

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени М.И.КАЛИНИНА

На гравях рукописи

ЧУМАЧЕНКО Сергей Васильевич

УДК 539.3

ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОДКРЕПЛЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ
01.02.03 - Строительная механика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск - 1986

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени государственном университете имени 300-летия воссоединения Украины с Россией

Научный руководитель : академик АН УССР,
доктор физ.-мат. наук,
профессор
В.И.МОССАКОВСКИЙ

Официальные оппоненты: доктор физ.мат. наук,
профессор
В.Н.ПАЙМУШИН

доктор технических наук,
профессор
В.С.ГУДРАМОВИЧ

Ведущее предприятие : Запорожский ордена
"Знак Почета" машино-
строительный институт
им.В.Я.Чубаря

Защита диссертации состоится " 24 " апреля 1986 г.
в "15" часов на заседании Специализированного Совета
К 114.07.02, Днепропетровского института инженеров железно-
дорожного транспорта имени М.И.Калинина.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу:

института.
1986 г.

РАСБЕКО

НТБ
ДУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Во многих практически важных случаях работоспособность летательных аппаратов, конструкций различных машин и других несущих инженерных сооружений определяется их способностью воспринимать комбинированные статико-динамические нагрузки при заданных ограничениях на перемещения и напряжения. Это обстоятельство обусловило появление за последние два десятилетия большого числа работ, посвященных развитию теории и методов расчета подкрепленных оболочек, а также экспериментальному изучению их поведения при действии указанных нагрузок.

Основные результаты в области динамики ребристых оболочек отражены в публикациях И.Я.Амиро, Ю.П.Жигалко, В.З.Гришана, В.А.Заруцкого, Н.И.Карпова, В.А.Леснячей, Д.Б.Липового, А.И.Лиходеда, А.А.Малинина, И.С.Малютина, Л.И.Маневича, А.Н.Писанко, Б.П.Умушкина, Вайгартена, Макдональда, Игла и Сьюла.

Теоретические разработки в указанном направлении связаны с решением сложных краевых задач теории оболочек. В связи с этим в подавляющем большинстве случаев используется конструктивно-ортотропная модель, позволившая на основе хорошо развитой теории анизотропных оболочек решить ряд важных задач и проанализировать влияние параметров подкрепления на напряженно-деформированное состояние и колебания ребристых оболочек. Однако на основе такого подхода нельзя обнаружить особенности деформирования, связанные с дискретным размещением ребер, что в ряде случаев является существенным, а также определить границы применимости конструктивно-ортотропной расчетной схемы.

Известные результаты, полученные с учетом дискретного характера подкрепляющих элементов, относятся к частным случаям

геометрии оболочек и граничных условий; при этом динамические и статические аспекты соответствующих задач рассматриваются раздельно. Поэтому дальнейшие исследования деформирования ребристых оболочек необходимо связывать с усложнением их геометрии, изучением совместного влияния дискретности подкрепления, условий опирания и статических нагрузок на частоты и формы колебаний, а также на основные компоненты динамического напряженно-деформированного состояния. Особый интерес представляет экспериментальная проверка теоретических решений. Эти вопросы практически не освещены в научной литературе.

Вышеизложенное обуславливает актуальность теоретического и экспериментального исследования колебаний предварительно-напряженных подкрепленных оболочек вращения.

Целью работы является

1. Разработка эффективной методики решения задачи о собственных колебаниях предварительно напряженных ребристых оболочек вращения.
2. Изучение совместного влияния статических нагрузок, граничных условий и дискретности ребер на собственные частоты, формы и динамическое напряженно-деформированное состояние.
3. Решение новых статико-динамических задач теории подкрепленных оболочек вращения.
4. Экспериментальная проверка полученных теоретических результатов.

Научная новизна

1. Проведено обобщение асимптотического метода учета дискретности размещения подкреплений на класс статико-динамиче-

ских задач теории ребристых оболочек вращения.

