

УДК 629.7.054

В.В. КАРАЧУН, В.Н. МЕЛЬНИК

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев, Украина

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ АКУСТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Анализируются оболочки специальной формы с произвольно очерченной линией меридиана. На основании соотношений Гаусса – Кодацци устанавливаются значения постоянных Ламе и радиусов кривизны, позволяющие по этим четырем параметрам задать поверхность с точностью до положения ее в пространстве. Формулируются условия, ограничивающие выбранный класс поверхностей. Устанавливаются значения геометрических размеров, когда правомочны упрощения при вычислении параметров Ламе и кривизны. Материал принимается линейно упругим, подчиняющимся закону Гука. Изучение явления ограничивается упруго-напряженным состоянием поверхности, до наступления остаточных явлений

Ключевые слова: оболочка, постоянные Ламе, кривизны координатных линий.

Введение

Постановка проблемы и ее связь с научно-техническими задачами. Элементы конструкции авиационных двигателей и комплекствующих при эксплуатационном использовании летательных аппаратов испытывают силовое нагружение со стороны акустического излучения, спектральный состав которого для различного класса изделий может приобретать тот или иной вид, в частности, вид *белого шума*. Последнее наблюдается в режиме старта.

Уровень нагружения может достигать 140 – 150 дБ и выше. Очевидно, что в этом случае надо изначально иметь возможность прогнозировать упруго-напряженное состояние материала и происходящие из этого особенности локального и глобального характера. Первый этап этой процедуры состоит в построении расчетных моделей взаимодействия конструкции с акустическими полями, которые можно считать в общем случае диффузными. Второй этап включает в себя все необходимые виды стендовых полунатурных исследований.

Построение расчетных моделей явления является не только достаточно трудоемким, но и очень ответственным процессом, так как должно в результате анализа учесть максимум специфики воздействия. И, если с пластинчатыми фрагментами дело обстоит более или менее благополучно, то оболочечные поверхности требуют особо пристального внимания. В частности, когда речь идет о ненулевой гауссовой кривизне.

Освещению некоторых аспектов этой проблемы посвящены исследования авторов.

Обзор публикаций и выделение нерешенных задач. Вопросам изучения динамики пластин в аку-

стических полях посвящены исследования многих авторов [1, 2]. Причем, в некоторых случаях достаточно рассматривать ее как неограниченную по протяженности [3, 4], в других – следует принимать во внимание ее габариты [5, 6].

Что касается оболочек, то здесь для целого ряда задач можно ограничиваться одномерной картиной [7], для других – двумерной [8]. Наконец, пространственная задача должна рассматриваться, в частности, когда имеет место носитель кинетического момента [9]. В этом случае вопросы динамических свойств оболочки приобретают существенный оттенок гироскопических проявлений [10]. Последнее радикально изменяет всю аналитическую структуру описания явлений.

Постановка задачи данного исследования. С учетом специфики решаемой задачи, результаты которой имеют важное значение для оценки динамических свойств конструкции, необходимо уточнить значения параметров Ламе и необходимых аналитических соотношений для оболочек ненулевой гауссовой кривизны поверхности. В качестве линии меридиана выбирается кривая произвольного очертания.

Изложение основного материала с обоснованием полученных научных результатов

Рассмотрим следующие два вида оболочек вращения: выпуклая (рис. 1, а) и вогнутая относительно оси вращения (рис. 1, б). В обоих случаях предполагается, что $OD = BA = R$, а кривая $f(z)$, образующая оболочку вращения, симметрична относительно прямой CM , которая пересекает ось вра-

щения в середине ($OB = l$; $OC = CB = \frac{1}{2}l$). Считаем также, что

$$f(0) = f(l) = R = \text{const.} \quad (1)$$

Рассмотрим систему координат $C_1 z_1 r_1$ (рис. 1).

