

Г. В. КОНДРАШКИН, Н. С. СУКАЧЕВ

К ВОПРОСУ О ВКЛЮЧЕНИИ КОЛЬЦЕВОГО ПОДКРЕПЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ

Цилиндр с кольцевым подкреплением является одним из основных элементов в гидросистемах шасси летательных аппаратов. Из-за сложной конфигурации конструкции практически невозможно точное решение задачи о совместной работе цилиндра и подкрепления. Поэтому для нахождения оптимального варианта из статистики были выбраны наиболее распространенные размеры кольцевого подкрепления (табл. 1) и проведены экспериментальные исследования.

Таблица 1

№ варианта	D , мм	d , мм	d_1 , мм	h , мм	r , мм	R , мм
1	100	90	76	3	2	10
2	100	90	76	3	3	10
3	100	90	76	3	4	10
4	100	90	76	3	5	10
5	100	90	76	4	4	5
6	100	90	76	4	4	10
7	100	90	76	4	4	15
8	100	90	76	4	4	20

Исследования велись поляризационно-оптическим методом, позволяющим определить влияние различных параметров на общее напряженное состояние конструкции [1].

Модели изготавливались механическим путем из блоков эпоксидной смолы ЭД-6, отвержденных малеиновым ангидридом (30% МА от веса смолы). Затем проводилась дополимеризация моделей, помещенная с отжигом [2]. Остаточные напряжения после отжига практически отсутствовали.

Нагрузка — внутреннее давление, величина которого выбирались из прикидочного расчета на прочность (в эксперименте была

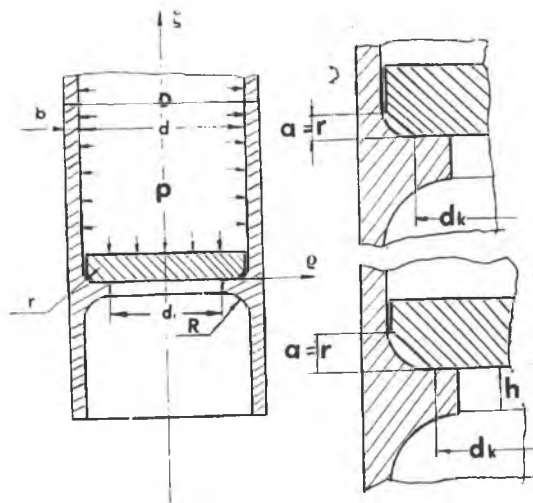


Рис. 1.

равна 0,4 атм) и создавалась гидравлической системой. Для осуществления реальных условий работы конструкции нагрузка на кольцевое подкрепление передавалась через плавающий поршень, выполненный из того же материала, что и модель.

Исследования проводились по методу «замораживания»; необходимые оптико-механические характеристики материала моделей были определены при температуре «замораживания» ($T = -126,5^\circ$), модуль упругости $E = 260 \text{ кг/см}^2$, коэффициент оптической активности $c = 1610 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{кг}$ и коэффициент Пуассона $\mu = 0,5$. «Замороженные» модели распиливались на систему ортогональных срезов толщиной $2 \div 3,5 \text{ мм}$, которые позволяли получить оптическую разность хода δ и угол наклона главного напряжения к выбранной оси φ . По значениям δ и φ путем графического интегрирования дифференциальных уравнений равновесия в цилиндрических координатах определялись компоненты тензора напряжений в любой точке модели [3].

Замеры величин δ и φ производились на приборах КСП-7 и ППУ-7, а картины изохром фотографировались в монохроматическом свете с длиной волны $\lambda = 546,1 \text{ мк}$. Затем по формуле

$$\sigma = \frac{\delta}{cd};$$

где c — оптическая постоянная; d — толщина срезов; δ — напряжения в микронах, определялись нормальные напряжения и пересчитывались к давлению в 1 атм.

На рис. 2 приведены эпюры меридиональных напряжений для разных значений радиуса r .

