УДК 624.074.4.011

К РАСЧЕТУ СБОРНОЙ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННОЙ ОБОЛОЧКИ

В.В.Стоянов, А.Ю.Гилодо (Одесса, ОГАСА)

Конструктивное решение сборных гиперболических оболочек в клеефанерном исполнении достаточно хорошо известно[1],[2]. В развитии этого метода конструирования в качестве обшивки вместо конструкционной фанеры можно использовать алюминий.

В этом случае необходимо получить систему дифференциальных уравнений, учитывающих новые параметры жесткости. Это параметры, отражающие изотропность материала обшивки, ортотропность оболочки в целом из-за подкрепляющих ребер, а также податливости конструкции в местах соединения сборных элементов (Рис.I).

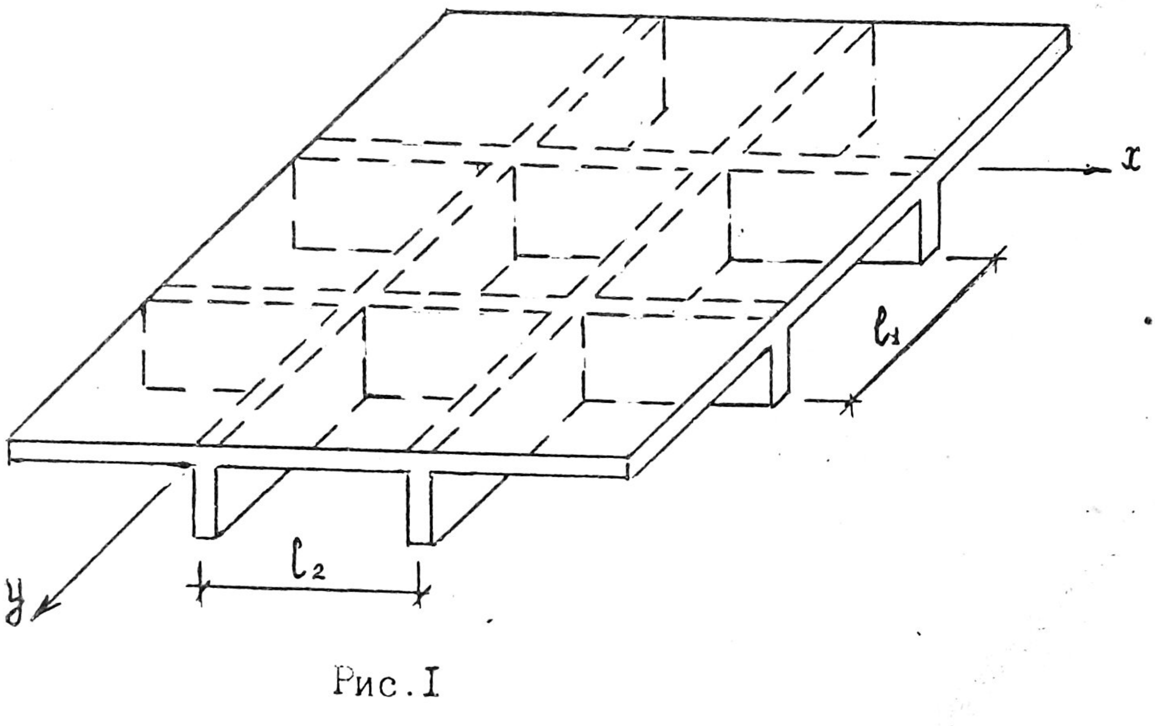

Рис.I

Будем считать, что обшивка с ребром работает совместно без скольжения и не выпучивается при нагружении оболочки. Такое допущение предполагает, что обшивка в промежутке между ребрами не теряет устойчивости, а следовательно не искажает характера распределения усилий в поле оболочки. Примем также систему координат на поверхности приведения, которая не совпадает со срединной поверхностью.

Введем в рассмотрение следующие параметры жесткости:

$B = \frac{E_a h}{1-\mu^2}$ — жесткость обшивки при растяжении – сжатии в ортогональных направлениях

$$D = \frac{E_a h^3}{12(1-\mu^2)}$$ – жесткость обшивки при изгибе в ортогональных направлениях; (1)

$$B_{11} = B + \frac{E_g F_1}{l_1}$$ – жесткость оболочки при растяжении в направлении оси x (т.е вдоль опорных элементов);

$$B_{22} = B + \frac{E_g F_1}{l_2} K_ж$$ – жесткость оболочки при растяжении в направлении оси (т.е с учетом податливости в стыках сборных элементов;

$$D_{11} = D + \frac{E_g J_1}{l_1}$$ – параметр жесткости оболочки при изгибе в направлении оси x;

$$D_{22} = D + \frac{E_g J_2}{l_2} K_n$$ – параметр жесткости оболочки при изгибе в направлении оси y с учетом податливости на стыках; (2)

$$D_{13} = D(1-\mu) + \frac{A_1}{l_1} K_n$$ – жесткость подкрепленной оболочки при кручении вокруг оси x с учетом податливости в стыках;

$$D_{23} = D(1-\mu) + \frac{A_2}{l_2}$$ – жесткость подкрепленной оболочки при кручении вокруг оси y; (3)

