

Экспериментальное обоснование новых подходов в теории прочности пологих цилиндрических оболочек

А. П. ЛЕЩЕНКО,
канд. техн. наук, проф.

Данная статья является ответом на критические отзывы *И. Д. Грудева* и *В. И. Савченко* (см. ПГС. 2005. № 3), в которых они отрицают научные результаты, подтвержденные экспериментом.

Научный эксперимент — единственный критерий, утверждающий научную концепцию. Для обоснования новых подходов в теории оболочек автором в лаборатории испытаний конструкций при 000 «Лещенко «Наука» в Таганроге были проведены экспериментальные исследования по изгибу пологих цилиндрических оболочек, которые дали положительные результаты, приведенные ниже.

Опыт. Дана тонкая стальная пологая цилиндрическая оболочка толщиной $\delta_{об}$, равной 0,2 см, с размерами в плане между опорами 67x67 см, шарнирно опертая по периметру и нагруженная сосредоточенной нагрузкой P ($P_1 = 11$ даН, $P_2 = 21$ даН, $P_3 = 51$ даН) в центре оболочки (см. рисунок); $l_z = l_y = 67$ см. Требуется при ступенчатой нагрузке $P_1 = 11$ даН, $P_2 = 31$ даН, $P_3 = 51$ даН определить деформации и напряжения в оболочке и сравнить их с теоретическими результатами.

Проведем три ступенчатых загрузки и разгрузки

Расчетная схема опыта (а), общий вид экспериментального стенда (б) и схема расположения датчиков (в)

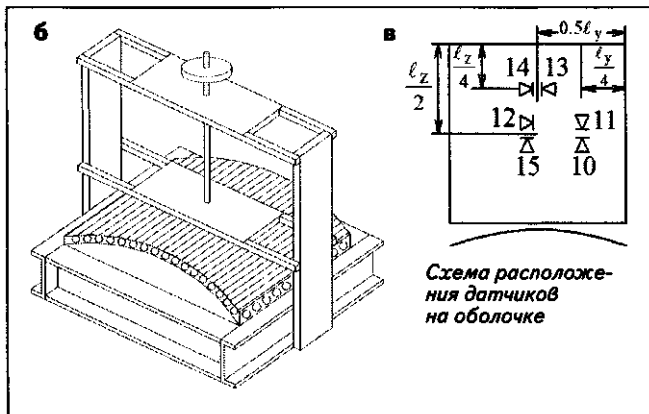
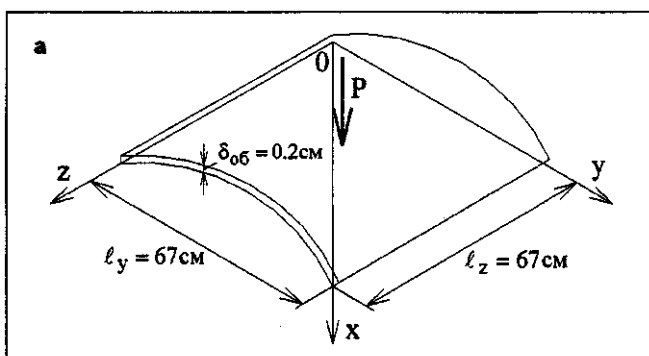


Схема расположения датчиков на оболочке

1. Сравнение экспериментальных результатов и новых подходов в теории изгиба оболочек

Нагрузка P, даН	Экспериментальные данные		Теоретические значения		Сходимость Δ, %	
	прогиб f_s , см	напряжение σ_s , даН/см ²	прогиб f_t , см	напряжение σ_t , даН/см ²	по f	по σ
В направлении оси OZ						
11	0,029	-44	0,034	-44,077	17,3	0,175
		-9,2		-6,455		29,8
31	0,082	-124	0,095	-124,212	15,8	0,17
		-28,65		-18,19		37,5
51	0,134	-175	0,157	-204,36	17,2	16,8
		-33		-29,9		9,4
В направлении оси OY						
11	0,029	120,5	0,034	88,86	17,3	26,2
		-25,65		-22,7		11,5
31	0,082	273	0,095	250,4	15,8	8,28
		-84,4		-64,0		24,2
51	0,134	547	0,157	411,97	17,2	24,6
		-164		-105,25		36

оболочки нагрузкой P_1, P_2, P_3 и зафиксируем замеры прогибов в центре оболочки и напряжений в точках № 10, 11, 12, 13, 14 и 15. Показания приборов сведем в табл. 2 как истинные значения измеряемых величин и примем их среднее арифметическое значение.

Для описания равновесного состояния оболочки используем результаты, полученные для данной задачи. На основе этих результатов разработана программа для ЭВМ — File «Plast91» на языке «Маткад», позволяющая строить графики для всех промежуточных функций, что делает расчет более наглядным и понятным.

Проведем сравнение экспериментальных результатов с теоретическими и сделаем выводы (см. табл. 2 и распечатку программы, опубликованную в монографии *Лещенко А. П.* *Фундаментальная строительная механика упругих систем.* Таганрог, Сфинкс, 2003. с. 242) .