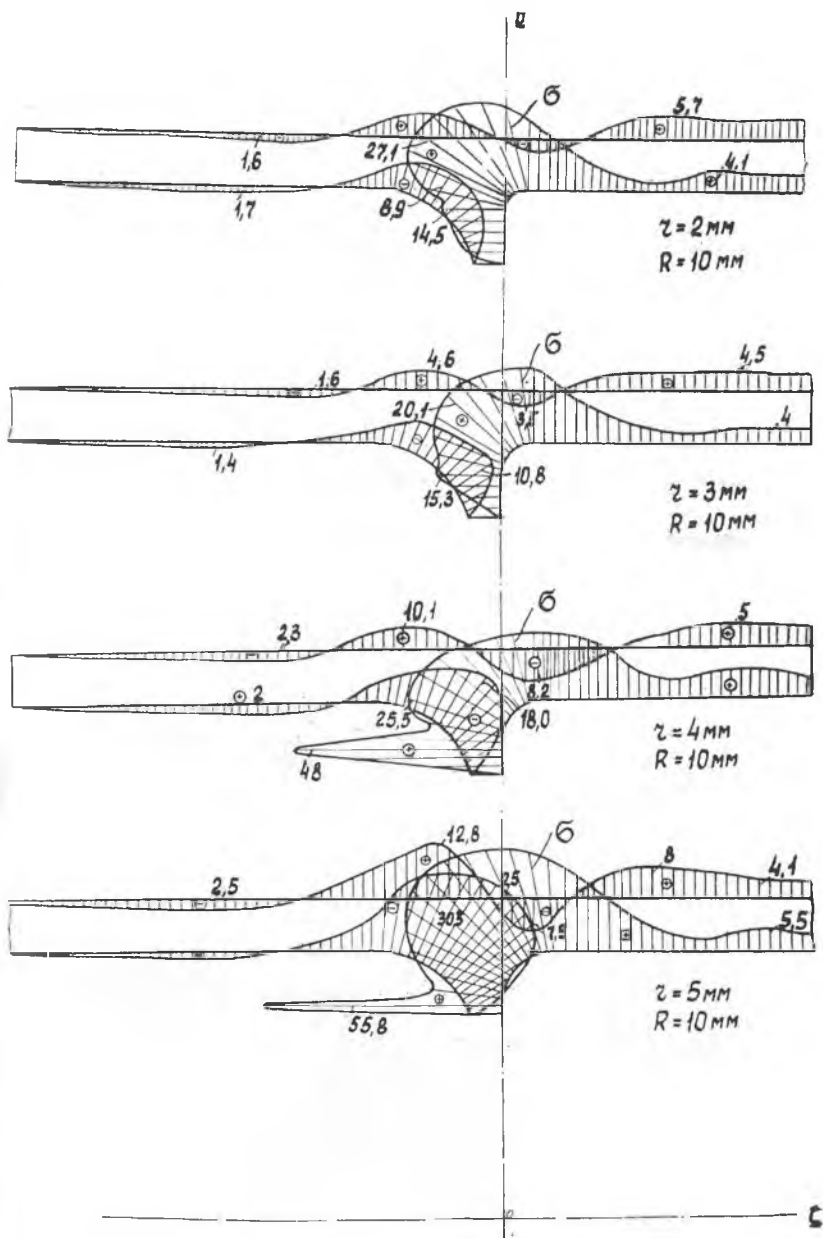


Рис. 2.