В выражениях (1) – (3) приняты следующие обозначения:
K_n – коэффициент, учитывающий податливость стыка сборных элементов при изгибе и кручении. Величина K_n будет определяться жесткостью принятой конструкции соединенных сборных элементов
$K_ж$ – коэффициент, учитывающий податливость стыка сборных элементов при растяжении;
F_1, F_2 – площади поперечных сечений подкрепляющих ребер;
J_1, J_2 – моменты инерции поперечных сечений относительно осей, лежащих на поверхности приведения;
l_1, l_2 – расстояния между подкрепляющими ребрами (Рис 1);
A_1, A_2 – жесткости при кручении подкрепляющих ребер;
E_a, E_g – модули упругости обшивки из алюминия и древесины подкрепляющих ребер;

В соотношения упругости [1] введем принятые здесь параметры жесткости (1)-(3):

$$N_1 = B_{11}\varepsilon_1 + \mu B \varepsilon_2; \quad N_2 = \mu B \varepsilon_1 + B_{22}\varepsilon_2; \quad S_{12} = S_{23} = B(1-\mu)\varepsilon_3 \qquad (\ )$$

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= D_{11}\varkappa_1 - D\mu\varkappa_2; \\ M_2 &= D\mu\varkappa_1 - D_{22}\varkappa_2; \\ H_1 &= -D_{13}\varkappa_3;\quad H_2 = -D_{23}\varkappa_3; \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Уравнение поверхности пологой гиперболической оболочки в декартовых координатах имеет вид (Рис.2):

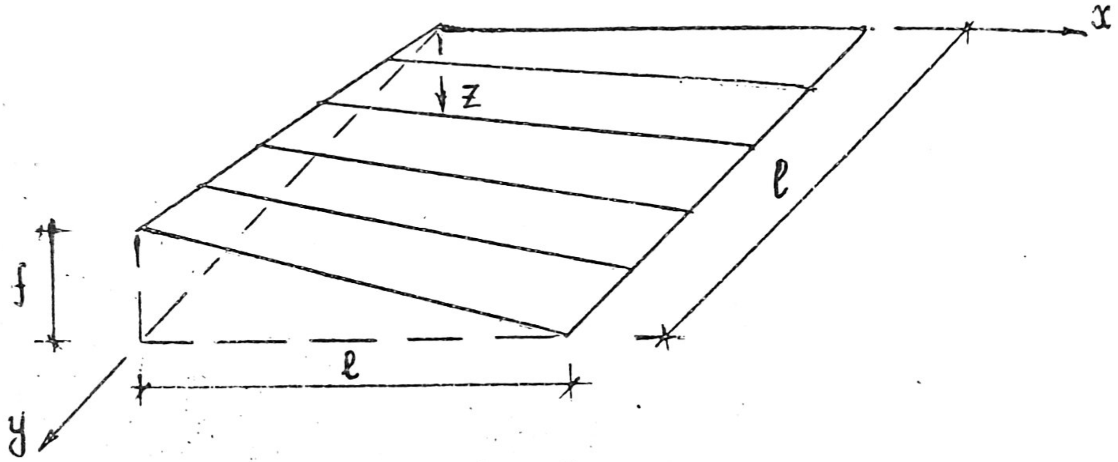

Рис.2

Расположение сборных элементов на одном лепестке оболочки

$$Z = K_{12}xy \qquad (6)$$

где $$K_{12} = \frac{\partial^2 Z}{\partial x \partial y};$$

Для пологой оболочки с прямоугольным планом уравнения равновесия можно записать так:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial S_{12}}{\partial y} + P_1 = 0; \\ &\frac{\partial N_2}{\partial y} + \frac{\partial S_{21}}{\partial x} + P_2 = 0; \\ &-K_{12}S_{12} + \frac{\partial^2 M_1}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 H_1}{\partial x \partial y} - \\ &-\frac{\partial^2 H_2}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} + g = 0; \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Система уравнений (4),(5),(7) может быть сведена к двум уравнениям относительно двух неизвестных функций φ и ω [2]:

$$L\varphi + L_D w - g = 0;$$
$$L_B \varphi - L w = 0; \qquad (8)$$

где
$$L = 2K_{12} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y};$$

$$L_D = D_{11} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + (D_{11}\mu + D_{13} + \mu D_{22}) \times \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4}{\partial y^4};$$

$$L_B = \frac{B_{22}}{B_{11}B_{22} - \mu^2 B^2} \frac{\partial^4}{\partial y^4} + \frac{B_{11}}{B_{11}B_{22} - \mu^2 B^2} \frac{\partial^4}{\partial x^4} - \frac{2}{B(1-\mu)} \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2};$$

Решение системы уравнений (8) позволяет получить формулы для определения величин перемещений, усилий и моментов, определяемых с учетом податливости оболочки

Литература

I. Стоянов В.В. Клеефанерная оболочка тип гиперболического параболоида. В кн. Общие вопросы строительства. отечественный опыт. М. ЦИНИС, I974г. вып IO.
2. Стоянов Б.В. Сборные клеефанерные гиперболические оболочки. К. Штиинц, I982г.