Сведем все экспериментальные и теоретические результаты в табл. 1.

Из их сравнения можно сделать следующий вывод: новые подходы в теории изгиба оболочек для всех опасных точек конструкций дают результаты, хорошо согласующиеся с экспериментом при любых значениях нагрузки P .

1. Таблица испытаний оболочки (схема расположения датчиков на оболочке показана на рисунке)

Оболочка 67x67 см, d= 0,2 см, E = 2,10·10⁶ даН/см², K= 2,19 (21,9)

№ п.п	Нагрузка P		m			m			m			m			m			m			Прогиб в центре f, см		
			№ 10			№ 11			№ 12			№ 13			№ 14			№ 15					
	P _i	даН	K = 2,19			K = 2,19			K = 2,19			K = 2,19			K = 2,19			K = 2,19					
			отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл	отсч	Δразн	Δ·Kудл
1	0	0	660	00	00	624	00	00	634	00	00	625	00	00	621	00	00	609	00	00	19	00	00
2	P ₁	11	659	-01	-2,2	622	-02	-4,4	633	-01	-2,2	628	03	2,2	621	00	00	617	08	17,5	55	36	0,036
3	P ₂	31	655	-05	-10,9	620	-04	-8,8	629	-05	-10,9	621	-04	-8,8	621	00	00	625	16	35,0	111	93	0,093
4	P ₃	51	652	-08	-17,5	618	-06	-13,1	626	-08	-17,5	624	-01	-2,2	620	-01	-2,2	640	31	67,9	176	157	0,157
5	P ₂	31	659	-01	-2,2	619	-04	-8,8	629	-05	-10,9	627	02	4,4	621	00	00	626	17	37,2	139	120	0,12
6	P ₁	11	660	00	00	624	00	00	632	-02	-4,4	628	03	6,6	621	00	00	615	06	13,1	76	57	0,057
7	0	0	663	00	00	625	00	00	634	00	00	625	00	00	623	00	00	613	00	00	49	00	00
8	P ₁	11	662	-01	-2,2	624	-01	-2,2	633	-01	-2,2	625	00	00	624	01	2,2	620	07	15,3	69	20	0,02
9	P ₂	31	659	-04	-8,8	620	-05	-11	629	-05	-10,9	627	02	4,4	617	-06	-13,1	625	12	26,3	127	58	0,058
10	P ₃	51	658	-05	-10,9	616	-09	-19,7	626	-08	-17,5	624	-01	-2,2	620	-01	-2,2	636	23	50,4	184	115	0,115
11	P ₂	31	659	-04	-8,8	619	-06	-13,1	629	-05	-10,9	622	-03	-6,6	617	-06	-13,1	625	12	26,3	145	76	0,076
12	P ₁	11	662	-01	-2,2	624	-01	-2,2	633	-01	-2,2	628	00	00	624	01	2,2	617	04	8,8	79	10	0,01
13	0	0	666	00	00	626	00	00	636	00	00	628	00	00	621	00	00	616	00	00	50	00	00
14	P ₁	11	664	-02	-4,4	624	-02	-4,4	632	-04	-8,8	622	-06	-13,1	617	-04	-8,8	620	04	8,8	69	19	0,019
15	P ₂	31	662	-04	-8,8	622	-04	-8,8	629	-07	-15,3	625	03	-6,6	617	-04	-8,8	625	09	19,7	125	75	0,075
16	P ₃	51	657	-09	-19,7	618	-08	-17,5	628	-08	-17,5	624	-04	-8,8	620	-01	-2,2	636	20	44,0	179	129	0,129
17	P ₂	31	658	-04	-8,8	617	-04	-8,8	629	-07	-15,3	625	-03	-6,6	621	00	00	625	09	19,7	145	95	0,095
18	P ₁	11	662	-01	-2,2	624	-02	-4,4	633	-03	-6,6	628	00	00	623	-01	-2,2	620	04	8,8	80	30	0,030
19	0	0	663	00	00	621	00	00	634	00	00	628	00	00	624	00	00	613	00	00	41	00	00
20	P ₁	11	-	-	-2,2	-22	даН/см ²	-2,93	-29,3	даН/см ²	-4,4	-44	даН/см ²	00	00	даН/см ²	-1,84	-18,4	даН/см ²	12,05	120,5	даН/см ²	0,029
21	P ₂	31	-	-	-8,1	-81	даН/см ²	-8,8	-88	даН/см ²	-12,4	-124	даН/см ²	-2,93	-29,3	даН/см ²	-2,8	-28	даН/см ²	27,3	273	даН/см ²	0,082
22	P ₃	51	-	-	-16,0	-160	даН/см ²	-16,8	-168	даН/см ²	-17,5	-175	даН/см ²	-4,4	-44	даН/см ²	-2,2	-22	даН/см ²	54,7	547	даН/см ²	0,134