

М 410958

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

НА ДОМ
НЕ ВРАЩАЕТСЯ

Татаринов Александр Петрович

УДК 539.3:622.673

ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

01.02.06 - динамика, прочность машин,
приборов и аппаратуры

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

Москва - 1983

Работа выполнена в Институте прикладной математики и механики АН УССР.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Савченко А.Я.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Алфутов Н.А.

кандидат технических наук, доцент Жислин А.Я.

Ведущая организация - НИИТЕХМАШ Производственного объединения "Ново-Краматорский машиностроительный завод".

Защита состоится " " 1933г.
в 14 час. 30 мин., в ауд. 316 на заседании специализированного совета К 053.15.11 в Московском институте имени Н.Э.Баумана; г. Мос

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

Автореферат разослан

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук
доцент

М 410958

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие различных отраслей современного машиностроения непосредственно связано с расчетом тонкостенных конструкций, основными элементами которых являются: оболочки, подкрепляющие кольца (шпангоуты) и пластины. Зачастую оболочка, как несущий конструктивный элемент, подвергается действию произвольной системы внешних нагрузок, что приводит к сложным разрешающим уравнениям и громоздким вычислительным алгоритмам.

Большой вклад в развитие теории оболочек внесли русские и советские ученые: С.А.Амбарцумян, Л.И.Балабух, В.Л.Бидерман, В.З.Власов, А.Л.Гольденвейзер, Э.И.Григолюк, А.И.Лурье, Х.М.Муштари, В.В.Новожилов, Ю.Н.Работнов, С.П.Тимошенко, В.И.Феодосьев, А.П.Филин и др.

Из оболочек различного очертания, применяемых в качестве несущих элементов тонкостенных конструкций, весьма распространенными являются цилиндрические оболочки, которые, как правило, подкрепляются продольными и поперечными другими элементами. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния подобных конструкций представляют собой один из важных и сложных разделов современной механики.

Подкрепленные цилиндрические оболочки находят широкое применение в различных отраслях техники: авиастроении, судостроении, ракетостроении, строительстве, энергетическом и горном машиностроении. И тем не менее, в горном машиностроении значительно меньше используются достижения науки в области прочности по сравнению с энергомашиностроением или ракетостроением. В следствие чего, в ряде случаев существенно превышаются размеры основных несущих элементов шахтных подъемных машин, представляющих собой замкнутые круговые цилиндрические оболочки, подкрепленные шпангоутами и оперты по торцам на упругие лобовины.

Поэтому, построение новых методов расчета оболочечных конструкций шахтных подъемных машин, основанных на достижениях механики деформируемого твердого тела, является актуальной, современной задачей.

I

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1410958

Татаринцов П.П. Исследования

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

При расчете подкрепленных оболочек можно выделить два направления. Первое из них основано на замене рассматриваемой ребристой оболочки некоторой эквивалентной континуальной моделью конструктивно-ортотропной оболочки. Ко второму направлению относятся исследования, учитывающие дискретное размещение подкрепляющих ребер, среди которых следует отметить работы: И.Я.Амиро, В.А.Заруцкого, Л.И.Балабуха, С.И.Талкина, В.З.Власова, Э.И.Григолюка.

Целью диссертации является дальнейшее развитие исследований напряженно-деформированного состояния подкрепленных цилиндрических оболочек, основанных на использовании дискретно-континуальной модели, с последующей численной реализацией разработанных методов применительно к оболочечным конструкциям шахтных подъемных машин.

Научная новизна. Используя метод расчленения полного напряженного состояния на основное (безмоментное) и дополнительное (моментное), обусловленное краевым эффектом, в работе впервые разработана методика и построен алгоритм расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцевыми ребрами жесткости и пластинами. Более строгий подход здесь связан с учетом всех видов деформации подкрепляющих элементов, а также эквивалентности оси шпангоута по отношению к срединной поверхности оболочки. На основании построенного алгоритма исследовано напряженно-деформированное состояние оболочечных конструкций барабанных и многоканатных подъемных машин.

Определено давление от навивающегося стального каната на оболочку барабанной подъемной машины с учетом податливости стенок оболочки и подкрепляющих шпангоутов. Построен алгоритм вычисления расчетных нагрузок, возникающих при взаимодействии стального каната, обладающего жесткостью на растяжение и на изгиб, с упругой деформацией шкива трения многоканатной подъемной машины. В пределах дуги обхвата шкива канатом учтено наличие зон покоя и упругого проскальзывания.