2. Получены оценки пределов применимости конструктивно-ортотропной теории колебаний оболочек вращения достаточно общего вида.

3. Получены решения новых задач о колебаниях подкрепленных оболочек вращения с учетом статических усилий.

4. Проведено сопоставление расчетных данных с результатами экспериментального исследования собственных колебаний предварительно сжатых подкрепленных конических оболочек.

Практическая ценность

Предлагаемая методика и полученные на ее основе результаты могут быть непосредственно использованы в практике КБ и НИИ при статико-динамических расчетах и проектировании конструкций, элементами которых являются ребристые оболочки вращения.

Внедрение результатов

Разработанная в диссертации методика динамического расчета подкрепленных оболочек вращения внедрена в производство с экономическим эффектом 34230 рублей, а также используется при чтении специальных курсов лекций студентам специальности "Динамика и прочность машин" Днепропетровского государственного университета.

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались на научных конференциях, посвященных итогам научно-иссле-

тельской работы ДГУ за 1978-1984 гг.; IV Всесоюзной конференции по статике и динамике пространственных конструкций (Киев, 1978); II Республиканской конференции молодых ученых по механике твердого деформируемого тела и общей механике (Киев, 1979); Всесоюзном симпозиуме по нелинейной теории оболочек и пластин (Казань, 1980); Уральской зональной конференции по влиянию погрешностей изготовления на прочность и надежность деталей машин (Свердловск, 1982); Всесоюзной школе молодых ученых и специалистов по актуальным проблемам механики оболочки (Казань, 1983); на научном семинаре кафедры прикладной теории упругости ДГУ (под руководством академика АН УССР В.И. Моссаковского, Днепродзержинск, 1985).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Объем работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы (166 наименований) и приложение. Работа содержит 86 страниц машинописного текста, 18 рисунков и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении содержатся анализ современного состояния вопроса и общая характеристика диссертационной работы, обосновывается актуальность и излагаются цели исследования, приводится краткое содержание диссертации.

В первой главе приведен обзор результатов, полученных отечественными и зарубежными исследователями в области динамики ребристых оболочек.

Проведенный анализ работ в этом направлении показал, что на определенную завершенность в настоящее время может претендовать лишь теория оболочек вращения, усиленных широтными ребрами. Общие же методы статического, и особенно динамического расчета стрингерных и вафельных оболочек, учитывающие фактическое распределение жесткостных характеристик конструкций, как правило, могут быть использованы лишь при особых граничных условиях. Что же касается статико-динамических задач теории ребристых оболочек, то в этом направлении теоретических и экспериментальных работ явно не достаточно.

Во второй главе сформулированы предположения, положенные в основу выполненного исследования, и выведены уравнения движения куполообразных оболочек вращения (рис. I), нагруженных внешними статическими усилиями с учетом дискретности расположения ребер. Продольные ребра, трактуемые как стержни Киргофа-Клебша, одинаковы и расположены на равных расстояниях друг от друга.

С математической точки зрения расчет собственных колебаний такой конструкции сводится к решению самосопряженной краевой задачи для системы дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа с переменными коэффициентами, содержащими разрывные δ - функции Дирака :

$$L_i(\ddot{U}) \equiv L_{ii}(\ddot{U}) + \Delta_n M_i(\ddot{U}) + \lambda u_i - L^r[u_i] = 0, \quad (I)$$

