

Таким образом, предложенный ранее в [2] метод, основанный на применении уравнений и множителей Лагранжа, распространен и на случай наличия отверстий и перекрытий. Исследованы зависимости частот вертикальных колебаний перекрытий от расположения точечных опор и размеров отверстий. Полученные результаты могут быть применены при динамическом и сейсмическом расчетах сооружений промышленного, общественного или другого назначения, имеющих безбалочные перекрытия без внешних стен для опирания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цо Н. Основная частота свободных колебаний упругой квадратной пластинки, опертой в четырех точках // Ракетная техника и космонавтика. — 1966. — № 4. — С. 225—227.
2. Лаурел Е. Свободные колебания линейно деформируемой конструкции при произвольных условиях опирания // Тр. Амер. Обш. инж.-мех. Сер. Е. Прикл. мех. — 1971. — № 3. — С. 17—23.
3. Колебания и устойчивость многовязных тонкостенных систем / Сб. ст. под ред. И. И. Преображенского. — М.: Мир, 1984. — 311 с.
4. Преображенский И. И. Устойчивость и колебания пластинок и оболочек с отверстиями — М.: Машиностроение, 1981. — 191 с.

ЕрПН им. К. Маркса

28. XII. 1988

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 2, 1990, с. 60—65

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.071.133.046.3

Г. А. ГЕННЕВ, А. Ф. МИХАСЯН

О ФОРМАХ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ДВИЖЕНИИ В НИХ ПОТОКА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Для цилиндрических оболочек из физически нелинейных материалов с произвольной диаграммой работы получено выражение для критической скорости внутреннего потока идеального газа, соответствующей поперечной потере устойчивости оболочки. Рассмотрены условия образования устойчивых форм равновесия системы оболочка — поток «бляшка» и «спазма».

Изл. 3. Библ. лит.: 2 назв.

Աշխատանքի կամայական զրոգրամալ ֆիզիկական ու զմային նշանակից պրանային թաղանթների համար ստացված է արտահայտություն իդեալական գազի ներքին շարժի կրիտիկական արագության համար, որը համապատասխանում է թաղանթի կայունության կորուստին նախքան են թաղանթի նուր համակարգի բաղնալուծում և սկզկում կարոն հախաուրուկըրուլան ձևերի զոյալմուն պայմանները ճաստատվում է կրիտիկական արագության արժեքի վրա սկզբնական ճեղման տարրեր աղղեցության ուղմանը:

Тонкостенные цилиндрические оболочки при протекании в них потока жидкости или газа при определенных значениях его скорости мо-

гут потерять поперечную устойчивость. В настоящей статье получено выражение для критической скорости идеального газа, протекающего в безэлементной круговой цилиндрической оболочке из физически нелинейного материала. Критическая скорость газа $V_{кр}$ соответствует разветвлению исходной формы равновесия оболочки, определяемой начальным абсолютным p_0 или избыточным $(p_0 - p_a)$ давлением, отвечающим ему радиусом поперечного сечения оболочки r_0 и относительной деформацией стенок ε_0 .

Найдем значение критической скорости потока, используя для этого метод малых возмущений системы. Установим для оболочки и потока явную зависимость между текущими значениями избыточного давления в потоке газа $(p - p_0)$, относительной деформацией стенок оболочки ε и ее радиуса r . Очевидно, что

$$\varepsilon = (r - r_0)/r_0, \quad (1)$$

где r_0 — радиус, соответствующий нулевому избыточному давлению $(p = p_0)$, а p_a — наружное давление.