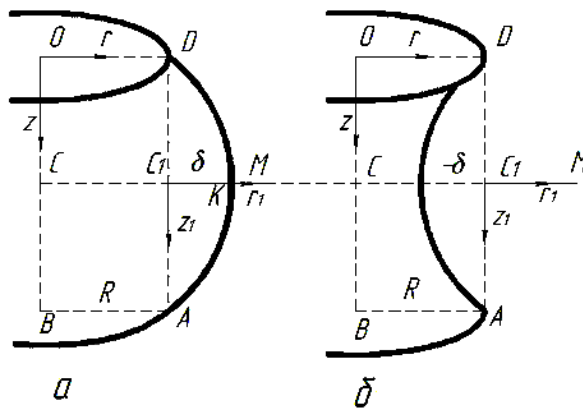


Рис. 1. Оболочка специальной формы:
а – выпуклая оболочка вращения, б – вогнутая

Связь между этой системой и опорной Ozr определяется соотношениями –

$$r = r_1 + R; \quad z = z_1 + \frac{1}{2}l.$$

В системе отсчета $C_1 z_1 r_1$ форму оболочки (линию меридиана) зададим выражением

$$r_1 = \pm f_1(z_1), \quad (2)$$

причем знак «+» соответствует случаю рис. 1, а, а знак «-» – случаю рис. 1, б.

Установим класс кривых $f_1(z_1)$, для которых выполняются условия:

– $f_1(-z_1) = f_1(z_1)$;

– $f_1\left(\pm \frac{1}{2}l\right) = 0$;

– функции $[+f_1(z_1)]$ строго выпуклые, а функции $[-f_1(z_1)]$ – строго вогнутые;

– точка с координатой $z_1 = 0$ является точкой экстремума для функций

$$\pm f_1(z_1);$$

– функцию $f_1(z_1)$ считаем убывающей $\forall z_1 \in \left(0; \frac{1}{2}l\right)$ (рис. 1, а) и возрастающей при $\forall z_1 \in \left(0; \frac{1}{2}l\right)$ (рис. 1, б).

Рассмотрим пример. Пусть

$$F_1(z_1) = a_2 - a_0 z_{12}, \quad a_2 > 0; \quad a_0 > 0.$$

Очевидно, что $f_1(-z_1) = f_1(z_1)$.

Тогда, в соответствии с рис. 1 имеем:

$$f_1\left(\pm \frac{1}{2}l\right) = 0 \Rightarrow a_2 - a_0 \frac{l^2}{4} = 0.$$

Отсюда определяем коэффициент a_2 :

$$a_2 = a_0 \frac{l^2}{4}.$$

С учетом этого, можно записать:

$$f_1(z_1) = a_0 \left(\frac{l^2}{4} - z_1^2 \right), \quad a_0 > 0. \quad (3)$$

Обозначим величину подъема этой параболы $C_1 K$ в точке $z_1 = 0$ через δ (рис. 1, а). Тогда

$$\delta = a_0 \frac{l^2}{4} \Rightarrow a_0 = \frac{4\delta}{l^2}.$$

В этом случае можно записать:

$$f_1(z_1) = \delta - \frac{4\delta}{l^2} z_1^2 = \delta \left(1 - 4 \frac{z_1^2}{l^2} \right). \quad (4)$$

Представим уравнение линии меридиана оболочки в опорной системе координат Ozr . Имеем:

$$r = f(z) = R + \delta \left[1 - 4 \frac{\left(z - \frac{1}{2}l \right)^2}{l^2} \right]. \quad (5)$$

Или так:

$$f(z) = R \left[1 + \frac{\delta}{R} - \frac{4\delta}{Rl^2} \left(z - \frac{1}{2}l \right)^2 \right]; \quad (6)$$

$$f'(z) = -\frac{8\delta}{l^2} \left(z - \frac{1}{2}l \right); \quad (7)$$

$$A_1 = \sqrt{1 + 64 \frac{\delta^2}{l^4} \left(z - \frac{1}{2}l \right)^2}; \quad (8)$$

$$A_2 = R \left[1 + \frac{\delta}{R} - \frac{4\delta}{Rl^2} \left(z - \frac{1}{2}l \right)^2 \right]. \quad (9)$$