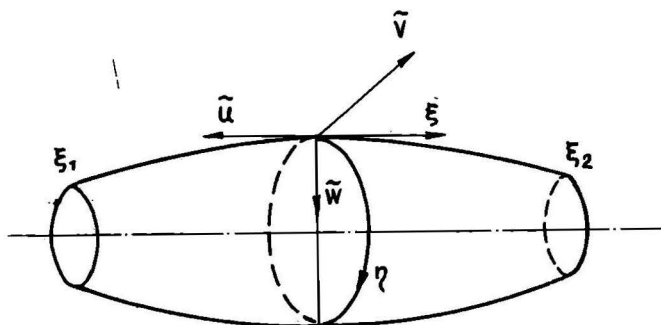


Рис.1. Геометрия срединной поверхности куполообразных оболочек вращения

- где L_{ii} - дифференциальные операторы линейной теории оболочек;
- $\bar{U} = \{u_1, u_2, u_3\}$ - вектор перемещений;
- M_i - дифференциальный оператор, учитывающий ребра жесткости;
- λ - собственная частота;
- $L^p[u_i]$ - дифференциальный оператор, учитывающий задание внешних статических нагрузок;

$$\Delta_N = \sum_{i=1}^N \delta(\eta - \eta_i),$$

$$\eta = y/R_2, \quad i = 1, 2, 3.$$

Для решения (I) используется основная идея метода усреднения - разделение медленных и быстрых составляющих решения, собственные формы и частоты представляются в виде

$$\bar{U} = \bar{U}_0 + \bar{U}_1, \quad \lambda = \lambda_0 + \lambda_1 \quad (2)$$

где \bar{U}_0 , λ_0 - решение конструктивно-ортотропной задачи.

С учётом (2) система (I) разбивается на систему уравнений, соответствующую конструктивно-ортотропной задаче, и систему уравнений для поправок, обусловленных дискретностью расположения ребер.

Для конструктивно-ортотропной задачи

$$L_i^{(0)}(\bar{U}_0) \equiv L_{ii}^{(0)}(\bar{U}_0) + \Delta_N M_i^{(0)}(\bar{U}_0) + \lambda_0 u_i^0 - L^{(p)}[u_i^0] = 0. \quad (3)$$

Для поправок, обусловленных дискретностью подкрепления,

$$L_i(\bar{U}) = -(1-\rho N)\lambda_1 u_i^0 - (\Delta_N - N)M_i(\bar{U}_0). \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, 3)$$

Решение (4) ищется в виде

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_{10} + \bar{U}_{11} + \bar{U}_{12}$$

где функции \bar{U}_{1i} удовлетворяют следующим уравнениям:

$$L_i(\bar{U}_{10}) + \frac{M}{\eta} [(\Delta_N - N) M_i (\bar{U}_{10} + \bar{U}_{11})] = -(1 + \rho N) \lambda_i u_i^0; \quad (5)$$

$$L_i(\bar{U}_{11}) + \frac{D}{\eta} [(\Delta_N - N) M_i (\bar{U}_{10} + \bar{U}_{11})] = -(1 + \rho N) M_i(\bar{U}_0); \quad (6)$$

$$L_{11}(\bar{U}_{12}) + u_{12i} \lambda = 0 \quad (7)$$

$\frac{M}{\eta}$ $\frac{D}{\eta}$ - операторы осреднения.

Аналогичное расщепление проводится для граничных условий.

Решение системы (5) (медленно меняющееся по η и ξ) представляет собой поправки к решению конструктивно-ортотропной задачи, которые малы и не оказывают заметного влияния на напряженно-деформированное состояние оболочки. Существенным для оценки напряженно-деформированного состояния оболочки является решение системы (6) (медленно меняющееся по ξ и быстро - по η), определяющее поправки от учета дискретности подкрепления, и решение системы (7) (быстро меняющееся по ξ и η), позволяющее учесть поправки типа пограничного слоя.

Решение (6) ищется в виде разложения по параметру $q = (n/N)^2$ (малому для низкочастотных колебаний оболочек, подкрепленных достаточно большим числом стрингеров) и может быть записано в аналитической форме. Система (7) описывает состояние типа пограничного слоя, быстро затухающее с удалением от торцев оболочки.