На основании метода был разработана методика расчета ребристых цилиндрических оболочек при полярно-симметричном нагружении. Исследовано напряженно-деформированное состояние оболочечной конструкции барабанной подъемной машины, сферой по

торцам на упругие лобовины в виде спицевого колеса или кольцевой пластины.

Построен алгоритм расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных произвольным числом шпангоутов и нагруженных в местах постановки ребер различными внешними воздействиями. Осуществлена численная реализация алгоритма для оболочечных конструкций многоканатных подъемных машин.

Достоверность полученных результатов является итогом применения обоснованных методов механики деформируемого твердого тела. Допущения, которые делались при решении того или иного вопроса, не выходили за рамки обычных допущений в теории тонких упругих оболочек, строительной механики стержневых систем, теории упругости и сопротивлении материалов. Достоверность численных результатов решений конкретных задач, полученных в диссертационной работе, устанавливалась путем их сопоставления с известными частными точными решениями.

Практическая ценность работы. На основании разработанных методов исследования напряженно-деформированного состояния подкрепленных оболочечных конструкций, проведены прочностные расчеты оболочек тяговых органов шахтных подъемных машин, выпускаемых Донецким машиностроительным заводом им. ЛКСМУ и Ново-Краматорским заводом им. В.И.Ленина. Даны рекомендации по оптимальному проектированию таких установок.

Кроме того, предложенные методы исследования могут быть использованы в проектных и конструкторских организациях при расчетах строительных и машиностроительных конструкций, элементами которых являются ребристые цилиндрические оболочки.

Основные результаты диссертационной работы используются в Донецком государственном университете при чтении курса лекций "Элементы теории оболочек" и проведении специального научного семинара "Статика и динамика оболочечных конструкций", а также в курсовых и дипломных работах студентов математического факультета.

Внедрение результатов исследования. Теоретические и численные исследования, а также разработанные алгоритмы переданы НИИТяжмаш производственного объединения "Ново-Краматорский машиностроительный завод" для внедрения в практику проектирования и расчета шахтных подъемных установок.

Основные результаты теоретических исследований по определению напряженно-деформированного состояния подкрепленных цилиндрических оболочек внедрены в учебный процесс Донецкого государственного университета.

Апробация работы. Результаты исследований, полученных в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на научных семинарах отдела технической механики Института прикладной математики и механики АН УССР (1980-1983г.г., руководитель - д.ф.-м.н., профессор А.Я.Савченко); на научно-техническом семинаре кафедры теоретической и строительной механики Днепропетровского горного института (1980г., руководитель - д.т.н., профессор В.И.Онищенко); на объединенном научном семинаре кафедр теории упругости и вычислительной математики, прикладной и теоретической механики Донецкого государственного университета и отдела математических проблем упругости и пластичности Института прикладной математики и механики АН УССР (1981-1983г.г., руководитель - чл.-корр. АН УССР, профессор А.С.Космодамианский); на У-ом семинаре-совещании молодых ученых по проблеме оптимизации конструкций при динамических нагрузках (арту, 1982г.); на научном семинаре отдела строительной механики тонкостенных конструкций Института механики АН УССР (Киев, 1982г., руководитель - д.т.н., профессор И.Я.Амиро); на объединенном семинаре кафедры динамики и прочности машин Харьковского политехнического института и Института проблем машиностроения АН УССР "Проблемы прочности и динамики в машиностроении" (Харьков, 1982г., руководители: чл.-корр. АН УССР, профессор А.Н.Подгорный, д.т.н., профессор С.И.Богомолов); на Республиканском научном симпозиуме "Концентрация напряжений" (Донецк, 1983г.); на научном семинаре кафедры динамики и прочности машин Московского высшего технического училища им. Н.Э.Баумана (1983г., руководители: д.т.н., профессор В.Л.Бидерман, д.т.н., профессор П.А.Светлицкий); в отделе главного конструктора опытных машин НИИТяжмаш производственного объединения "Ново-Краматорский машиностроительный завод" (Краматорск, 1983г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано десять работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 100 наимено-

ваний. Текст диссертации содержит 162 страницы машинописного текста, включающего 30 страниц рисунков и таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, определены ее цель и характер, дан краткий обзор работ, относящихся к теме диссертации, представлены оболочечные конструкции барабанных (рис. I, а) и многоканатных (рис. I, б) шахтных подъемных машин, исследуемых в работе, изложено краткое содержание диссертации, показана практическая ценность полученных результатов.