Если на входе потока в оболочку задать постоянное давление $(p_0 - p_a)$, вызывающее деформацию ее стенок ε_0 , то на основании (1)

$$r_0 = r_{00}(1 + \varepsilon_0). \quad (2)$$

Будем считать движение газа в процессе смены формы равновесия системы близким к установившемуся, для которого может быть использован интеграл Бернулли, имеющий для адиабатического потока вид [2]

$$\frac{v^2}{2} + \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\rho} = \frac{v_0^2}{2} + \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0} = \text{const}, \quad (3)$$

где v и v_0 — скорости потока газа соответственно при r и r_0 , ρ — плотность газа, k — показатель адиабаты, равный отношению его теплоемкостей при постоянных давлении и объеме (для воздуха $k \approx 1,4$).

Для адиабатического потока идеального газа зависимость между давлением p и плотностью ρ имеет вид

$$p/p_0 = (\rho/\rho_0)^k, \quad (4)$$

а условие неразрывности одномерного потока газа может быть записано в виде

$$\rho_0 v_0 r_0^2 = \rho v r^2. \quad (5)$$

Подставляя в уравнение (3) выражение для V из (5), а также имея в виду (2), для потока получаем неявную функциональную зависимость p от r в виде

$$(p/p_0)^{(k-1)/k} = (k-1)M_0^2[1 - (p_0/p)^{1/k}r_0^2/r^2], \quad (6)$$

где $M_0 = V_0/a_0$ — число Маха для первоначальной формы движения потока газа, $a_0 = \sqrt{k p_0/\rho_0}$ — скорость звука.

Для цилиндрической оболочки справедлива зависимость

$$p - p_0 = \frac{1}{2} \epsilon \delta_{\theta\theta} r_0 \quad (7)$$

где $\delta(\epsilon)$ — кольцевое напряжение в стенке, а $\delta_{\theta\theta}$ — ее толщина.

Очевидно, что реакции оболочки и потока жидкости на бесконечно малые изменения радиуса в их поперечных сечениях можно определить, сравнивая значения dp/dr для оболочки и потока. При $(dp/dr)_{\theta\theta} > (dp/dr)_0$ имеет место устойчивая форма равновесия системы, а при $(dp/dr)_{\theta\theta} < (dp/dr)_0$ — неустойчивая. Условие

$$(dp/dr)_{\theta\theta} = (dp/dr)_0 \quad (8)$$

соответствует критическому состоянию системы.

Из зависимостей (6) и (7) для первоначальной формы движения потока при $p = p_0$ и $r = r_0$ соответственно получим

$$(dp/dr)_{\theta\theta} = 2kp_0 M_0^2 r_0 (1 - M_0^2), \quad (dp/dr)_0 = [mz'(z_0) - (p_0 - p_0)] r_0,$$

где $m = \delta_{\theta\theta} r_0$.

Из условия (8) находим

$$M_{кр}^2 = [mz'(z_0) - (p_0 - p_0)] / [mz'(z_0) - (2k - 1)p_0 + p_0], \quad (9)$$

$$V_{кр} = a_0 V [mz'(z_0) - (p_0 - p_0)] / [mz'(z_0) - (2k - 1)p_0 + p_0]. \quad (10)$$

Очевидно, что $M_{кр} < 1$ и $V_{кр} < a_0$. При достижении или превышении скоростью газа значения, определяемого выражением (10), возможно образование смежных форм равновесия системы оболочка—поток «бляшки» и «спазма» [1].

Рассмотрим некоторые качественные и количественные особенности кривых возможных равновесных состояний системы оболочка—поток при $M_0 > M_{кр}$. Анализ уравнения состояния системы (6) показывает, что для различных видов функции $\delta(\epsilon)$ зависимость M_0^2 от ϵ может иметь качественно различный характер. Прямая 1 на рис. 16—36 отмечает первоначальной форме движения потока, а условие $\epsilon = \epsilon_0$ тождественно удовлетворяет уравнению (6) при любых значениях M . Эта форма равновесия является устойчивой в диапазоне $M_0 < M_{кр}$ ($V < V_{кр}$). В точке А (при $M_0 = M_{кр}$) происходит разветвление форм равновесия системы и при $M_0 > M_{кр}$ первоначальная форма движения потока становится неустойчивой.