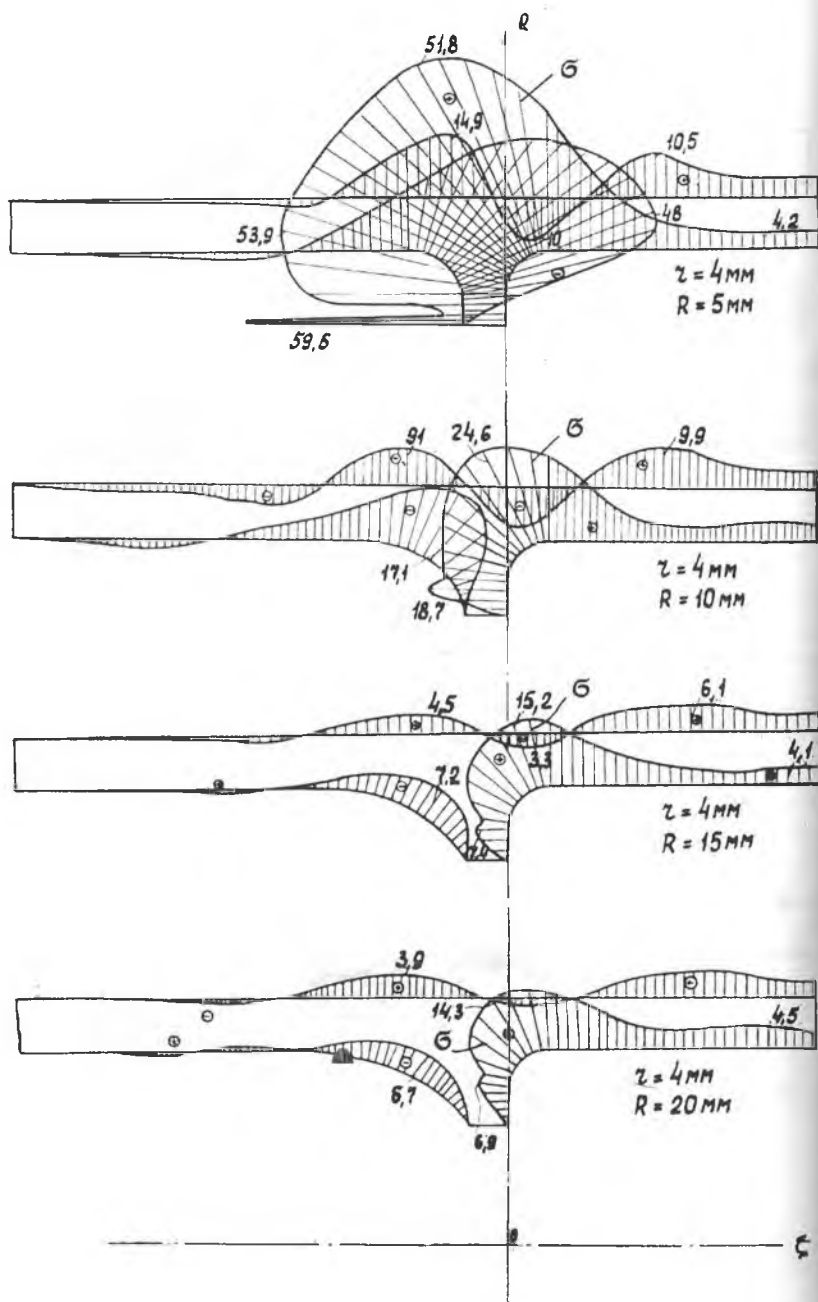


Рис. 3.

На рис. 4, а приведены зависимости коэффициентов концентрации напряжений K_r и K_R на закруглениях с радиусами r и R . Здесь же приведен график для коэффициента концентрации напряжений K_K в месте контакта плавающего поршня и кольца. За коэффициент концентрации принято отношение максимальных напряжений к напряжению, найденному в гладком цилиндре по формуле $\sigma = \frac{qD}{4b}$.

Из рисунка видно, что с ростом d_K коэффициент концентрации K_K монотонно убывает, в то время как K_r имеет минимум при $d_K = 83$ мм.

Коэффициент концентрации окружных напряжений K_θ определялся по формуле

$$K_\theta = \frac{\sigma_\theta \cdot 2b}{pD}$$

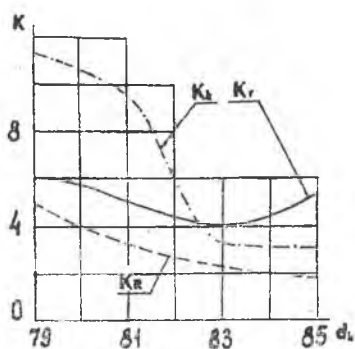
и в эксперименте не превышал значения 1,51.

На рис. 3 приведены эпюры меридиональных напряжений. На рис. 4, б даны зависимости коэффициентов K_r , K_R , K_K от радиуса R , из которых видно, что их значения резко падают с увеличением радиуса R , а при $R = 20$ мм не превышают 3 на малом закруглении, становятся меньше 2 на закруглении радиуса R .

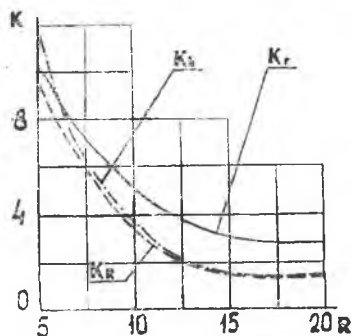
Включение кольцевого подкрепления в цилиндрическую оболочку по внешнему контуру вызывает характерную зону отрицательных напряжений, максимальные значения которых падают с увеличением d_K и R (рис. 2 и 3).

Проведенные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Наиболее оптимальное включение кольцевого подкрепления в цилиндрическую оболочку с $D = 100$ мм и $d = 90$ мм происходит при следующих параметрах кольца: $r = 3,0$ мм и $R \geq 10$ мм.
2. Увеличение толщины кольца не влияет существенно на напряженное состояние конструкции.
3. На кольцевые напряжения σ_θ изменения параметров r , R и практически не сказываются.



а)



б)

Рис. 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрохт И. М. «Фотоупругость», т. I и II, ГИТЛ, 1950.
 2. Максимова Т. Д., Шихобалов С. П. Изготовление моделей сложных форм для оптического метода исследования напряжений «Зав. лаб.», № 7, 1958.
 3. Краснов В. М. Исследование напряжений в оболочках методом фотоупругости. Сб. «Поляризационно-оптический метод исследования напряжений». Изд. ЛГУ, 1960.
-
-