В первой главе приведены дифференциальные уравнения для тонкостенных круговых цилиндрических оболочек, кольцевых ребер жесткости (шпангоутов), круглых и кольцевых пластин. Получены условия совместности деформаций цилиндрической оболочки и подкрепляющих ее элементов, учитывающие их дискретное расположение.

Построен метод расчленения пол. эго напряженного состояния на основное (безмоментное) и дополнительное (моментное) для расчета ребристых цилиндрических оболочек. При этом в работе используются уравнения, как общей моментной технической теории оболочек В.З.Власова

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha^2} + \frac{1-\mu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{1+\mu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha \partial \varphi} + \mu \frac{\partial w}{\partial \alpha} &= -\frac{(1-\mu^2)R^2}{Eh} X, \\ \frac{1+\mu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha \partial \varphi} + \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2} + \frac{1-\mu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial w}{\partial \varphi} &= -\frac{(1-\mu^2)R^2}{Eh} Y, \quad (I) \\ \mu \frac{\partial u}{\partial \alpha} + \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{h^2}{12R^2} \nabla^2 \nabla^2 w + w &= \frac{(1-\mu^2)R^2}{Fh} Z, \end{aligned}$$

так и безмоментной теории

$$\frac{\partial T_1}{\partial \alpha} + \frac{\partial S}{\partial \varphi} = -XR, \quad \frac{\partial T_2}{\partial \varphi} + \frac{\partial S}{\partial \alpha} = -YR, \quad T_2 = ZR, \quad (2)$$

дополненной уравнениями неосесимметричного крутого эффекта

$$\frac{\partial^4 w}{\partial \alpha^4} + 12(1-\mu^2) \frac{R^2}{h^2} w = 0. \quad (3)$$

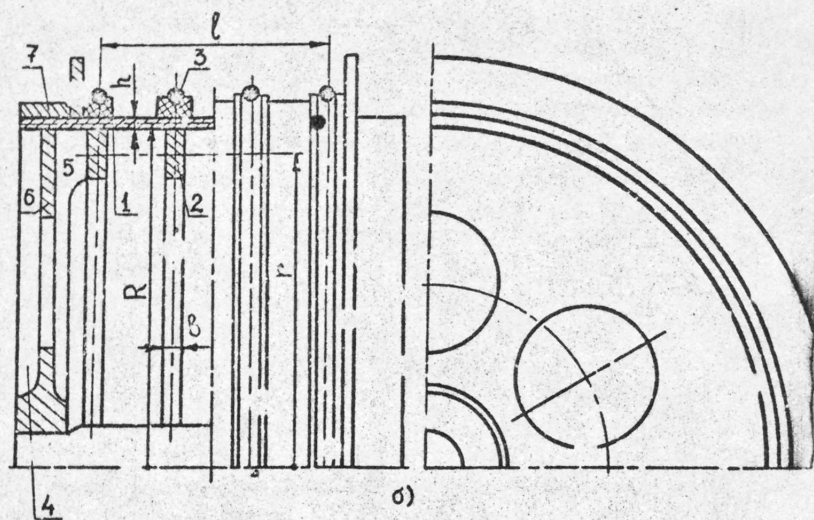
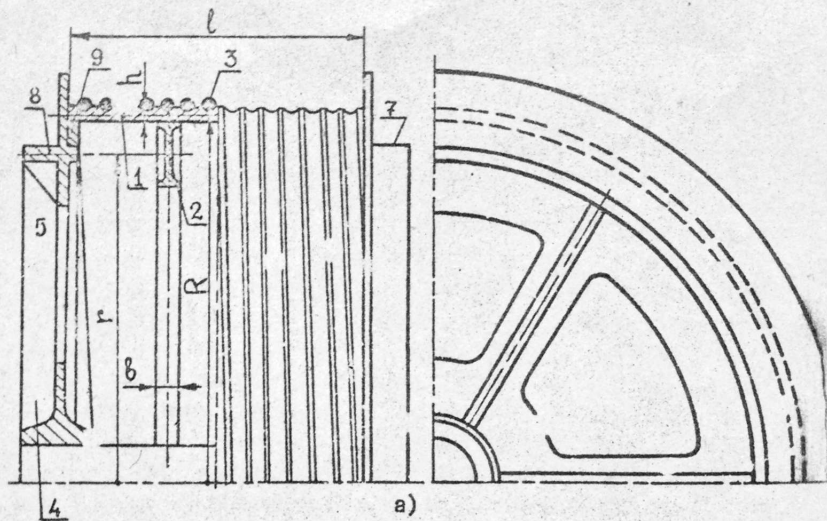