Кривая 2 определяется уравнением (6) при $\epsilon \neq \epsilon_0$ и отмечает устойчивым формам равновесия системы оболочка—поток. В зависимости от вида диаграммы σ — ϵ кривая 2 может располагаться как в соответствии с рис. 16—(AB'), так и рис. 36—(AB').

Если в некоторой точке А участка неустойчивого равновесия при прямой 1, для которого $M_0 > M_{кр}$, приложить к оболочке внешнее осесимметричное малое возмущение, то произойдет скачкообразное изменение физико-геометрических параметров системы, а именно величин

ϵ , r , p , ρ и V . В том случае, если кривая 2 имеет вид AB' (рис. 1 б), то при малом возмущении, обеспечивающем $d\epsilon > 0$, $dr > 0$ (образование «бляшки»), новое значение $\epsilon = \epsilon'$ определится абсциссой точки B' , ордината которой соответствует точке A' , и «бляшка» имеет устойчивую форму равновесия. При $d\epsilon < 0$, $dr < 0$ (образование «спазма») устойчивой формы последней не будет.

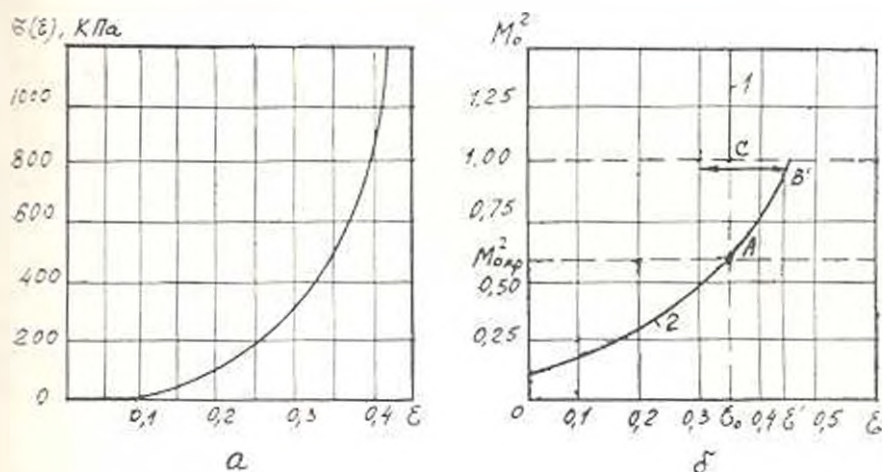


Рис. 1.

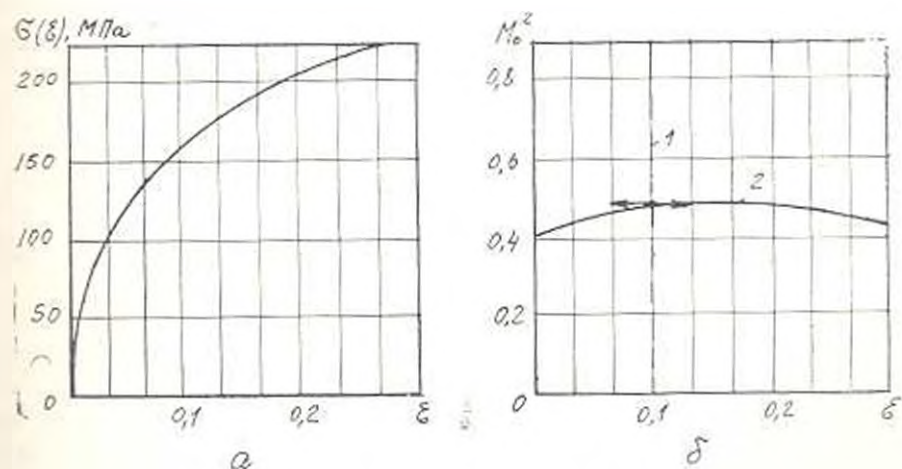


Рис. 2.

