

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХООПОРНОЙ ОБОЛОЧКИ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ

Ткаченко Ю.Н.,

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

В работе исследуется жесткость формы мягкой цилиндрической оболочки, закрепленной на жесткой плоскости вдоль параллельных образующих. Материал оболочки считаем абсолютно гибким, не растягивающимся и невесомым. Поперечное сечение оболочки и принятые обозначения показаны на рис. 1. Предложенные зависимости можно использовать для определения параметров оболочки.

Ключевые слова: пневматическая оболочка, центральный угол, радиус-вектор.

Постановка проблемы. В судостроении распространение получают мягкие оболочки воздухоопорного типа [1], в большинстве цилиндрической формы. Способность мягких оболочек претерпевать формоизменения принципиально отличает их жестких конструкция. Для жестких конструкций равновесная форма обычно известна. Для мягких цилиндрических оболочек равновесных состояний может быть множество, в зависимости от характера внешней нагрузки.

В процессе проектирования пневматических воздухоопорных сооружений из мягких материалов необходимо учитывать возможность изменения формы от действующей внешней нагрузки. Способность мягкой оболочки к формоизменению характеризуется жесткостью заданной формы оболочки, ее анализ вызывает большой интерес [2-5].

Анализ последних исследований и публикаций. Задача исследования жесткости рассматривалась в работах [1-4]. Согласно опубликованным результатам жесткость формы мягкой цилиндрической оболочки зависит от внутреннего давления и расстояния между образующими креплений.

Цель статьи – выявление зависимости жесткости и параметров формы цилиндрической пневматической оболочки от условий закрепления, воздействия нагрузки избыточного давления.

Изложение материала исследования и анализ полученных результатов. Рассматривается цилиндрическая оболочка с абсолютно мягкого, не весомого и нерастяжимого материала. Оболочка своими краями закреплена на жестких параллельных образующих A и C , расстояние между которыми B .

Цилиндрическая форма оболочки обеспечивается внутренним избыточным давлением P . Материал оболочки считаем абсолютно гибким, нерастяжимым и невесомым. Пусть на часть оболочки (участок 1), действует избыточное внешним P_1 . На участок 2 действует внутреннее избыточное давление P_2 . N – точка, в которой касательная к оболочке параллельна оси X (горизонтальна). Точка N , также является границей участков 1 и 2. δ – угол наклона основания оболочки к оси X .

Длины L_1 и L_2 участков 1 и 2 заранее неизвестны и определяются из соотношений 1 и 2.