Рис. I

Здесь u , v , w - осевое, окружное и радиальное перемещения точек срединной поверхности оболочки; R и h - радиус и толщина оболочки; E , μ - модуль упругости и коэффициент Пуассона; α , φ - безразмерные продольная и окружная координаты; X , Y , Z - составляющие внешней нагрузки; T , T_2 и S - нормальные и сдвигающее внутренние усилия.

Записаны основные зависимости между внутренними силовыми факторами и перемещениями в оболочке. Приведены уравнения осесимметричной деформации цилиндрических оболочек.

Построены дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях для пространственной деформации кольцевых ребер жесткости.

Выведены уравнения совместности деформаций цилиндрической оболочки со шпангоутами (рис. 2, а)

$$u(\alpha, \varphi) = U(\varphi) + \xi \theta(\varphi) = u(0, \varphi), \quad \psi_1(\alpha, \varphi) = \theta(\varphi) = \psi_1(0, \varphi),$$

$$v(\alpha, \varphi) = V(\varphi) + \xi [V(\varphi) - d W(\varphi)/d\varphi]/r = v(0, \varphi),$$

$$w(\alpha, \varphi) = W(\varphi) = w(0, \varphi);$$

$$q_x(\varphi) = q_1(\varphi) + T_1(0, \varphi) - T_1(\alpha, \varphi), \quad q_y(\varphi) = q_2(\varphi) - S^*(0, \varphi) + S^*(\alpha, \varphi), \quad (4)$$

$$q_z(\varphi) = q_3(\varphi) + Q_1^*(\alpha, \varphi) - Q_1^*(0, \varphi), \quad m_z(\varphi) = m_3(\varphi) - [S^*(0, \varphi) + S^*(\alpha, \varphi)] \xi,$$

$$m_x(\varphi) = m_1(\varphi) - q_y(\varphi) \xi - M_{12}(\alpha, \varphi) + M_{12}(0, \varphi),$$

$$m_y(\varphi) = m_2(\varphi) - q_x(\varphi) \xi + M_{11}(0, \varphi) - M_{11}(\alpha, \varphi) - [Q_1^*(0, \varphi) + Q_1^*(\alpha, \varphi)] \xi,$$

и с круговыми кольцевыми пластинами (рис. 2, б)

$$w = u_{nl}, \quad v = v_{nl}, \quad u = w_{nl}, \quad \frac{\partial w}{R \partial \alpha} = \frac{\partial w_{nl}}{\partial \alpha}, \quad (5)$$

$$T_1 = -(Q_\varphi + \frac{\partial M_{0\varphi}}{R \partial \varphi}), \quad S^* = -S_{\varphi\varphi}, \quad Q_1^* = -N_\varphi, \quad M_1 = M_\varphi,$$

где U , V , W и θ - перемещения и угол поворота поперечного сечения шпангоута; r - радиус оси шпангоута; q_1 , q_2 , q_3 , m_1 , m_2 , m_3 - компоненты распределенных внешних нагрузок и моментов; u_{nl} , v_{nl} , w_{nl} - осевое, окружное и радиальное перемещения точек срединной поверхности пластины.