В том случае, если кривая 2 имеет вид AB'' (рис. 3 б), при малом возмущении, обеспечивающем $d\epsilon < 0$, $dr < 0$ (образование «спазма»), новое значение $\epsilon = \epsilon''$ определится абсциссой точки B'' , ордината которой также соответствует точке A' , и «спазм» имеет устойчивую форму равновесия. Если же $d\epsilon > 0$, $dr > 0$ — устойчивой формы «бляшки» не будет.

Критерий соответствия материала оболочки тому или иному из двух указанных выше случаев расположения кривой 2 может быть установлен на основании (1), (2) и (6) из очевидных условий

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{dM_0^2}{d\epsilon} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{d}{d\epsilon} \left| \frac{[p(\epsilon) p(\epsilon_0)]^{(k-1)/k} - 1}{1 - [p(\epsilon_0) p(\epsilon)]^{2/k} [(1 - \epsilon_0)(1 - \epsilon)]^k} \right| \gg 0 \quad (11)$$

В случае, когда при любых ϵ

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{dM_0^2}{d\epsilon} \equiv 0, \quad (12)$$

линия 2, определяемая выражением (6), представляет собой в координатах ϵ, M_0^2 горизонтальную прямую, характеризуемую уравнением $M = M_{\text{огр}}$. При $M < M_{\text{огр}}$ система оболочка-поток, как всегда является устойчивой. При $M > M_{\text{огр}}$ ни "бляшка", ни "спазм" устойчивых форм равновесия не имеют. Диаграмма зависимости ϵ от ϵ , удовлетворяющая условию (11), отвечает границе смены устойчивых форм равновесия для "бляшки" и "спазма".

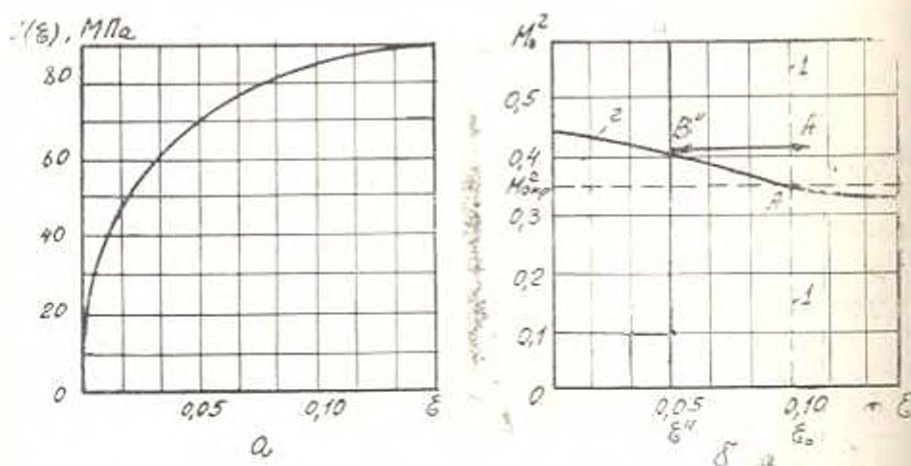


Рис. 3.

На рис. 2 а представлен график зависимости ϵ от ϵ для меди $\sigma(\epsilon) = 350\epsilon^{1/2}$ МПа. При $m = 0.01$, $p_0 = 100$ кПа, $k = 1.4$, $\rho_0 = 1.8$ кг/м³, $\epsilon_0 = 0.1$ на основании (2), (6) и (7): $p_0 = 1580$ кПа, $M_{\text{огр}}^2 = 0.472$, $M_{\text{огр}} = 0.687$, $a_0 = 1/\sqrt{k\rho_0 p_0} = 1100$ м/с, $V_{\text{огр}} = a_0 M_{\text{огр}} = 760$ м/с. При $\epsilon = 0.2$, $p = 1800$ кПа и на основании (10): $M_0^2 = 0.472$, $M_0 = 0.687$, а при $\epsilon = 0.05$, $p = 1330$ кПа — $M_0^2 = 0.444$, $M_0 = 0.666$.

