

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ИМПУЛЬСНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РЕБРИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

В. И. Игнатюк

Рассматриваются тонкие изотропные круговые замкнутые цилиндрические подкрепленные оболочки, состоящие из собственно оболочки (обшивки) и ребер (стрингеров и шпангоутов). Ребра располагаются вдоль линий главных кривизн обшивки, и считается, что по линиям их контакта с обшивкой обеспечивается равенство перемещений в нормальном и тангенциальных направлениях и углов поворота и сдвига. Оболочки шарнирно оперты по краям и могут загружаться как осевым сжатием, так и равномерно распределенным по внешней поверхности давлением, быстро возрастающими во времени по линейному закону. Описание обшивки выполняется в рамках общей технической теории тонких оболочек, а для расчета ребер используется теория криволинейных стержней.

Ширина ребер и их жесткость на изгиб в плоскости, касательной к координатной поверхности, не учитываются. Докритическое состояние оболочки принимается безмоментным.

Задача устойчивости решается [2] энергетическим методом в линейной постановке при одночленной аппроксимации перемещений с учетом дискретности расположения ребер и их эксцентриситета.

В выражении кинетической энергии оболочки учитываются только силы инерции, действующие в радиальных направлениях. Уравнение движения оболочки получено с помощью уравнения Лагранжа второго рода, а выражение для динамического критического давления (коэффициента динамичности) - с использованием аналитического критерия устойчивости [1], полученного в предположении, что потеря устойчивости при динамическом нагружении происходит в то время, когда становится возможным интенсивное развитие прогибов оболочки.

Изучение влияния скорости нагружения γ на величины динамических критических нагрузок (коэффициентов динамичности k_d , показывающих во сколько раз динамические критические нагрузки выше статических для тех же оболочек) выполнено для гладких и подкрепленных оболочек радиусом $R=120$ мм, длиной $L=300$ мм и толщиной обшивки $h=0.3$ мм ($R/h=400$). Материал оболочек - АМГ (модуль упругости $E=6.67 \cdot 10^4$ МПа, плотность $\rho_0=0.26 \cdot 10^3$ кг/м³).

Скорость возрастания осевых сжимающих напряжений рассматривалась в пределах от $1 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^6$ МПа/с, а равномерного внешнего давления - от $3 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ МПа/с. Ребра приняты в виде уголков размерами: стрингеры - $2.5 \times 2.5 \times 0.3$ мм; шпангоуты - $5.0 \times 2.5 \times 0.3$ мм (рассматривалось присоединение шпангоутов к обшивке большей полкой). Продольные ребра (стрингеры) принимались расположенными с

внешней стороны обшивки, а поперечные ребра (шпангоуты) при осевом сжатии - с внутренней стороны, при внешнем давлении - с внешней стороны обшивки (с равным шагом).

Результаты вычисления динамических критических нагрузок (коэффициентов динамичности k_d) и соответствующих им параметров волнообразования в зависимости от скорости нагружения приведены: для случая осевого сжатия гладкой и подкрепленных отдельно шпангоутами ($K_1=2$), стрингерами ($K=60$) либо их совместным набором ($K=60$, $K_1=2$) оболочек - в таблице 1; для случая внешнего давления на гладкую и подкрепленную шпангоутами ($K_1=6$) оболочки - в таблице 2 (подкрепление стрингерами здесь не рассматривалось в связи с его низкой эффективностью при внешнем давлении, при котором оптимальному варианту соответствует подкрепление только шпангоутами [3]). В таблицах после указания вида оболочек в скобках приведены величины статических критических нагрузок (осевых сжимающих сил - для осевого сжатия и внешних давлений - для внешнего равномерно распределенного нагружения на оболочку) и соответствующие им параметры волнообразования n и m , где n - число полных волн вдоль окружности обшивки, а m - число полуволн вдоль образующей обшивки.

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы. Величины динамических критических нагрузок (коэффициентов динамичности) растут с возрастанием скорости нагружения. При этом изменяются также формы волнообразования оболочек.

При осевом сжатии эти изменения характеризуются увеличением числа волн m в продольном направлении, а для стрингерных оболочек и оболочек, подкрепленных в обоих направлениях, вместе с тем и возрастанием числа волн n в окружном направлении. При этом при достижении определенных скоростей нагружения возможно резкое (скачкообразное) увеличение числа волн m и n , приводящее к качественно новым случаям деформации оболочек. Так, для рассматриваемой оболочки, подкрепленной перекрестной системой ребер ($K=60$, $K_1=2$), при достижении скоростью возрастания осевых сжимающих напряжений величины $5 \cdot 10^5$ МПа/с (табл. 1) деформирование оболочки изменилось от общего случая деформации с $n=10$ и $m=2$ (по классификации случаев деформирования ребристых цилиндрических оболочек, предложенный в [1]), при котором все ребра и изгибаются, и закручиваются, к восьмому случаю деформации с $n=30$ и $m=24$, при котором ребра обоих направлений только закручиваются. Аналогичное изменение деформирования при достижении той же скорости происходит здесь и в стрингерной оболочке (табл. 1). Характер полученных изменений форм деформирования оболочек свидетельствует о том, что с ростом скоростей нагружения существенное влияние на формы потери устойчивости оказывают положение и характеристики подкрепляющих ребер.