Поэтому, во-первых, удовлетворение граничным условиям на краях $\xi = \xi_1, \xi_2$ может проводиться независимо и, во-вторых, переменные по ξ коэффициенты могут быть "заморожены" по той или иной границе. Далее отыскание \bar{U}_{12} проводится при помощи метода Канторовича.

Условие для отыскания поправок к собственной частоте имеет вид

$$\int_0^{2\pi} \int_{\xi_1}^{\xi_2} [F_i(\xi, \eta) + (1 + \rho N) \lambda_i^{(1)}] u_i^0 d\xi d\eta, \quad (8)$$

где F_i — функция, зависящие от геометрико-жесткостных параметров оболочки.

Результаты, полученные для отрингерных оболочек вращения, без принципиальных затруднений переносятся на оболочки с перекрестным силовым набором.

Использованный во второй главе приближенный метод расчета собственных колебаний предварительно-напряженных ребристых оболочек вращения позволил учесть дискретность расположения ребер при произвольных граничных условиях. Важной особенностью, определяющей эффективность этого метода при расчете конкретных конструкций, является необходимость отбрасывания решений задачи с осредненными коэффициентами, соответствующей конструктивно-ортотропной расчетной схеме. Этот вопрос рассматривается в третьей главе.

Расчет в рамках конструктивно-ортотропной теории представляет, с одной стороны, самостоятельный интерес и, с другой — является первым этапом полного расчета с учетом дискретности расположения ребер.

Сначала рассматривается влияние внешнего давления P на собственные квазипоперечные колебания усеченной конической оболочки (рис.2) любой конусности.

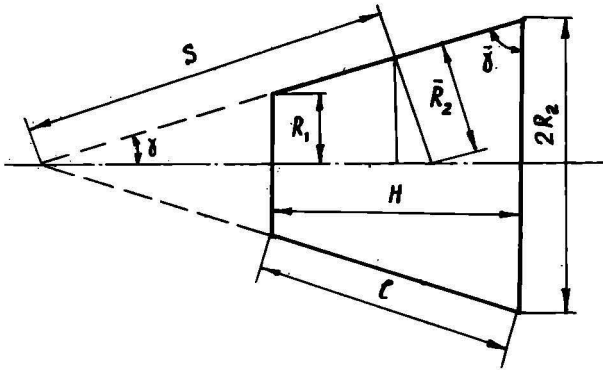


Рис.2. Геометрия конической оболочки.

В этом случае

$$S_{\infty} = p \frac{\sin \delta}{2 \cos^2 \gamma} \cdot \frac{d_1 - d_2^2}{d},$$

, где S_{∞} и S_{20} — усилия

$$S_{20} = -p \frac{\sin \delta}{\cos^2 \gamma} \cdot d,$$

осесимметричного и безмоментного предварительно-напряженного состояния.

Система уравнений, описывающих собственные колебания такой оболочки, после разделения переменных сведена к одному ура-

внешню: $M[W] = \lambda N[W]$ (9), которое решалось с использованием теории возмущений.

В нулевом приближении частоты собственных колебаний определяются по формуле

$$(\lambda = \omega, \lambda_0 = \omega_0, P = P_0 \neq 0):$$

$$\omega_0^2 = \frac{g}{\gamma_y h} \frac{2 A_x K^4}{(\alpha_1 + \alpha_2) \text{ctg}^2 \gamma n_1^2 (n_1^2 + 1)} + \frac{g}{\delta_y h} \frac{D_p \text{ctg}^4 \gamma n_1^2 (n_1^2 - 1)^2}{\alpha_1^2 \alpha_2^2 (n_1^2 + 1)} - P_0 \frac{g}{\gamma_y h} \frac{2 \text{ctg} \gamma n_1^2 (n_1^2 - 1)}{(\alpha_1 + \alpha_2) (n_1^2 + 1)} \quad (10)$$

где $k A_1^{1/4}$ - собственные числа краевой задачи с осредненными коэффициентами;

$n_1 = \frac{n}{\cos \gamma}$, n - число волн по параллели.