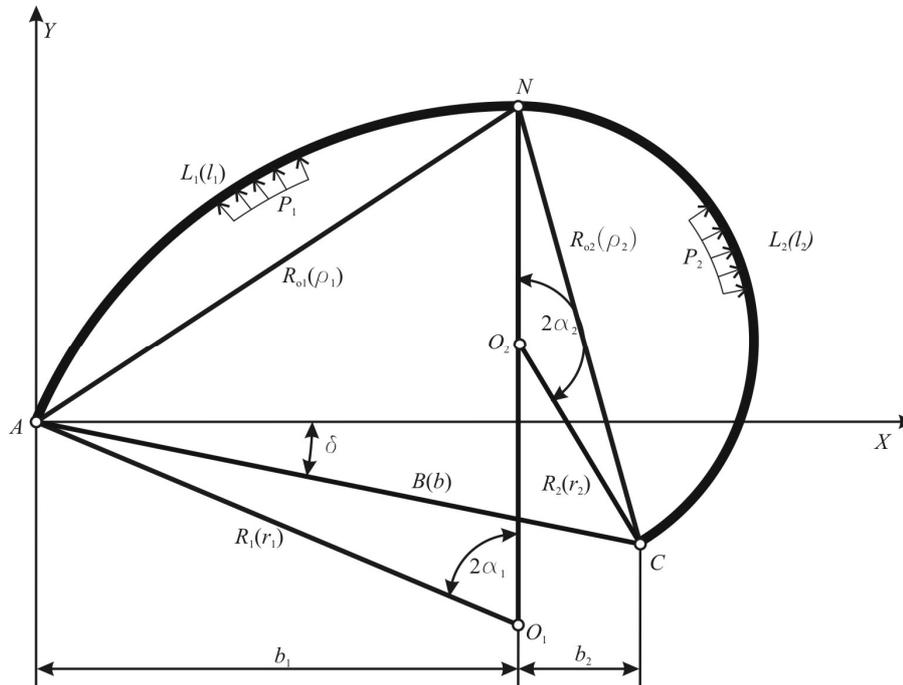


Рисунок 1 – Поперечное сечение оболочки и принятые обозначения

$$L_1 = R_1 \cdot 2\alpha_1 \quad (1)$$

$$L_2 = R_2 \cdot 2\alpha_2 \quad (2)$$

где R_1 и R_2 – радиусы оболочки на участках 1 и 2 соответственно, $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$ – центральные углы оболочки на участках 1 и 2.

Для обобщения результатов расчета и исключения влияния на результат периметра оболочки L , расстояния между краями закрепления B и избыточного давления P , перейдем к безразмерным параметрам. При переходе к безразмерным параметрам все линейные характеристики разделим на L , а силовые на P . Как и в [5] перейдя к безразмерным параметрам обозначим их строчными буквами.

Как было показано в [5] в безразмерном виде радиус-вектор точки N является характеристикой жесткости оболочки.

Задача определения параметров формы ρ_1 , ρ_2 , r_1 , r_2 , $2\alpha_1$, $2\alpha_2$ равновесного состояния оболочки сводится к решению системы трансцендентных уравнений (3, 4) относительно центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$

$$\frac{k \sin(2\alpha_1) + \sin(2\alpha_2)}{2(k\alpha_1 + \alpha_2)} - b \cos(\delta) = 0; \quad (3)$$

$$\frac{k \sin^2 \alpha_1 - \sin^2 \alpha_2}{k \alpha_1 + \alpha_2} + b \sin(\delta) = 0, \quad (4)$$

где b – расстояние между образующими безразмерном виде, $k = \frac{P_2}{P_1}$ – соотношение между давлениями, действующие на участки 1 и 2 оболочки.

Радиус-векторы точки N из точек A и C в безразмерном виде определяем по формулам (5, 6)

$$\rho_1 = 2r_1 \sin(\alpha_1) \quad (5)$$

$$\rho_2 = 2r_2 \sin(\alpha_2) \quad (6)$$

где r_1 и r_2 – радиусы оболочки в безразмерном виде на участках 1 и 2 соответственно ρ_1 и ρ_2 – радиус-векторы точки N , проведенные из точек A и C соответственно

Результаты расчета зависимости центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$, радиусов дуг оболочек r_1 и r_2 , и радиус-векторов точки N ρ_1 и ρ_2 от расстояния между образующими b представлены в виде графиков на рис. 2.