Эти условия учитывают дискретность и эксцентриситет рас-

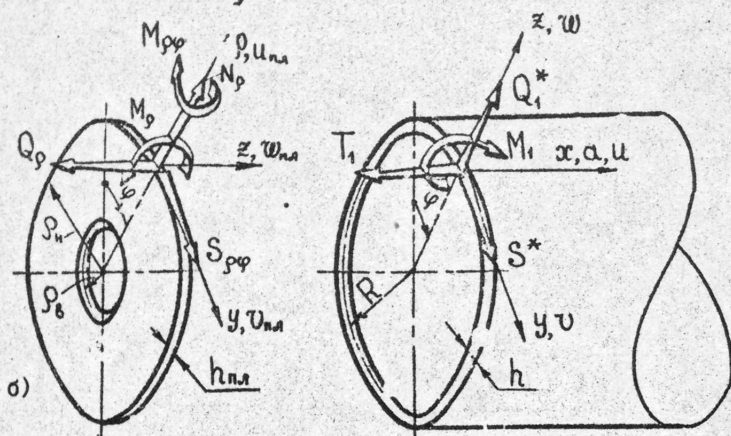
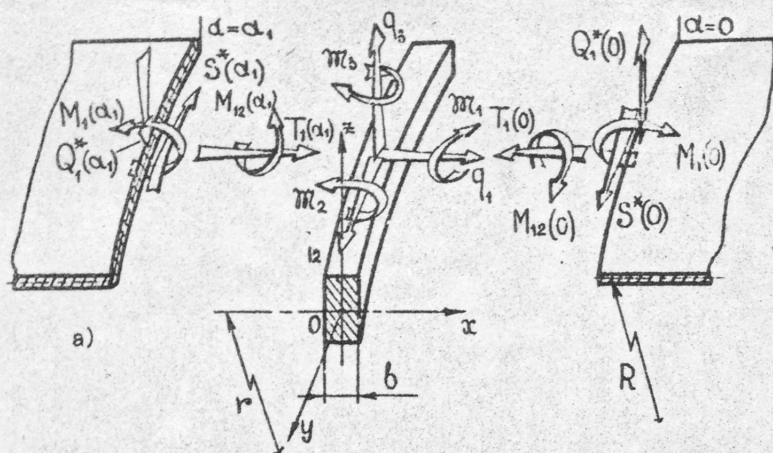


Рис. 2

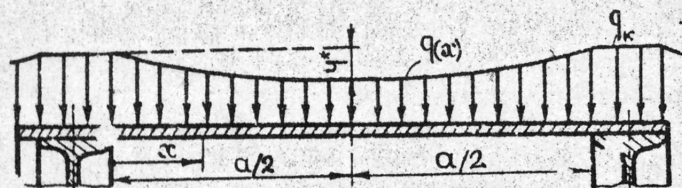


Рис. 3

положения подкрепляющих элементов ($\xi = R - r$, $\varphi = \delta/2$).

Приведены разложения искомых компонентов напряженно-деформированного состояния и нагрузок в тригонометрические ряды по угловой координате.

В этой главе посвящена определению расчетных нагрузок на оболочечные конструкции шахтных подъемных машин.

Основной нагрузкой, испытываемой барабаном шахтной подъемной машины, является давление со стороны навитого на него стального каната. При навивке каждого нового витка каната цилиндрическая оболочка деформируется, точки ее получают радиальные перемещения, вследствие чего меняется усилие в ранее навитых витках каната.

В отличие от известных решений В.Л.Бидермана и Б.С.Ковальского, в которых рассматривалась бесконечно длинная цилиндрическая оболочка, свободная от подкреплений, в данной диссертационной работе оболочка предполагалась короткой и, следовательно, учитывалось влияние ее торцев и подкрепляющих колец жесткости на напряженно-деформированное состояние и натяжение каната.

В результате проведенных исследований, установлено, что распределение давления каната $q(x)$ по длине оболочки между подкрепляющими кольцами можно принять по закону квадратичной параболы (рис. 3)

$$q(x) = q_k - 4q^*x(\alpha - x)/\alpha^2, \quad (6)$$

где $q_k = 0,952 T_0 / R t_T$; $q^* = 0,105 q_k$; α - длина участка оболочки между шпангоутами; T_0 - натяжение в набегающем витке каната; t_T - шаг навивки.

По ширине подкрепляющих колец давление принимается постоянным и равным q_k .