Рассмотрим другой пример. Пусть

$$f_1(z) = A \cos \frac{\pi z_1}{l}, \quad A > 0.$$

Тогда:

$$\begin{aligned} f(z) &= R + A \cos \frac{\pi}{l} \left(z_1 - \frac{1}{2}l \right) = \\ &= R + A \cos \left(\frac{\pi}{l} z_1 - \frac{\pi}{2} \right) = R + A \sin \frac{\pi z_1}{l}. \end{aligned}$$

Как и ранее считаем, что $f_1(z_1)|_{z_1=0} = \delta$ и соответствует максимальному отклонению линии меридиана от вертикальной прямой $r = R$. Тогда,

$$f(z) = R + \delta \sin \frac{\pi z}{l}. \quad (10)$$

Отсюда следует, что

$$f'(z) = \frac{\delta \pi}{l} \cos \frac{\pi z}{l}$$

и, тем самым, постоянные Ламе определяются соотношениями:

$$A_1 = \sqrt{1 + \left(\frac{\delta \pi}{l} \right)^2 \cos^2 \left(\frac{\pi z}{l} \right)}; \quad A_2 = R \left(1 + \frac{\delta}{R} \sin \frac{\pi z}{l} \right). \quad (11)$$

Остается вычислить радиусы кривизны. Для этого используются, так называемые, соотношения Гаусса-Кодацци:

соотношение Гаусса –

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{1}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_1} \right) + \frac{\partial}{\partial \alpha_2} \left(\frac{1}{A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_2} \right) = -\frac{A_1 A_2}{R_1 R_2}; \quad (12)$$

соотношения Кодацци –

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{A_2}{R_2} \right) = \frac{1}{R_1} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_1}; \quad \frac{\partial}{\partial \alpha_2} \left(\frac{A_1}{R_1} \right) = \frac{1}{R_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_2}. \quad (13)$$

Величины A_1, A_2, R_1, R_2 не могут быть заданы как произвольные функции точки поверхности. Они должны удовлетворять равенствам (12), (13). В теории поверхностей показано, что задание этих четырех величин в виде приведенных соотношений, полностью определяет поверхность (с точностью до положения ее в пространстве).

В линиях кривизны правила дифференцирования ортов \vec{e}_i записываются в виде:

$$\begin{aligned} \frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_1}{\partial \alpha_1} &= -\frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_1} \vec{e}_2 - \frac{1}{R_1} \vec{e}_3; \\ \frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_2}{\partial \alpha_1} &= \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_1} \vec{e}_1; \\ \frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \alpha_1} &= \frac{1}{R_1} \vec{e}_1, \end{aligned} \quad (14)$$

здесь \vec{e}_3 – орт нормали к поверхности.

Эти выражения будут полезны для дальнейших вычислений.

Перейдем к выводу формул для вычисления кривизны координатных линий $\left(\frac{1}{R_1} \right)$ и $\left(\frac{1}{R_2} \right)$ при недеформированном состоянии поверхности.

Имеем очевидное векторное уравнение для точек срединной поверхности оболочки вращения:

$$\begin{aligned} \vec{R} &= \vec{R}(z, \varphi) = \vec{i} r \cos \varphi + \vec{j} r \sin \varphi + \vec{k} z = \\ &= \vec{i} f(z) \cos \varphi + \vec{j} f(z) \sin \varphi + \vec{k} z. \end{aligned} \quad (15)$$

