акустической волны через торсион будет включать в себя элементы обоих этих случаев. Возму-

щенное движение подвеса гироскопа будет состоять из поступательной вибрации вдоль осей  $X$  и  $Y$  (рис. 1, г), а также крутильных колебаний относительно оси внутренней рамки с угловой скоростью  $\omega_y$  и относительно наружной — с угловой скоростью  $\omega_z$ .

Последние, как известно, не приводят к систематическому дрейфу оси фигуры, а вот колебания относительно внутренней оси явно нежелательны, так как служат источником ложной информации о выбранном ориентирном направлении [2].

Зная величины скоростей  $w_i$ , можно установить характер кинематического возмущения относительно внутренней оси:

$$\omega_y^a = r^{-1}(w_1 \pm w_2 \pm w_3),$$

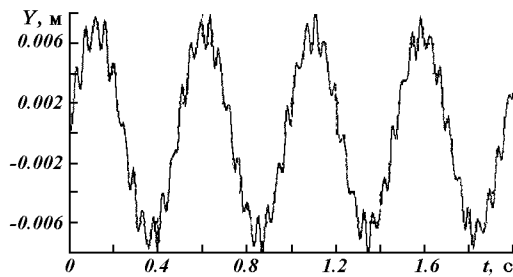


Рис. 2. Перемещение нижней точки проволочного торсиона во времени

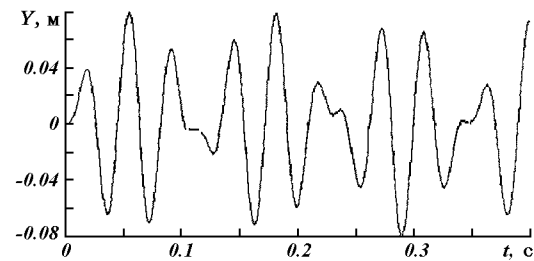


Рис. 4. Перемещение средней точки во времени

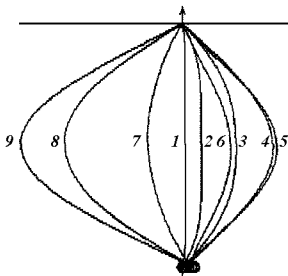


Рис. 3. Колебания торсиона вместе с кожухом и ротором в пространстве. Цифрами обозначены следующие друг за другом положения проволоки и кожуха с ротором

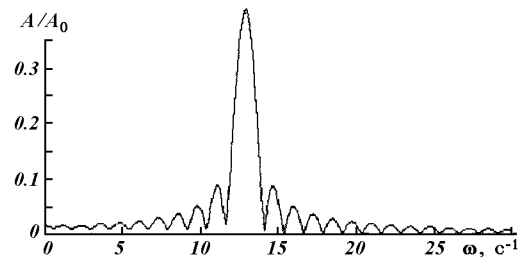


Рис. 5. Спектральная плотность колебаний нижней точки ( $A_0$  — амплитуда давления падающей звуковой волны;  $A$  — соответственно амплитуда колебаний нижней точки торсиона)

что создает предпосылки для оценки степени влияния акустического излучения на приборы управления с рассматриваемыми элементами.

Численный анализ показывает, что нижняя точка проволочного торсиона под действием звуковой волны совершает колебательные движения во времени (рис. 2) и в пространстве (рис. 3). Перемещение средней точки во времени показано на рис. 4.

Таким образом, происходит перераспределение акустического излучения, приводящее к колебаниям проволочного торсиона (рис. 5). Средняя мощность колебательного процесса расходуется в основном в диапазоне частот  $\omega = 11 \dots 14 \text{ с}^{-1}$ . Удельный вес остальных форм значительно ниже.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости создания «акустического комфорта» для приборов управления РН. Выбор пассивных, активных, либо компенсационных методов решения

этой проблемы следует проводить с учетом особенностей натуральных условий и требований технических условий на изделия.

1. Карачун В. В. Механизм прохождения акустической волны через плоско-параллельные элементы конструкций носителей // Космічна наука і технологія.—1997.—3, № 3/4.— С. 86—89.
2. Лунц Я. Л. Ошибки гироскопических приборов. — Л.: Судостроение, 1968.—232 с.

#### WAVE PROBLEMS OF THE SCATTERING OF ACOUSTIC RADIATION ENERGY IN ELASTIC MOUNTINGS OF CONTROL DEVICES IN LAUNCH VEHICLES

N. A. Kubrak

We analyse the mechanism of interaction of acoustic radiation from the first and second stage rocket engines with operating instruments.