Найдена зависимость, позволяющая определять суммарное давление на поверхность оболочки от многослойной навивки каната, учитывающая чувствительность подкрепленной оболочки, а также деформацию каната

$$q_\Sigma = T(x) K_n / R t_T \quad (7)$$

Коэффициент K_n при двухслойной и трехслойной навивках имеет вид

$$K_2 = 1 + (1 + E_T F_T / E h t_T)^{-1}, \quad K_3 = K_2 + (1 + 2 E_T F_T / E h t_T)^{-1}.$$

Построен алгоритм определения расчетных нагрузок, действующих на оболочечные конструкции многоканатных подъемных машин. Учтено, что в зоне обхвата шкива трения стальной канат работает и на растяжение, и на изгиб, а шкив покрыт упругой футеровкой, способной деформироваться в окружном направлении. Футеровка представлена как одномерная модель упругого основания В.З.Власова. Такая обобщенная постановка задачи позволила построить решения, включающие в себя все ранее известные, как частные случаи при тех или иных допущениях и ограничениях.

Исследовано влияние упругих свойств каната и футеровочного слоя на распределение расчетных нагрузок по дуге покоя и дуге упругого проскальзывания. Результаты исследования представлены в виде графиков. Определено условие отсутствия проскальзывания каната в зоне покоя.

Получены формулы для разложений расчетных нагрузок в ряды Фурье по угловой координате, позволяющие изучать напряженно-деформированное состояние оболочечных конструкций многоканатных подъемных машин с помощью ЭВМ.

Проведено сравнение с ранее известными решениями и сформулированы выводы о распределении расчетных нагрузок на оболочечные конструкции шахтных подъемных машин.

В третьей главе исследовано напряженно-деформированное состояние цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцевыми ребрами жесткости. На основании метода сил разработана методика расчета осесимметрично-нагруженных оболочечных конструкций подъемных машин. Предложен более строгий подход к выбору расчетной схемы и методике проведения расчета, учитывающий податливость упругих лобовин и шпангоутов. Система уравнений совместности деформаций коротких цилиндрических оболочек, торцевых лобовин и промежуточных шпангоутов представлена в виде

$$\delta X + \Delta_p = 0. \quad (8)$$

Здесь δ — матрица податливости, элементами которой являются перемещения основной системы, вызванные единичными силами или моментами, действующими в направлении отброшенных связей; X — вектор-столбец неизвестных поперечных сил и изгибающих моментов, возникающих в стыках оболочечной конструкции; Δ_p — матрица-столбец перемещений основной системы от внешних нагрузок.

Построенная методика предусматривает возможность подкрепления оболочки произвольным числом шпангоутов, различные краевые условия, а также сопряжение по торцам с круглыми пластинами. Проведена численная реализация разработанного алгоритма для конструкции шахтной подъемной машины 2Ц-3,5х1, нагруженной по всей длине давлением от навивающегося каната (6). Коэффициент запаса по отношению к пределу текучести оказался равным $n_T = 3,4$. Рассмотрены различные случаи соединения цилиндрической оболочки с ободом лобовины. Сделано сравнение с ранее известными результатами. Даны соответствующие рекомендации заводам-изготовителям по расчету и конструированию барабанов шахтных подъемных машин.

Проведен статический расчет на прочность цилиндрической оболочки, подкрепленной шпангоутом, при асимметричном изгибе. Внешней нагрузкой являлось давление от натяжения стального каната, перекинутого через шпангоут с углом обхвата 180° . Тонкостенная оболочка рассматривалась по моментной технической теории В.З.Власова (1). Определены компоненты напряженно-деформированного состояния как оболочки, так и кольцевого ребра жесткости. Найдено приближенное решение задачи, основанное на определении напряженно-деформированного состояния подкрепленной оболочки по безмоментной теории, дополненной теорией асимметричного краевого эффекта. Проведено сравнение результатов, полученных по точной и приближенной теориям и установлены пределы применимости приближенного подхода для различных наиболее характерных случаев нагружения серийных многоканатных подъемных машин. Доказано, что безмоментная теория, дополненная теорией краевого эффекта, вполне приемлема при изучении напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций таких установок, в которых нагрузка от подъемных канатов передается через шпангоуты.

Исследовано напряженно-деформированное состояние шкива трения четырехканатной подъемной машины типа МК-3,25х4. Расчет оболочки при $m=0$ (m - порядковый номер в разложениях искомых функций и нагрузок в ряды Фурье) проводился на основании методики, разработанной для асимметричной деформации оболочечных конструкций подъемных машин. При $m=1$ деформация обо-

лочки рассматривалась без искажения формы ее поперечного сечения. Начиная с $m=2$ и далее решения аде и строилось на основе метода расчленения полного напряженного состояния на основное (безмоментное) и дополнительное (моментное), обусловленное краевым эффектом. Приведены графики изменения деформационных и силовых факторов как по длине оболочки, так и в окружном направлении. Определен коэффициент запаса по отношению к пределу текучести $\sigma_T=4,2$.

