

С. Н. ЯНСКИЙ, О. Н. ПАРАХОНСКИЙ, Д. Ф. АГАФОНОВ,  
Н. М. ВЕРШИННИНА

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ДВУХОСНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

1. Материал сферических оболочек, нагруженных внутренним давлением, работает в условиях двухосного растяжения. Теоретические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при таком напряженном состоянии моменту разрушения материал соответствует значительно большие величины деформаций, чем при одноосном растяжении. Это не позволяет использовать стандартные механические характеристики материала для оценки прочности оболочек.

В связи с этим возникает необходимость проведения специальных испытаний. Так как натурные испытания оболочек являются весьма трудоемкими и дорогостоящими операциями, то в настоящее время все чаще прибегают к испытаниям панелей сферических оболочек, защемленных по контуру и нагруженных внутренним давлением. В таких панелях у защемленного контура возникает краевой эффект, обусловленный появлением в заделке изгибающих моментов и перерезывающих сил. Возникающие за счет этих силовых факторов напряжения могут существенным образом исказить картину мембранного напряженного состояния, что исключит возможность использования экспериментальных данных для оценки прочности целых оболочек. Полностью устранить влияние краевого эффекта при испытании сферических панелей нельзя, поэтому вопрос о возможности подобных испытаний непосредственно связан с вопросом о степени влияния краевого эффекта и размерах его зоны.

Проведенные теоретические исследования [1] показали, что ширина зоны краевого эффекта зависит от соотношения толщины  $\delta$  и диаметра  $d$  торцевой окружности панели (рис. 1) и убывает с уменьшением толщины образца. Даже для довольно толстых образцов с отношением  $\frac{\delta}{d} = 0.01$  (чему соответствуют в наших испытаниях размеры  $\delta = 4$  мм и  $d = 400$  мм), ширина зоны краевого

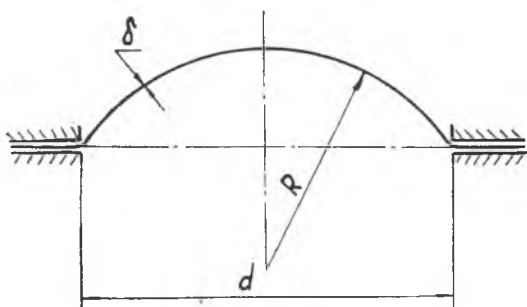


Рис. 1.

эффекта составляет менее 80% от длины меридиана сферической панели, а для более тонких панелей ее размер становится еще меньше.

Из сказанного следует, что материал средней части сферической панели, защемленной по контуру и нагруженной внутренним давлением, находится в условиях мембранного напряженного состояния, и поэтому результаты испытаний таких образцов могут быть использованы для определения прочностных и деформационных характеристик целых сферических оболочек.

2. В Куйбышевском авиационном институте создана экспериментальная установка для испытания листового материала на двухосное растяжение.

Установка состоит из рабочей головки, в которой помещается образец, и гидравлической системы, обеспечивающей закрепление образца и его нагружение. Образцы из листового материала представляют собой круглые панели, целые или сварные, диаметром 150, 250 и 400 мм.

Схема установки показана на рис. 2.

Рабочая головка состоит из двух шайб, нижней 12 и верхней 15. В нижней перемещается поршень 11. Между шайбой и поршнем закладывается образец (сферическая панель) 14. Для соединения верхней и нижней шайб служат два полукольца 13 и 16.

Гидросистема установки состоит из масляного резервуара 6, плунжерного насоса 5, двух манометров 1 и 10, четырех дросселей и обратных клапанов 3 и 8. Прижатие образца обеспечивается перемещением поршня 11 при открытии дросселя 4. Усилие прижатия контролируется манометром 1.

Уплотнение поршня выполнено резиновыми кольцами. Под образец для обеспечения герметичности ставятся резиновые жгуты 17.

После прижатия и открытия дросселя 7 образец нагружается внутренним давлением, величина которого регистрируется манометром 10.

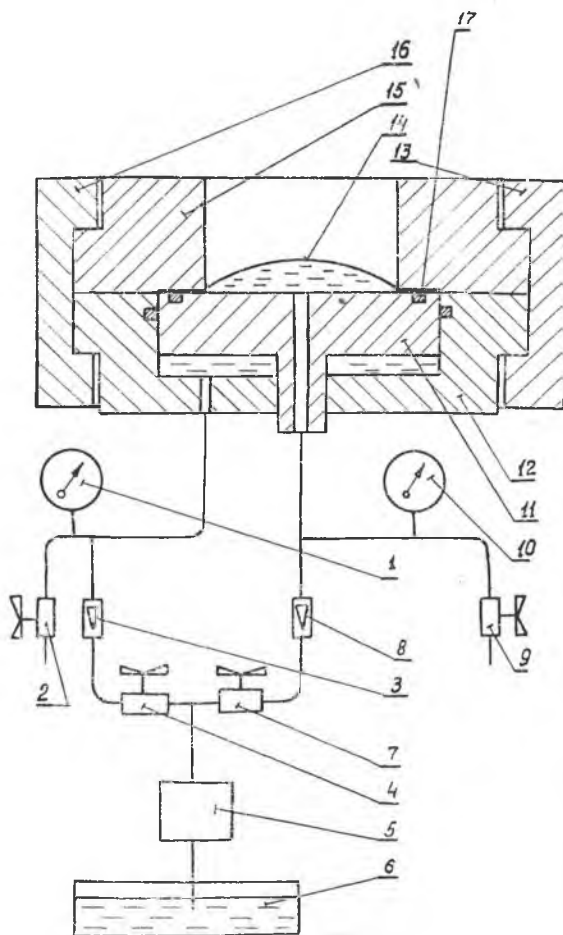


Рис. 2.

Нагружение может производиться непрерывно или ступенями до разрушения образца. Максимальное давление в гидросистеме 380 атм. Первоначальное усилие прижатия 980 000 кг.

К установке разработаны аппаратура для определения толщины образца в процессе нагружения и прибор для определения радиуса кривизны.

На рис. 3 показаны предельные толщины образцов из материалов с различными пределами прочности, которые на установке могут быть доведены до разрушения. Например, при радиусе сферы  $R=80$  мм и  $\sigma_B=200$  кг/мм<sup>2</sup> предельная толщина  $\delta=4$  мм, при  $R=800$  мм и  $\sigma_B=100$  кг/мм<sup>2</sup>  $\delta=8$  мм.

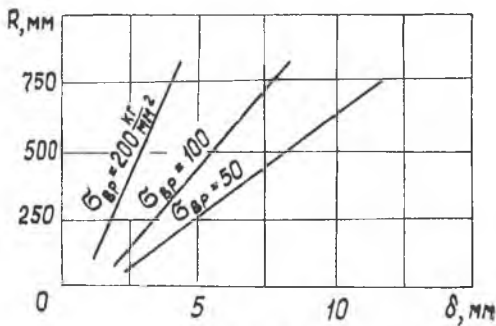


Рис. 3.

При некотором переоборудовании возможно проведение испытаний сварных элементов цилиндрических резервуаров и труб большого диаметра, а также испытаний с повторным нагружением малоцикловой области при низких температурах в среде жидкого азота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Канторович З. Б. Основы расчета химических машин и аппаратов, Издательство «Химиздат», 1960.