Тогда,

$$\begin{aligned} \vec{R}_z &= \frac{\partial \vec{R}}{\partial z} = \vec{i} f'(z) \cos \varphi + \vec{j} f'(z) \sin \varphi + \vec{k}; \\ \vec{e}_1 &= \vec{e}_z = 1/|\vec{R}_z|; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{R}_z &= \frac{1}{A_1} [\vec{i} f'(z) \cos \varphi + \vec{j} f'(z) \sin \varphi + \vec{k}], \\ A_1 &= \sqrt{1+f'^2(z)}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \vec{R}_\varphi &= [-\vec{i} r \sin \varphi + \vec{j} r \cos \varphi] \\ \Rightarrow \vec{e}_2 &= \vec{e}_\varphi = \frac{1}{|\vec{R}_\varphi|} (-\vec{i} r \sin \varphi + \vec{j} r \cos \varphi) = \\ &= \frac{1}{A_2} (-\vec{i} r \sin \varphi + \vec{j} r \cos \varphi). \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \vec{e}_3 &= \vec{e}_1 \times \vec{e}_2 = \frac{1}{A_1} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ f'(z) \cos \varphi & f'(z) \sin \varphi & 1 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \end{vmatrix} = \\ &= \frac{1}{A_1} (-\vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi + \vec{k} f'(z)). \end{aligned} \quad (18)$$

Из формул (14) следует:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_1} &= \frac{1}{A_1} \vec{e}_1 \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z}; \\ \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z} &= \vec{i} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \cos \varphi + \vec{j} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \sin \varphi + \\ &+ \vec{k} \left[-\frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} f'(z) + \frac{1}{A_1} f''(z) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Тогда,

$$\begin{aligned} \vec{e}_1 \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z} &= \frac{1}{A_1^3} f'(z) \cos^2 \varphi + \frac{1}{A_1^3} f'(z) \sin^2 \varphi - \\ &- \frac{1}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} f'(z) + \frac{1}{A_1^2} f''(z) = \frac{1}{A_1^2} f''(z). \end{aligned}$$

С учетом полученного, можно записать известное соотношение –

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{A_1^3} f''(z) = \frac{f''(z)}{[1+f'^2(z)]^{\frac{3}{2}}}. \quad (20)$$

Из формул (14) операцией «сиге» получим:

$$\begin{aligned} \frac{1}{A_2} \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \alpha_2} &= \frac{1}{R_2} \vec{e}_2 \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{A_2} \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \varphi} \vec{e}_\varphi; \\ \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \varphi} &= \frac{1}{A_1} (\vec{i} \sin \varphi - \vec{j} \cos \varphi); \\ \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \varphi} \vec{e}_\varphi &= \frac{1}{A_1} (\vec{i} \sin \varphi - \vec{j} \cos \varphi) \times \\ &\times (-\vec{i} \sin \varphi + \vec{j} \cos \varphi) = -\frac{1}{A_1}. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{A_1 A_2} \quad (21)$$

или в таком виде:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2(z)} = -\frac{1}{f(z) \sqrt{1+f'^2(z)}}. \quad (22)$$

Если оболочка вращения представляет собой цилиндрическую поверхность, тогда $f(z) = R = \text{const}$, где R – радиус оболочки. В этом случае

$$\frac{1}{R_1} \Rightarrow 0; \quad \frac{1}{R_2} \Rightarrow -\frac{1}{R},$$

что и имеет место в действительности.

Представляет интерес, каким образом изменится тождество Кодацци для рассматриваемой оболочки вращения:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{A_2}{R_2} \right) = \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} ;$$

$$A_1 = \sqrt{1 + f'^2(z)} ;$$

$$\frac{\partial A_1}{\partial z} = \frac{1}{A_1} f''(z) f'(z).$$

Значит

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{A_2}{R_2} \right) \Rightarrow \frac{f''(z) f'(z)}{\left[1 + f'^2(z) \right]^{\frac{3}{2}}}.$$

Правая часть:

$$\frac{1}{R_1} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_1} \Rightarrow \frac{f''(z) f'(z)}{\left[1 + f'^2(z) \right]^{\frac{3}{2}}}.$$

Второе соотношение обращается в нуль.