Погрешность решений, полученных на основе теории возмущений, увеличивается с ростом угла полураствора конуса, и при $\gamma > 60^\circ$ они становятся неприемлемыми. Поэтому для того, чтобы охватить весь класс конических оболочек, необходимо отдельно рассматривать колебания пологого конуса.

Основные уравнения пологой конической оболочки:

$$\frac{D}{h} \nabla^4 W = \frac{1}{\alpha} \frac{d(Z_c - \delta)}{d\alpha} \frac{d^2 \Phi}{d\alpha^2} + \frac{d^2(Z_c - \delta)}{d\alpha^2} \left(\frac{1}{\alpha} \frac{d\Phi}{d\alpha} \right) + \frac{P}{h} + \frac{\omega^2 \gamma_y}{g} W;$$

$$\frac{1}{E} \nabla^4 \Phi = - \frac{1}{\alpha} \frac{d(Z_c - \delta)}{d\alpha} \frac{d^2 W}{d\alpha^2} - \frac{d^2(Z_c - \delta)}{d\alpha^2} \left(\frac{1}{\alpha} \frac{dW}{d\alpha} - \frac{h^2}{d^2} W \right) \quad (11)$$

Здесь Φ - функция напряжений; δ - расстояние между средними поверхностями конической и описанной около конуса сферической оболочек; Z_c - расстояние между средней поверхностью

сферической оболочки и плоскость большого основания конуса.

Для пологих оболочек вращения δ — мало.

Решения представляются в виде

$$W = \sum_{n=1}^K W_n \delta^n \quad \omega^2 = \sum_{n=1}^K \omega_n^2 \delta^n \quad (12)$$

В нулевом приближении получена система, описывающая колебания пологой сферы.

Далее рассматриваются квазипоперечные колебания конструктивно-ортотропной конической оболочки, предварительно нагруженной продольными сжимающими усилиями T ($T < 0,8 T_{кр}$).

В этом случае $S_{10} = T \cos \gamma$, $S_{20} = T \sin \gamma$.

Дифференциальное уравнение форм собственных колебаний записывается в следующем виде

$$W^{IV} + A(\alpha)W^{III} + B(\alpha, T)W^{II} + C(\alpha)W - m^4 D(\alpha)W = 0, \quad (13)$$

где $A(\alpha)$, $B(\alpha, T)$, $C(\alpha)$, $D(\alpha)$ — некоторые функции, зависящие от α $m^4 = \frac{4n^4\omega^2}{(1-\nu^2)\sin^2\gamma}$ — "большой" параметр.

Уравнение (13) при соответствующих однородных граничных условиях решалось методом ВКБ. Решение его представлялось в виде $W = \exp \int \varphi(\alpha) d\alpha$, и $\varphi(\alpha)$ раскладывалось в ряд по степеням "большого" параметра

$$\varphi(\alpha) \sim \sum_{i=0}^K \varphi_i(\alpha) m^{4-i} \quad (14)$$

Надо отметить, что осевая сжимающая нагрузка входит только в III-е ВКБ приближение, что свидетельствует о слабой зависимости собственных частот от величины сжимающих усилий. Этот вывод согласуется с данными экспериментального исследования, проведенного Ароцом.

В третьей главе также рассматривается алгоритм прямой численной реализации задачи о колебаниях конструктивно-орто-тропных оболочек.

Сравнение результатов, полученных на основе асимптотического метода с численными решениями, подтверждает удовлетворительную точность построенных аналитических решений. На рис.3 показаны зависимости безразмерных собственных частот ω^* конических оболочек, нагруженных внешним давлением, с параметрами $\lambda = 1 : 3$, $R_2/h = 400$ от угла γ в случаях свободного опирания.