Таким образом, линия 2, определяемая уравнением (6), в координатах ϵ, M_0^2 почти горизонтальная (рис. 2 б). В этом случае при $M_0 > M_{\text{огр}}$ ни "бляшка", ни "спазм" устойчивых форм равновесия не имеют.

График, представленный на рис. 1 а, построен для материала органического происхождения: $\varepsilon(\varepsilon) = 3,5 \cdot 10^4$ кПа. При $m = 0,1$, $p_0 = 10^3$ кПа, $k = 1,4$, $p_0 = 1,8$ кг/м² и $\varepsilon_0 = 0,35$, $p_0 = 140$ кПа — $M_{\text{кр}}^1 = 0,596$, $M_{\text{кр}} = 0,772$, $a_0 = 330$ мс, $V_{\text{кр}} = 255$ мс, а при $\varepsilon = \varepsilon^* = 0,45$, $p = 200$ кПа — $M_0^1 = 0,978$, $M_0 = 0,989$. В этом случае кривая 2, определяемая уравнением (6), проходит по линии АВ (рис. 1 б), „бляшка“ ($d\varepsilon > 0$) имеет устойчивую форму равновесия, а „спазм“ ($d\varepsilon < 0$) — неустойчивую.

График на рис. 3 а построен для алюминия: $\varepsilon(\varepsilon) = 150\varepsilon^2$ мПа. Для цилиндрической оболочки из этого материала: $m = 0,01$, $p_0 = 100$ кПа, $k = 1,4$, $p_0 = 1,8$ кг/м², $\varepsilon_0 = 0,1$, $p_0 = 840$ кПа, $M_{\text{кр}}^1 = 0,356$, $M_{\text{кр}} = 0,596$, $a_0 = 820$ мс, $V_{\text{кр}} = 487$ мс. При $\varepsilon = \varepsilon^* = 0,05$, $p = 745$ кПа — $M_0^1 = 0,392$, $M_0 = 0,626$. Кривая 2, определяемая уравнением (6), проходит по линии АВ (рис. 3 б) и при $d\varepsilon < 0$ образуется „спазм“, который имеет устойчивую форму равновесия, а „бляшка“ ($d\varepsilon > 0$) в этом случае устойчивой формы равновесия не имеет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генцев Г. А. Поперечная устойчивость замкнутых цилиндрических оболочек при движении в них потока идеального газа // Строит. механика и расчет сооружений. — 1986. — № 4. — С. 36—39.
2. Лойциский Л. Г. Механика жидкости и газа — М.: Наука, 1970. — 904 с.

ЦНИИСК им. Кучеренко

25.11.1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 2, 1990, с. 66—70

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.3.06.001.2:66.011.5:658.511

К. Х. ГАЛФЯН, Г. Г. АРУНЯНЦ, Е. А. ШАРБХАНЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Приведены результаты разработки алгоритмического и программного обеспечения подсистемы автоматизированного анализа и выбора оптимальной структуры организации производства химической технологии на стадии формирования технико-экономического обоснования на основании данных описания. Изложен метод определения числа и оптимальных единичных мощностей агрегатов проектируемого производства.

Пл. 1. Библиогр., 2 назв.

Կերպարվում են բիբլիոգրաֆիկա-ալգորիթմական և ծրագրային համակարգի մոդելները և քանակական և որակական հատկանիշների վերլուծության և ծրագրային ապահովման մշակման ալգորիթմները նոր կերպակերպ ստեղծման տեխնիկա-տեխնոլոգիական գնահատման համակարգում կազմակերպվող համակարգի և ներդրող յուրաքանչյուրի պարամետր ճշգրտության որոշման մեթոդը:

(55)