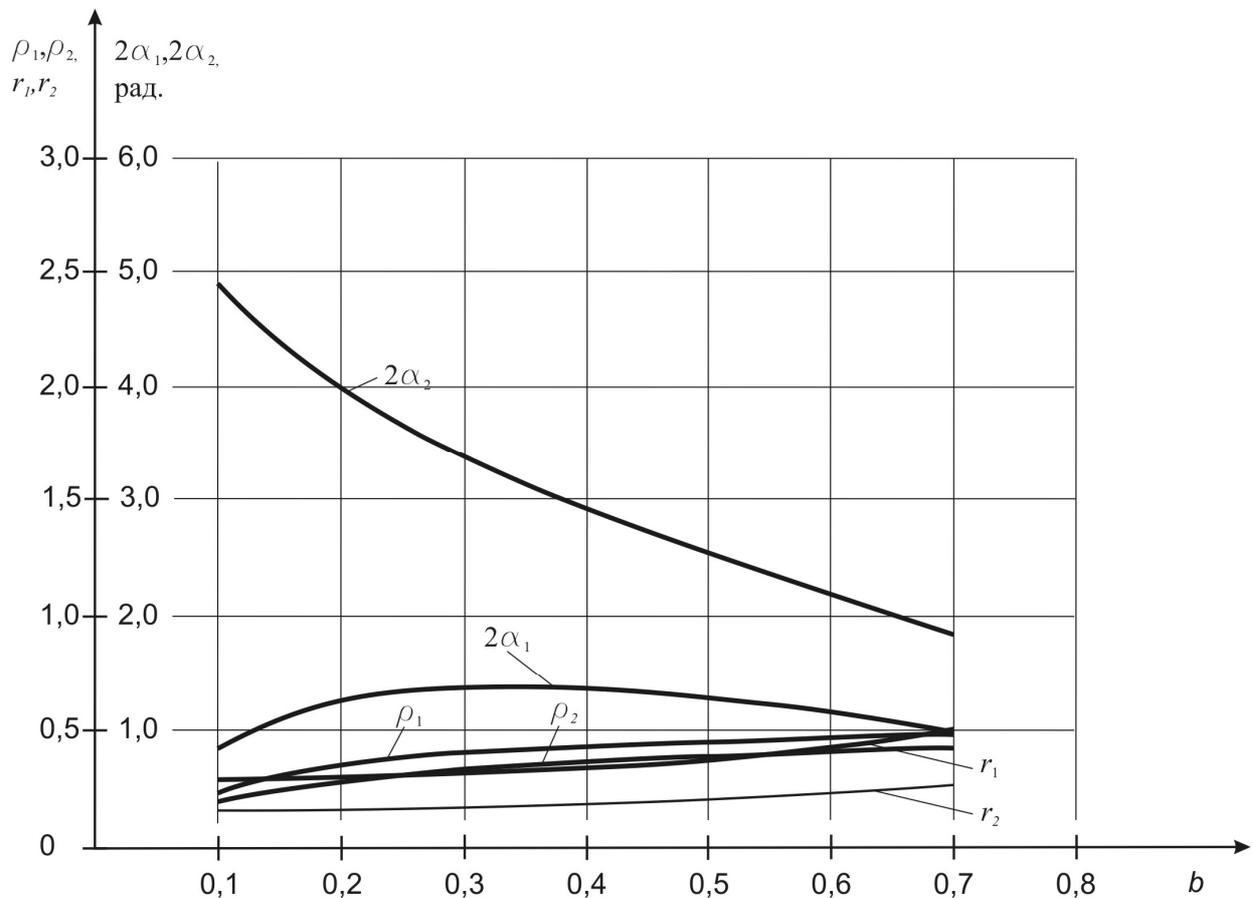


Рисунок 2 – Зависимость центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$, радиусов r_1 и r_2 , радиус-векторов ρ_1 и ρ_2 от расстояния между образующими b

Как было показано в [5] радиус-вектор точки N в безразмерном виде является измерителем жесткости. Поэтому по графику можно определить характер изменения жесткости.

Как следует из графиков, представленных на рис. 2. радиусы r_1 и r_2 , а также радиус-векторы ρ_1 и ρ_2 сохраняют стабильность при возрастании b . Это говорит о том что жесткостные показатели воздухоопорной оболочки, приведенной на рис. 1 мало зависят от величины b . Центральный угол $2\alpha_2$ резко уменьшается по мере возрастания расстояния между образующими крепления b . Центральный угол $2\alpha_1$ изменяется в сравнительно небольшом диапазоне и достигает максимума при $b \approx 0,28$

Результаты расчета зависимости центральных углов, радиусов дуг оболочек и радиус-векторов точки N от соотношения между давлениями $k = \frac{P_2}{P_1}$ на участки 1 и 2 представлены в виде графиков на рис. 3.