На основании приближенного метода, построен алгоритм исследования напряженного состояния цилиндрических оболочек подкрепленных любым числом шпангоутов и нагруженных в местах постановки ребер произвольной системой внешних сил. Получены фундаментальные матрицы отдельного участка оболочки и матрицы перехода через шпангоуты, позволяющие с помощью численного метода прогонки определить все деформационные и силовые факторы сложной оболочечной конструкции. Исследовано влияние различных силовых факторов на полное напряженное состояние оболочки шкива трения многоканатной подъемной машины. Сделаны выводы и даны рекомендации по расчету таких установок.

Четвертая глава посвящена расчету цилиндрических оболочек, подкрепленных шпангоутами и опертых по торцам на упругие лобовины. Рассмотрена задача о взаимодействии моментной круговой цилиндрической оболочки со спицевой лобовиной. Если сварные или литые лобовины барабанных подъемных машин имеют значительные отверстия (круглые, а чаще всего трапециевидные), то они образуют спицы. У таких лобовин, соединенных с оболочкой, роль обода выполняет торцевой шпангоут.

Исследовано влияние упругой податливости лобовины, состоящей из обода, спиц и ступицы, на напряженное состояние оболочки, подкрепленной шпангоутами, при нагружении ее осесимметричным давлением с навивающегося каната. Сформулированы условия совместности деформаций оболочки и составной лобовины. Показано, что даже при полярно-симметричном нагружении оболочки такие лобовины приводят к большой неравномерности поля напряжений и деформаций, распространяющейся от торца конструкции вплоть до первого промежуточного шпангоута. Сделаны выводы и даны рекомендации по расчету оболочечных конструкций барабанных подъемных машин, подкрепленных по торцам спицевыми лобови-

нами.

Построен алгоритм прочностного расчета статически неопределимых кольцевых пластин (лобовин шахтных подъемных машин) при нагружении давлением от подъемного каната. Полученные решения позволяют реализовать условия совместности деформаций цилиндрических оболочек барабанных подъемных машин с лобовинами в виде дисков постоянной толщины.

В заключении сформулированы основные выводы и научные результаты исследований, полученные в диссертационной работе, а также даны необходимые рекомендации по расчету и проектированию оболочечных конструкций шахтных подъемных машин.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

В результате теоретических исследований, проведенных в диссертационной работе, получило дальнейшее развитие направление, связанное с определением напряженно-деформированного состояния сложных оболочечных систем, состоящих из: цилиндрических оболочек, кольцевых ребер жесткости и круговых пластин.

Разработанные методы расчета могут быть непосредственно использованы в практике тяжелого машиностроения при проектировании оболочечных конструкций шахтных подъемных машин. Полученные результаты исследований являются вполне достоверными и позволяют варьировать параметры несущих элементов подъемных машин при проектировании новых конструкций, а также определять напряжения и деформации в существующих установках. Большинство результатов представлено в аналитической форме и реализовано в виде соответствующих графиков и таблиц. Этим внесен определенный вклад в решение важной научной проблемы, выдвинутой запросами инженерной практики и необходимостью развития науки о прочности в горном машиностроении.

Основные результаты, полученные в работе, заключаются в следующем:

1. Разработана научно-обоснованная методика исследования напряженно-деформированного состояния ребристых цилиндрических оболочек, учитывающая дискретное расположение и различные виды деформации подкрепляющих элементов. Сформулированы условия

совместности деформаций замкнутых круговых цилиндрических оболочек, кольцевых ребер жесткости и круговых пластин.

2. Получены аналитические формулы, позволяющие определять реальные расчетные нагрузки на оболочечные конструкции шахтных подъемных машин. Найдено давление от навивающегося стального каната на оболочку барабанной подъемной машины с учетом податливости стенок оболочки, подкрепляющих лобовин и шпангоутов. Рассмотрено взаимодействие стального каната, обладающего жесткостью на растяжение и на изгиб, с упругой футеровкой шкива трения многоканатной подъемной машины. Исследовано распределение натяжения каната, как в зоне покоя, так и в зоне упругого проскальзывания.