Уточним соотношения для вычисления пара-

метров Ламе A_1, A_2 , а также кривизн $\left(\frac{1}{R_1} \right)$ и $\left(\frac{1}{R_2} \right)$.

Проводя дальнейшие исследования, принимаем обя-

зательным выполнение условия $-\zeta = \frac{\delta}{R} \ll 1$.

Параметр A_2 целесообразно представить как

$$A_2 = R + \delta - \delta \left(\frac{2z}{1} - 1 \right)^2 = (R + \delta) \left[1 - \frac{\delta}{R + \delta} \left(\frac{2z}{1} - 1 \right)^2 \right] = (R + \delta) [1 - \xi(z)], \quad (23)$$

где

$$\xi(z) = \frac{\delta}{R + \delta} \left(\frac{2z}{1} - 1 \right)^2.$$

Легко установить, что функция $\xi(z) \leq 1$ при $\forall z \in [0, 1]$, то есть $0 \leq \xi(z) \ll 1$.

Параметр A_1 представим в виде

$$A_1 = \left[1 + f'^2(z) \right]^{\frac{1}{2}} = \left[1 + 16\zeta(1 + \zeta)\eta^2 \xi(z) \right]^{\frac{1}{2}},$$

где $\eta = \frac{R}{1}$.

Окончательно значение параметра A_1 запишем так:

$$A_1 = \left[1 + 2\mu \xi(z) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (24)$$

где

$$\mu = 8\zeta(1 + \zeta)\eta^2.$$

В дальнейшем считаем геометрию оболочки такой, для которой выполняется условие –

$$2\mu \ll 1. \quad (25)$$

Это условие имеет ту привлекательность, что содержит характерные геометрические параметры.

Принимая во внимание условие (25), полагаем, что

$$A_1 \cong 1 + \mu \xi(z) - \frac{1}{2} \mu^2 \xi^2(z). \quad (26)$$

Преобразуем соотношения для вычислений величин $\frac{1}{R_1}$ и $\frac{1}{R_2}$. Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_1} &= \frac{-\frac{8\delta}{1^2}}{\left[1 + 16 \left(\frac{\delta}{1} \right)^2 \left(\frac{2z}{1} - 1 \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} = \\ &= -\frac{\mu}{R + \delta} [1 + 2\mu \xi(z)]^{-\frac{3}{2}}. \end{aligned} \quad (27)$$

С учетом основного допущения (25), выражение (27) упрощается:

$$\frac{1}{R_1} \cong -\frac{1}{R} \frac{\mu}{1 + \zeta} \left[1 - \zeta \mu \xi(z) + \frac{15}{2} \mu^2 \xi^2(z) \right]. \quad (28)$$

Очевидно, что когда $\delta \rightarrow 0$, тогда и $\mu \rightarrow 0$, а, следовательно, и $\frac{1}{R_1} \rightarrow 0$.

Остается найти значение кривизны $1/R_2$. В соответствии с (22) имеем:

$$\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{f(z) \left[1 + f'^2(z) \right]^{\frac{1}{2}}} = -\frac{1}{A_1 A_2}.$$

Принимая во внимание выражения (23) и (26), получаем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_2} &= -\frac{1}{\left[1 + \mu \xi(z) \right] (R + \delta) [1 - \xi(z)]} = -\frac{1}{R + \delta} \times \\ &\times \left[1 + (1 - \mu) \xi(z) + (1 - \mu + \mu^2) \xi^2(z) + \dots \right]. \end{aligned} \quad (29)$$

Окончательно имеем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_2} &\cong -\frac{1}{R(1 + \zeta)} \times \\ &\times \left[1 + (1 - \mu + \mu^2) \xi(z) + (1 - \mu)^2 \xi^2(z) + \dots \right]. \end{aligned}$$

Если $\delta \rightarrow 0, \xi \rightarrow 0, \mu \rightarrow 0$, из формулы (29) получаем

$$\frac{1}{R_2} \Rightarrow -\frac{1}{R},$$

что и должно иметь место.