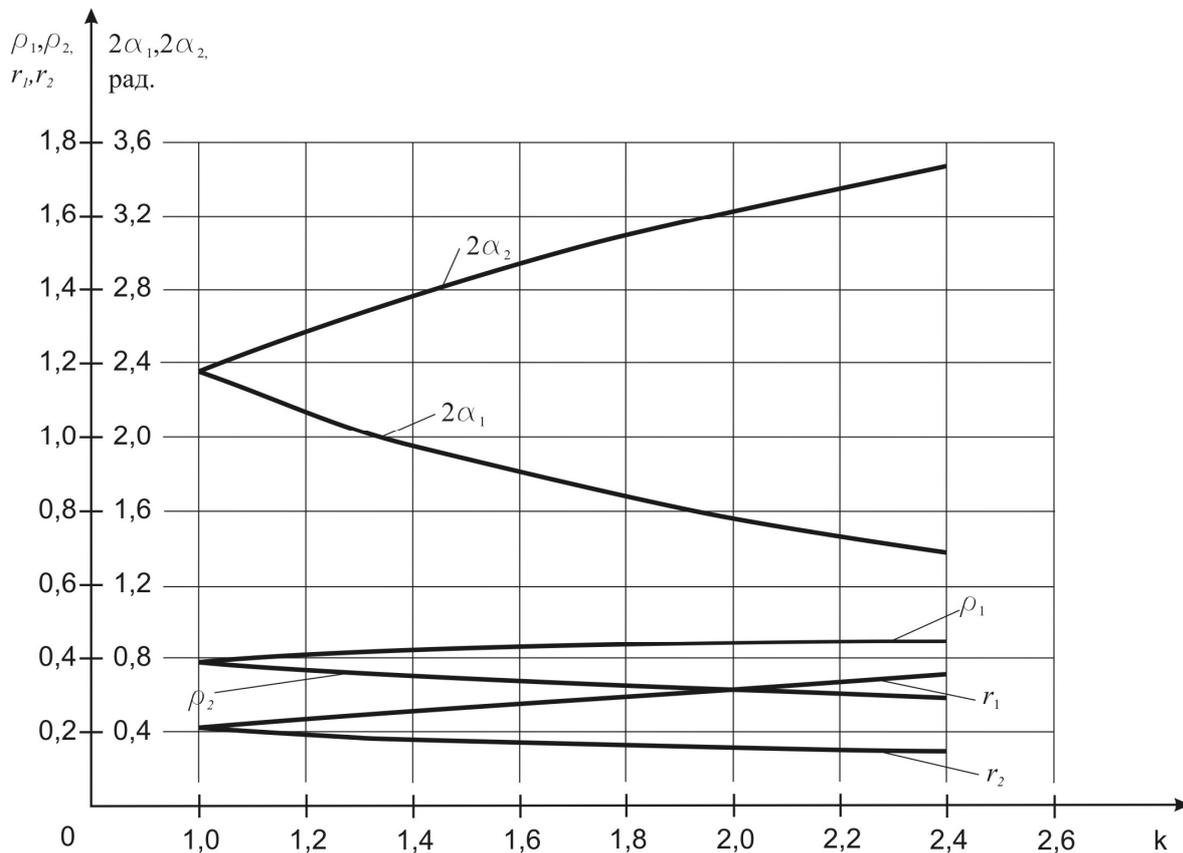


Рисунок 3 – Зависимость центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$, радиусов r_1 и r_2 , радиус-векторов ρ_1 и ρ_2 от соотношения между давлениями $k = \frac{P_2}{P_1}$

Исходя из графиков, представленных на рис. 3, радиусы r_1 и r_2 , а также радиус-векторы ρ_1 и ρ_2 мало изменяются при возрастании k , при этом r_1 и ρ_1 увеличиваются, а r_2 и ρ_2 уменьшаются. Это говорит о том что жесткостные показатели воздухоопорной оболочки, приведенной на рис. 1