3. На основании метода сил построена методика определения напряженно-деформированного состояния подкрепленных цилиндрических оболочек барабанных подъемных машин при полярно-симметричном нагружении.

4. Исследовано влияние спицевых лобовин на осесимметричное напряженно-деформированное состояние. Показано, что весь расчет оболочек барабанных подъемных машин следует проводить по двум теориям: участки оболочки между лобовинами и первыми промежуточными шпангоутами необходимо рассчитывать по моментной технической теории В.З.Власова, а остальную часть конструкции — по моментной осесимметричной теории. Установлено, что существующие конструкции барабанных подъемных машин можно существенно облегчить, уменьшив толщину оболочки и размеры поперечных сечений подкрепляющих элементов, снизив при этом себестоимость установок, и увеличив их грузоподъемности.

5. На примере исследования цилиндрической оболочки, подкрепленной шпангоутом, нагруженной несимметричным давлением от подъемного каната, показано, что безмоментная теория, дополненная уравнениями краевого эффекта вполне приемлема при изучении напряженного состояния оболочечных конструкций многоканатных подъемных машин. Исследовано напряженно-деформированное состояние оболочек четырехканатных подъемных машин при различных условиях нагружения. Указано на возможность уменьшения толщины оболочки, а следовательно, и собственного веса конструкции.

6. На основании метода расщепления полного напряженного

состояния на безмоментное и краевой эффект, построен алгоритм расчета цилиндрических оболочек, подкрепленных произвольным числом шпангоутов. Численная реализация созданного алгоритма осуществлена с помощью метода прогонки. Результаты, найденные этим методом, для четырехканатных подъемных машин хорошо согласуются с аналитическими решениями, полученными в диссертации.

7. Построенные алгоритмы определения расчетных нагрузок на оболочечные конструкции машин подъемных машин, а также алгоритмы исследования их напряженно-деформированного состояния, реализованы в виде комплекса программ для ЕС ЭВМ.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Татаринов А.П. Определение натяжения стального каната шаттной подъемной машины. - Изв. вузов. Машиностроение, 1980, № 11, с. 94-98.

2. Татаринов А.П. Задача о взаимодействии упругого гибкого стержня и абсолютно твердого цилиндра. - Тез. докл. на Респ. совещании по пробл. динамики твердого тела. Донецк, 1981, с. 50-51.

3. Татаринов А.П. Расчет оболочек барабанов подъемных машин на прочность. - Вестник машиностроения, 1981, № 9, с. 39-40.

4. Татаринов А.П. Оптимальное подкрепление цилиндрической оболочки при динамической устойчивости. - Тез. докл. на У-ой конф. молодых ученых по пробл. оптимизации конструкций при динамических нагрузках. Тарту, 1982, с. 83-86.

5. Татаринов А.П. Устойчивость тонкостенной цилиндрической оболочки, подкрепленной шпангоутом при динамическом нагружении. - Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1982, № 10, с. 29-32.

6. Татаринов А.П. Расчет цилиндрических оболочек многослойных подъемных машин. - Динамика и прочность машин. Харьков: Вища школа, 1982, вып. 37, с. 78-84.

7. Татаринов А.П. Воздействие подъемного каната на тонкостенную цилиндрическую оболочку через шпангоут. - Расчеты на прочность. - М.: Машиностроение, 1983, вып. 24, с. 221-229.

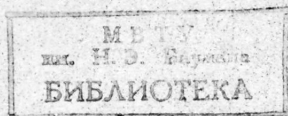
8. Татаринов А.П. Концентрация напряжений в стыке цилиндрической оболочки со спицевым колесом. - Тез. докл. Е. Респ.

симпозиуме. Концепция напряжений. Донецк, 1983, с. 110-111.

9. Татаринов А.П. Напряженно-деформированное состояние цилиндрических оболочек с дискретными шпангоутами. - Проблемы прочности, 1983, № 7, с. 102-106.

10. Татаринов А.П. Взаимодействие подъемного каната с упругой фалеровкой шкива трения. - Изв. вузов. Горный журнал, 1983, № 10, с. 75-78.

А.П. Татаринов



Л-100061 от 26 X-83г. Зак.1335 Объем I, Оп.л. Тираж 100 экз.

Типография МВТУ им. Н.Э.Баумана