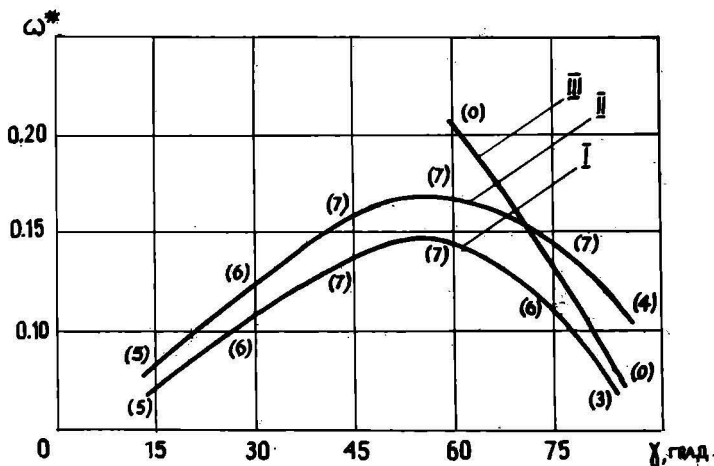


Рис.3. Минимальные частоты собственных колебаний свободно-опертых конических оболочек

Кривая I – численное решение. Кривые II, III – решения, полученные методом возмущений.

С использованием решений конструктивно-ортотропной задачи исследовано влияние равномерного внешнего давления P , осевой сжимающей силы T , дискретности размещения ребер на колебания стрингерных конических оболочек (рис.4, 5, 6, 7).

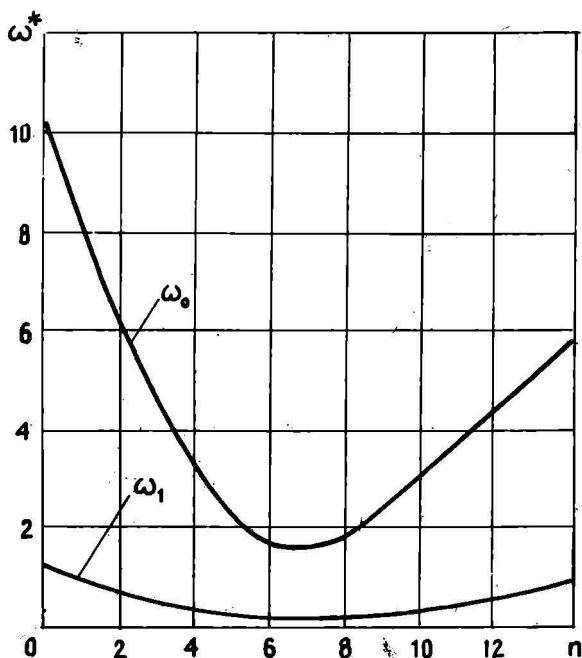


Рис.4. Влияние дискретности размещения ребер на спектр обобщенных частот стрингерных конических оболочек, нагруженных внешним давлением

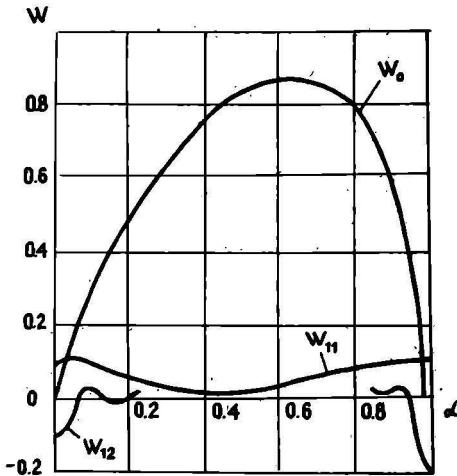


Рис.5. Влияние дискретности размещения ребер на формы собственных колебаний стрингерных конических оболочек, нагруженных внешним давлением