Формулы (23), (26), (27) и (29) справедливы только при выполнении условия (25).

Проведем численную оценку возможной геометрии оболочки. Пусть $\zeta = \frac{\delta}{R} = 0,3$. Это достаточная выпуклость (или вогнутость) поверхности. Тогда:

$$2\mu = 16\zeta(1 + \zeta)\eta^2 = 6,24\eta^2, \eta = \frac{R}{1}.$$

Чтобы выполнялось условие (29) $2\mu \ll 1$, необходимо при значительной выпуклости (или вогнутости) брать сравнительно протяженные оболочки.

Пусть $\eta = 0,1$. Тогда

$$2\mu = 0,06 \Rightarrow \mu \cong 0,030.$$

Если $\eta = 0,2 \Rightarrow \eta^2 = 0,04 \Rightarrow \mu \cong 0,125$.

Последний случай наиболее неблагоприятный. Проанализируем для него численные значения коэффициентов в выражениях (23), (26), (27) и (29).

Прежде всего $\xi(z)$:

$$\xi(z) = \frac{\zeta}{1+\zeta} \left(\frac{2z}{1} - 1 \right).$$

Тогда максимальное значение $\xi(z)$ при $\forall z \in [0,1]$ и $\zeta = 0,3$ будет равно $-\frac{0,3}{1,3} = 0,23$.

Максимальное значение параметра A_1 :

$$A_1 \cong 1 + 0,125 \cdot 0,23 - \frac{1}{2} (0,125)^2 (0,23)^2 \cong 1 + 0,03.$$

Максимальное значение параметра A_2 :

$$A_2 = 1,3R(1 - 0,23).$$

Максимальное значение параметра $\frac{1}{R_1}$:

$$\cong \left(\frac{1}{R_1} \right)_{\max} \cong -\frac{1,25}{13R} (1 - 0,086).$$

Максимальное значение параметра $\frac{1}{R_2}$:

$$\left(\frac{1}{R_2} \right)_{\max} = -\frac{1}{1,3R} (1 + 0,205 + 0,04).$$

Таким образом, приведенные числовые расчеты дают право утверждать, что можно задать такие геометрические размеры оболочки, когда в параметрах A_1 , A_2 , $\frac{1}{R_1}$ и $\frac{1}{R_2}$, начиная с третьего слагаемого, можно пренебрегать остальными.

Рассмотрим оболочки вращения, у которых

$$\frac{4\delta}{1} \ll 1, R \ll 1. \quad (30)$$

Тогда, согласно формулам (23, 24, 26), будем рассматривать случай, когда постоянные Ламе определяются соотношениями –

$$A_1 = 1 + \mu \xi(z) - \frac{1}{2} \mu^2 \xi^2(z) = [1 + 2\mu \xi(z)]^{\frac{1}{2}}. \quad (31)$$

$$A_2 = (R + \delta) [1 - \xi(z)] = R(1 + \zeta) [1 - \xi(z)]. \quad (32)$$

Упростим уравнения движения оболочки. Для этого, воспользуемся допущениями, сформулированными выше. Кроме того, в уравнениях, после вычислений, появятся слагаемые, содержащие множители

$$\frac{\delta}{1}, \frac{\delta}{R}, \left(\frac{\delta}{1} \right)^2, \left(\frac{\delta}{R} \right)^2.$$

Присутствие последних двух, позволяет отбросить, ввиду малости, соответствующие слагаемые, так как

$$\frac{\delta}{1} \ll 1 \quad \text{и} \quad \frac{\delta}{R} \ll 1.$$

Таким образом, все уравнения придут к следующей структуре:

$$[\dots] + \frac{\delta}{1} [\dots] + \frac{\delta}{R} [\dots] = \text{внешнее возмущение} + \text{силы инерции}.$$

Выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении

Проведенные исследования подводят черту предварительным процедурам построения аналитической модели упругого взаимодействия оболочек вращения с акустическим излучением. Рамки анализа ограничены линейно-упругими явлениями.