Таблица 1

Осевое сжатие

$\gamma, \text{МПа/с}$	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
Гладкая оболочка ($P_{кр} = 232.60 \text{кН} - n=0, m=29$)						
$k_{д}$	1.014	1.040	1.064	1.185	1.292	1.459
n, m	0, 29	0, 29	0, 29	0, 30	0, 30	0, 31
Шпангоутная оболочка ($P_{кр} = 233.22 \text{кН} - n=0, m=30$)						
$k_{д}$	1.013	1.039	1.062	1.182	1.288	1.458
n, m	0, 30	0, 30	0, 30	0, 30	0, 30	0, 30
Стрингерная оболочка ($P_{кр} = 304.46 \text{кН} - n=7, m=1$)						
$k_{д}$	1.147	1.452	1.584	2.188	2.313	2.505
n, m	7, 1	10, 2	10, 2	30, 25	30, 26	30, 27
Оболочка, подкрепленная перекрестной системой ребер ($P_{кр} = 409.97 \text{кН} - n=12, m=3$)						
$k_{д}$	1.053	1.154	1.244	1.663	1.754	1.896
n, m	12, 3	12, 3	12, 3	30, 24	30, 27	30, 27

Таблица 2

Внешнее давление

$\gamma, \text{МПа/с}$	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
Гладкая оболочка ($q_{кр} = 8.08 \text{кПа} - n=8, m=1$)						
$k_{д}$	1.292	1.652	2.357	3.903	6.596	11.977
n, m	8, 1	8, 1	8, 1	10, 1	12, 1	16, 1
Шпангоутная оболочка ($q_{кр} = 64.10 \text{кН} - n=5, m=1$)						
$k_{д}$	1.053	1.118	1.246	1.486	1.721	2.271
n, m	5, 1	5, 1	5, 1	20, 7	20, 7	21, 7

При внешнем давлении с ростом скорости нагружения растет число волн n в окружном направлении. При этом для подкрепленных шпангоутами оболочек также возможно скачкообразное возрастание числа волн n , соответствующее переходу к качественно новым случаям деформации. Так, при достижении скоростью возрастания внешнего давления величины $\gamma = 1 \cdot 10^5$ кПа/с деформирование шпангоутной оболочки (табл.2) изменилось от общего случая с $n=5, m=1$, когда шпангоуты и изгибаются, и закручиваются, к случаю деформации с $n=20, m=7$, когда шпангоуты только закручиваются.

Таким образом, с ростом скоростей нагружения растут величины критических нагрузок, увеличивается волнообразование в оболочках и возрастает влияние дискретного расположения ребер.

Литература:

1. Амиро И.Я., Заруцкий В.А. Теория ребристых оболочек. К. Наук. думка, 1980. -386 -(Методы расчета оболочек: В 5-ти т.; Т.2.)

2. Игнатюк В.И. Устойчивость многослойных цилиндрических ребристых оболочек при динамическом нагружении. Брестский инженерно-строительный институт -Брест, 1980. 23 с. Доп. в ВИНТИ 12.01.81, № 135-81.

3. Игнатюк В.И. К определению рациональных параметров подкрепления цилиндрических оболочек при динамическом нагружении внешним давлением //Вопросы строительства и архитектуры: Респ. межведомств. ст. -№ 15 -Мн: Выш. шк. 1986.

ВЛИЯНИЕ НА ОСАДКИ СООРУЖЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

В.Е.Валуев, А.А.Волчек, О.П.Мешик, В.Ю.Цилиндь

При проектировании гидротехнических сооружений в вертикальной плоскости, выборе конструкции и обосновании глубины заложения фундаментов, наряду с физико - механическими характеристиками грунтов, водопроницаемостью, деформируемостью и прочностью используются сведения о их естественной влажности, границах сезонного промерзания естественных и искусственных оснований и др. Поскольку нами обнаружены устойчивые тенденции синхронных колебаний факторов, определяющих естественную увлажненность застраиваемых территорий и влагосодержание почво-грунтов, в своих исследованиях допускаем рассмотрение деформаций оснований и осадок фундаментов сооружений также на фоне их связей с гидролого-климатическими показателями. Известно, что деформируемость грунтов оснований может быть обусловлена взаимным перемещением твердых частиц, смятием контактов и разрушением твердых частиц под нагрузкой, процессами переориентирования и взаимного движения частиц. В целом, это деформации объемные и деформации формоизменения. Вертикальные деформации (перемещения) оснований могут иметь следующие виды: осадки, просадки, набухания и усадки, оседания.

Несмотря на то, что процесс деформируемости грунта длительный, основные деформации (до 90% и более от суммарной величины осадки) обычно протекают за сравнительно короткий промежуток времени после приложения расчетной нагрузки, поэтому при оценке деформируемости неоправданно, на практике, ограничиваются именно этими (скоротечными) деформациями. Наиболее опасные для сооружений неравномерные вертикальные деформации основания. Определяющими причинами неравномерных деформаций оснований, наряду с конструктивными особенностями и технологическими условиями работы сооружений, являются местные инженерно-геологические, гидрогеологические и локальные гидролого-климатические факторы. Особый интерес представляет оценка доли вклада в деформации оснований отмеченных выше местных и локальных факторов, их влияние