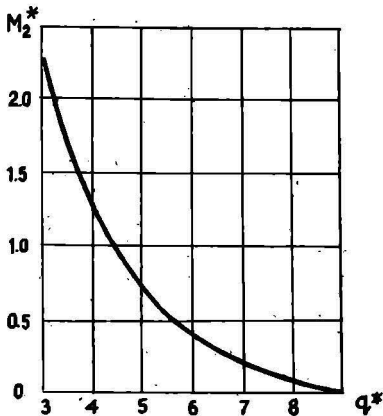


Рис.6. Влияние дискретности размещения ребер на кольцевые изгибающие моменты в стрингерной конической оболочке, нагруженной внешним давлением

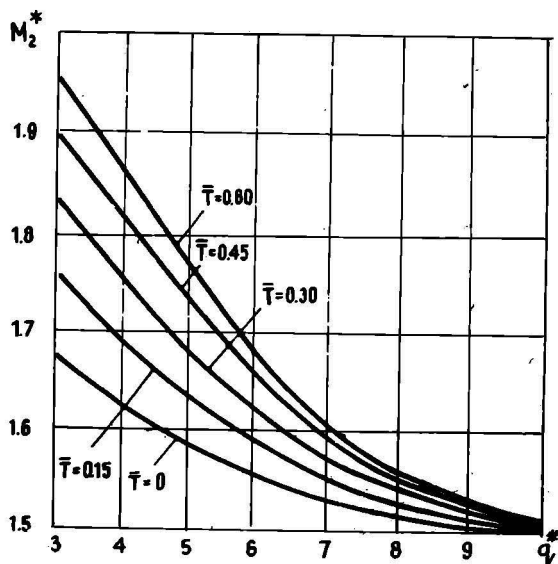


Рис.7. Увеличение степени влияния дискретности размещения ребер на кольцевой изгибающий момент с ростом сжимающей нагрузки

В четвертой главе проводится сопоставление результатов расчета, основанного на изложенной выше методике, с данными специально проведенного в НИИ прочности и надежности конструкций ДГУ экспериментального исследования^{х)}.

х) Определение собственных частот колебаний и соответствующих им резонансных форм осуществлялось сотрудниками НИИ прочности и надежности конструкций ДГУ к.т.н. В.В.Петровым и ст.инж.Ю.М.Селивановым.

Оболочки изготовлялись автором из стали X18H9н, предварительно нагружались осевой сжимающей нагрузкой. Динамические исследования проводились методом голографической интерферометрии.

Геометрические характеристики моделей конических оболочек даны в таблице I.

Таблица I

№ оболочки	$\bar{\gamma}$, град	\bar{r} , м	N, шт.
1	75	0,195	0
2	75	0,195	8
3	75	0,195	16
4	60	0,130	0
5	60	0,130	8
6	60	0,130	16
7	45	0,080	0
8	45	0,080	8
9	45	0,080	16

В результате проведенных испытаний были определены собственные частоты и формы колебаний, а также установлены значения критической нагрузки потери устойчивости всех девяти конических оболочек.

Анализ данных теории и эксперимента позволил сделать следующие выводы:

I. Экспериментальные и расчетные значения собственных частот совпадают с точностью 5-10 %, а критических нагрузок - 7 %.

2. При увеличении количества стрингеров для оболочек с постоянной конусностью наблюдается слабая тенденция к уменьшению влияния осевой нагрузки на низшие собственные частоты.

В заключении сформулированы основные результаты работы:

1. Разработаны эффективные методики оценки совместного влияния статических нагрузок, граничных условий и дискретности ребер на собственные частоты, формы колебаний и динамическое напряженно-деформированное состояние широкого класса подкрепленных оболочек вращения. Основные зависимости получены в виде достаточно простых расчетных формул.

2. Показано, что в рассмотренном диапазоне изменения геометрических и жесткостных параметров, влияние учета дискретности расположения продольных ребер на частоты и перемещения мало (до 10 %), но существенно сказывается на основных компонентах напряженно-деформированного состояния (до 250 %).