Перспективными для изучения представляются вопросы рассеяния энергии и прогнозирования степени риска появления особенностей в эксплуатационном режиме изделий.

Литература

1. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций / В.И. Заборов. – Минск: Главгорстрой. – М.: Стройиздат, 1961. – 279 с. – Библиогр.: С. 275-278.
2. Лямшев Л.М. Отражение звука тонкими пластинами и оболочками / Л.М. Лямшев. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 73 с.
3. Никольский В.Н. Звукоизоляция крупнопанельных зданий / В.Н. Никольский, В.И. Заборов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1964. – 241 с.
4. Karachun V.V. Vibration of Porous Plates under the Action of Acoustic / V.V. Karachun // SOVIET APPLIED MECHANICS. – 1987. – Vol. 22, № 3. – P. 236-238.
5. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле: пер. с англ. / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
6. Карачун В.В. Двумерная задача упругого взаимодействия акустического излучения маршевых двигателей с плоскими элементами конструкции КА // Космічна наука і технологія, 1997. – Т. 3, № 5/6. – С. 92-97.
7. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики / Е.Л. Шендеров; ЛЭТИ. – Л.: Судостроение, 1972. – 352 с. – Библиогр.: С. 339-244.
8. Kennard E.N. The new Approach to Shell Theory circular Gylander / E.N. Kennard / J. Appl. Mech. – 1953. – Vol. 20, № 1. – P. 39-41.

9. Мельник В.Н. Напряженно-деформированное состояние подвеса поплавкового гироскопа при акустическом нагружении / В.Н. Мельник // Пробл. прочности. – 2007. – № 1. – С. 39-54.

10. Мельник В.Н. Об особенностях динамики гироскопа с многофазным подвесом в акустических полях / В.Н. Мельник // Космічна наука і технологія, 2002. – Т. 8, № 4. – С. 49-53.

Поступила в редакцию 30.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.М. Рыжков, Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев, Украина.

РОЗРАХУНКОВІ МОДЕЛІ ФРАГМЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ПРИ АКУСТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

В.В. Карачун, В.М. Мельник

Аналізуються оболонки спеціальної форми з довільно окресленою лінією меридіану. Згідно співвідношенням Гауса – Кодацці встановлюються значення сталих Ламе та радіусів кривизни, що дозволяє за ціма чотирма параметрами задати поверхню з точністю до положення її у просторі. Формулюються умови, які обмежують обраний клас поверхонь. Визначаються значення геометричних розмірів, коли припустимі спрощення при обчисленні параметрів Ламе та кривизни. Матеріал вважається лінійно пружним, та підпорядкований закону Гука.

Ключові слова: оболонка, сталі Ламе, кривизни координатних ліній.

CURRENT MODEL AIRCRAFT ENGINE IN FRAGMENTS ACOUSTIC LOADING

V.V.Karachun, V.N.Mel'nick

The shells of nospread function are analysed with the arbitrarily outlined line of meridian. On the basis of correlations of Gausse – Kodacci is set values permanent Lama and radiuses curvatures, allowing on these four parameters to set a surface within position of it in space. Terms, limiting the chosen class of surfaces, are formulated. The values of geometrical sizes are set, when competent simplification at the calculation of parameters to Lama and curvatures. Material is accepted arcwise resilient, conformable the law of Hooke. The study of the phenomenon is limited to the resiliently-tense state of surface, to the offensive of the remaining phenomena

Key words: shell, permanent Lam curvature of coordinate lines.

Карачун Владимир Владимирович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой биотехники и инженерии Национального технического университета Украины «КПИ», Киев, Украина, e-mail: karachun1@gala.net.

Мельник Виктория Николаевна – д-р техн. наук, доцент, проф. кафедры биотехники и инженерии Национального технического университета Украины «КПИ», Киев, Украина, e-mail: karachun1@gala.net.