мало зависят от величины k . Центральный угол $2\alpha_2$ резко увеличивается по мере возрастания соотношения между давлениями k . Центральный угол $2\alpha_1$ резко уменьшается при увеличении соотношения между давлениями k . Это указывает на значительное влияние на центральные углы $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$ соотношения между давлениями k

Результаты расчета зависимости центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$, радиусов дуг оболочек r_1 и r_2 , и радиус-векторов точки N ρ_1 и ρ_2 от угла наклона основания δ к оси X (горизонту) представлены в виде графиков на рис. 4.

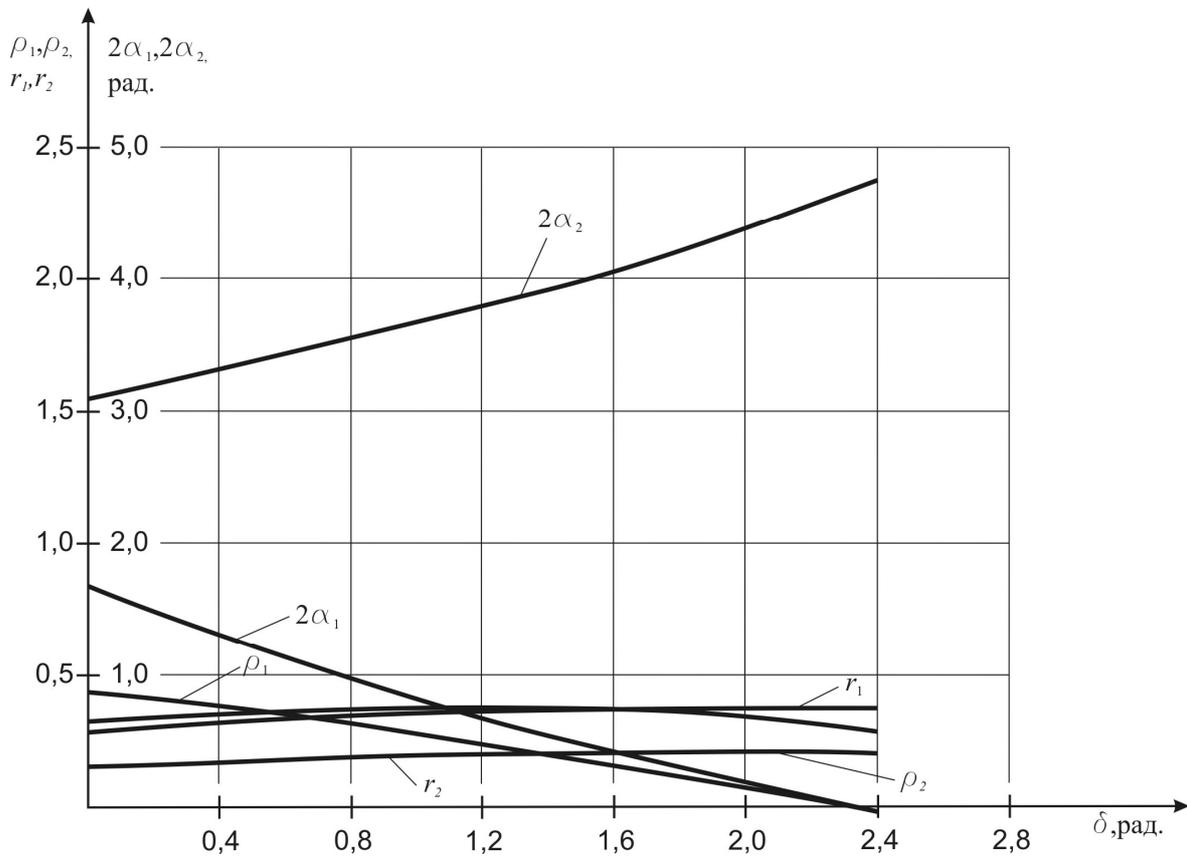


Рисунок 4 – Зависимость центральных углов $2\alpha_1$ и $2\alpha_2$, радиусов r_1 и r_2 , радиус-векторов ρ_1 и ρ_2 от угла наклона основания δ к оси X (горизонту)