3. Построены аналитические решения задач о собственных квазипоперечных колебаниях неоднородных конструктивно-ортотропных конических оболочек с учетом статических усилий. В частности, изучено влияние равномерного внешнего давления и осевой сжимающей нагрузки на динамические характеристики конструкций, подкрепленных продольным силовым набором переменной жесткости.

4. Разработано обобщение асимптотического метода учета дискретности размещения ребер на случай предварительно-напряженных оболочек вращения. Учет статических нагрузок, переменной геометрических и жесткостных характеристик ребристых конструкций осуществляется на этапе получения конструктивно-ортотропного решения задачи. Используемый при этом метод фазовых интегралов (метод ВКБ) в ряде случаев нагружения

конструкций, в частности (осевыми усилиями, приводит к достаточно простым аналитическим зависимостям. Показано, что степень влияния поправок от учета дискретности расположения ребер на компоненты напряженно-деформированного состояния зависит от уровня осевых сжимающих усилий и может достигать 40 %.

5. Проведено сопоставление полученных в работе теоретических зависимостей для конических оболочек, подкрепленных ребрами переменной жесткости и подверженных действию осевых сжимающих усилий с известными экспериментальными данными. Отмечено удовлетворительное согласование теоретических и экспериментальных результатов.

В приложении содержатся документы о внедрении результатов диссертационной работы.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах :

1. Писанко А.Н., Чумаченко С.В. Собственные колебания и устойчивость подкрепленных конических оболочек, нагруженных внешним давлением. - Деп. в ВИНТИ 15.8.77, № 3243. Деп., 19 о.

2. Грицак В.З., Писанко А.Н., Чумаченко С.В. Влияние внешнего давления на собственные колебания подкрепленных конических оболочек вращения. - В кн.: Динамика пространственных конструкций. Киев, КИСИ, 1978, с.13-17.

3. Писанко А.Н., Чумаченко С.В. Устойчивость конструктивно-ортотропных конических оболочек под действием внешнего давления. - Строительная механика и расчет сооружений (О научно-исследовательских работах в вузах УССР). Киев, 1978, вып.10, с.24-26.

4. Чумаченко С.В. Колебания предварительно напряженных ребристых оболочек вращения. В кн.: Тезисы докл. Всес. конф. по велич. теории оболочек и пластин, Казань, 1980, с.125.

5. Грищак В.З., Писанко А.Н., Чумаченко С.В. Алгоритм расчета гладких и ребристых тонкостенных коновтрубок с переменными жесткостными характеристиками при статическом и динамическом нагружении. - В кн.: тезисы докл. Уральской зон. конф. "Пути повыш. надежности и ресурса систем машин". Свердловск, 1981, с.60.

6. Грищак В.З., Лях А.И., Чумаченко С.В. Применение метода ВКБ к исследованию динамических характеристик подкрепленных конических оболочек с учетом влияния статических нагрузок. - В кн.: Динамика и прочность тяжелых машин, Днепропетровск : изд-во ДГУ, 1982, с.117-121.

7. Чумаченко С.В. Влияние статических нагрузок на колебания дискретно подкрепленных оболочек вращения. - В кн.: Тезисы докл. Всес. школы молодых ученых и специалистов по актуальным проблемам механики оболочек. Казань, 1983, с.162.

С. Чумаченко

НТБ
ДНУЖТ

ЧУМАЧЕНКО Сергей Васильевич

**ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОДКРЕПЛЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ**

Специальность 01.02.03 – Строительная механика

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Подписано к печати 06.03.86. БТ 70060. Формат 60x84 1/16.
Бумага типографская № 1. Печать плоская. Усл.печ.л.1,16.
Уч.-изд.л. 0,89. Заказ № 83 Тираж 100 экз. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ДГУ, 320625, ГСП, г.Днепропетровск-10, пр.Гагарина, 72.

Ротапринт ДГУ, 320110, г.Днепропетровск, ул.Генерала Пушкина, 4

Сканировала Юнаковская В. В.