Исходя из графиков, представленных на рис. 4, радиусы центральных углов r_1 и r_2 , радиус-вектор ρ_2 практически не изменяются с увеличением угла наклона δ . Центральный угол $2\alpha_2$ увеличивается с ростом δ . Центральный угол $2\alpha_1$ и радиус-вектор ρ_1 уменьшаются и при $\delta \approx 2,4$ становятся равными нулю. Это свидетельствует о том что оболочка теряет свою форму.

Выводы. Жесткость формы мало зависит от расстояния между образующими крепления b и соотношением между избыточными давлениями k , а большое значение на жесткость формы оказывает угол наклона δ к горизонту.

На радиусы центральных углов r_1 и r_2 оказывают небольшое влияние условия закрепления, воздействие нагрузки избыточного давления.

На центральный угол $2\alpha_1$ только изменение расстояния между образующими крепления не оказывает большого влияния, остальные параметры сильно влияют на угол $2\alpha_1$.

Центральный угол $2\alpha_2$ сильно зависит от условий закрепления и избыточного давления: с увеличением расстояния между образующими b центральный угол $2\alpha_2$ уменьшается, а с увеличением отношения k между избыточными давлениями P_1 и P_2 и угла наклона основания к горизонту δ – увеличивается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров И. Т. Проектирование быстроходных судов / И. Т. Егоров, В. Т. Соколов. – Л. : Судостроение, 1971. – 424 с.
1. Магула В. Э. Судовые эластичные конструкции / В. Э. Магула – Л. : Судостроение, 1978. – 263 с.
2. Мартынец Б. Н. Упругие характеристики мягкой цилиндрической воздухоопорной оболочки / Б. Н. Мартынец // Судостроение : Респ. межвед. научн.-техн. сб. – 1978. – Вып. 36. – С. 33-37.
3. Мартынец Б. Н., Зайцев В. В. Жесткость и упругость формы мягкой оболочки геометрически изгибаемого класса / Б. Н. Мартынец, В. В. Зайцев // Судостроение : Респ. межвед. научн.-техн. сб. – 1989. – Вып. 38. – С. 50-58.
4. Ткаченко Ю. М. Обчислення жорсткості форми м'якої циліндричної оболонки / Ю. М. Ткаченко, Б. М. Мартинець // Комп'ютерні науки та інженерія – Львів : Видавництво «Львівської політехніки», 2011 – С. 208-209.

Ткаченко Ю.М. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СТІЙКОЇ ДО ПОВІТРЯ ОБОЛОНКИ З ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ, ЩО ВИМІРЮЄТЬСЯ

В роботі досліджується жорсткість форми м'якої циліндричної оболонки, закріпленої на жорсткій площині вздовж паралельних твірних. Матеріал оболонки вважаємо абсолютно гнучким, нерозтяжним та невагомим. Поперечний переріз такої оболонки та прийняті позначення наведені на рис. 1. Запропоновані залежності можна використовувати для визначення параметрів оболонки.

Ключові слова: пневматична оболонка, центральний кут, радіус-вектор.

Tkachenko Yu.N. THE ANALYSIS OF PARAMETERS IN STABILITY TO THE AIR TO CASING WITH INNER MEASURED PRESSURE

This paper investigates the hard form of the soft cylindrical casing attached on the hard area along the parallel generants. The shell material is assumed as a absolutely flexible, inextensible and weightless. The diametrical crosscut of such area and accepted designations are offered in Figure 1. The offered dependences can be used for determination of casing's parameters.

Keywords: pneumatic casing, central angle, radius vector.