

ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЛОСКИХ МОДЕЛЯХ СЕЧЕНИЙ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРУЖИН ПОЛЯРИЗАЦИОННО- ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Г. И. ТЫЖНОВ, Н. А. ШУМСКАЯ

(Представлено научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

1. Основной частью технического манометра является трубчатая пружина, которая определяет основные метрологические характеристики прибора. В свою очередь, такие важнейшие показатели пружины, как ползучесть, предел пропорциональности и чувствительность, зависят от величины напряжений. Насколько нам известно, еще не было проведено ни одного опыта по определению напряжений в манометрических пружинах и поэтому теоретические исследования [1], [2] до сих пор не были проверены.

Единственно, чем можно объяснить такое обстоятельство — это весьма малые размеры трубчатых пружин.

Предыдущими опытами по исследованию напряжений на тензометрических моделях (см. статью в настоящем сборнике) было показано, что преобладающими являются напряжения σ_2 , направление которых перпендикулярно оси трубки. Напряжения σ_1 , параллельные оси пружины, являются пассивными, и их величина может быть принята приближенно равной $\mu\sigma_2$.

Однако полностью исследовать напряженное состояние на тензометрических моделях не удалось из-за наличия закруглений малого радиуса, где нельзя было наклеить тензодатчики.

В качестве дополнительного к этим исследованиям было решено привлечь и оптический метод. Напряженное состояние материала пружины является объемным, но экспериментальное исследование на объемных моделях — задача достаточно сложная и поэтому в исследованиях чаще всего ограничиваются рассмотрением плоской модели детали. Такое исследование, конечно, не будет точным, однако для сравнительной оценки по напряжениям плоских сечений пружин различных форм этот метод дает достаточно надежные результаты с минимальной затратой времени.

2. Исследования проводились на учебной поляризационной установке ПУ-1 ТПИ, сконструированной авторами. В этой установке в качестве осветителя использован эпидиаскоп с ртутной лампой. Между конденсором и поляроидом помещен свето-теплофильтр, который представляет собою стеклянный сосуд прямоугольной формы, наполненный насыщенным раствором азотно-кислого никеля.

В качестве поляризатора и анализатора служат поляроиды диаметром 50 мм. Поляризатор располагается в фокусе конденсора, а анализатор устанавливается перед объективом фотоаппарата; оба они могут поворачиваться в оправках с нанесенными градусными делениями. Пластины «четверть длины волны» размером 50×50 мм изготовлены из слюды. Толщина их равна 0,028 мм. Для увеличения освещенности перед моделью установлена линза.

Фотографирующая часть состоит из камеры размером 13×18 с длиннофокусным объективом. При удалении матового стекла изображение модели можно проектировать на экран с пятикратным увеличением.

Недостатком такой установки является то, что пучок лучей, проходящих через модель, не параллельный, а конический. Угол конуса определяется размером модели и расстоянием до объектива. Однако освещение модели параллельным либо сходящимся лучом света не оказывает влияния на качество изображения полос. Практически непараллельность лучей до 3° не оказывает никакого влияния на точность измерения и только в двух случаях может приводить к погрешности до 2%: при исследовании плоского напряженного состояния типа гидростатического (нулевой порядок полос имеет большую сумму главных напряжений) и при исследовании зон высоких градиентов напряжений [3].

В соответствии с вышеизложенным, при необходимости получения большой точности, модель перемещается так, чтобы исследуемая точка располагалась на оси оптической системы.

Описанная установка очень проста и может быть изготовлена без больших затрат в любом учебном заведении.

3. Модели сечений манометрических пружин изготавливались из эпоксидной смолы ЭД6-М. Масштаб для изготовления моделей был принят равным 10:1 при толщине модели, равной 5,6 мм. Цена полосы определялась путем сжатия диска и оказалась равной $9,2 \text{ кг/см}^2$.

Чтобы приблизить условия нагружения плоской модели к условиям, в которых работают манометрические пружины, было сконструировано специальное нагрузочное устройство (рис. 1), в котором давление пере-

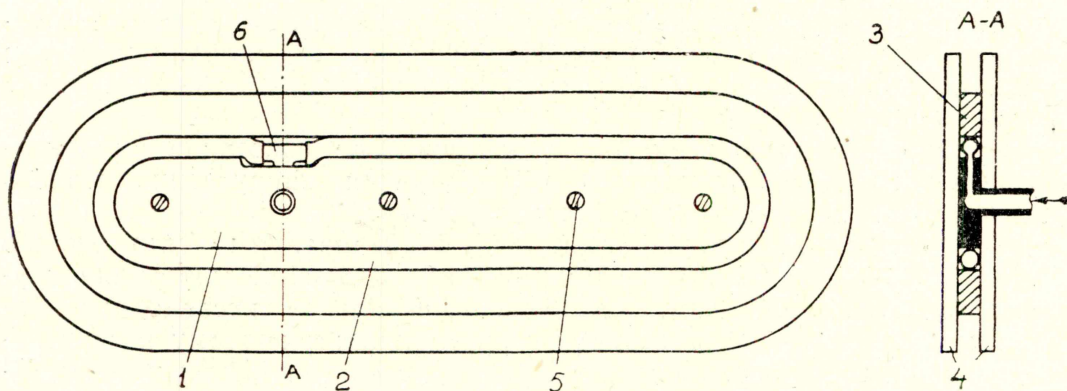


Рис. 1.

дается через патрубок 6 на внутренний контур модели 3 посредством резиновой трубки 2. Модель помещается с небольшим зазором между двумя пластинками 4 из оргстекла, которые прикрепляются к металлической планке 1 винтами 5.

4. С моделей двух форм сечений пружин, используемых в манометрах, были сняты картины изохром при одинаковой величине давления (рис. 2 и 3). Для определения величины концентрации напряжений

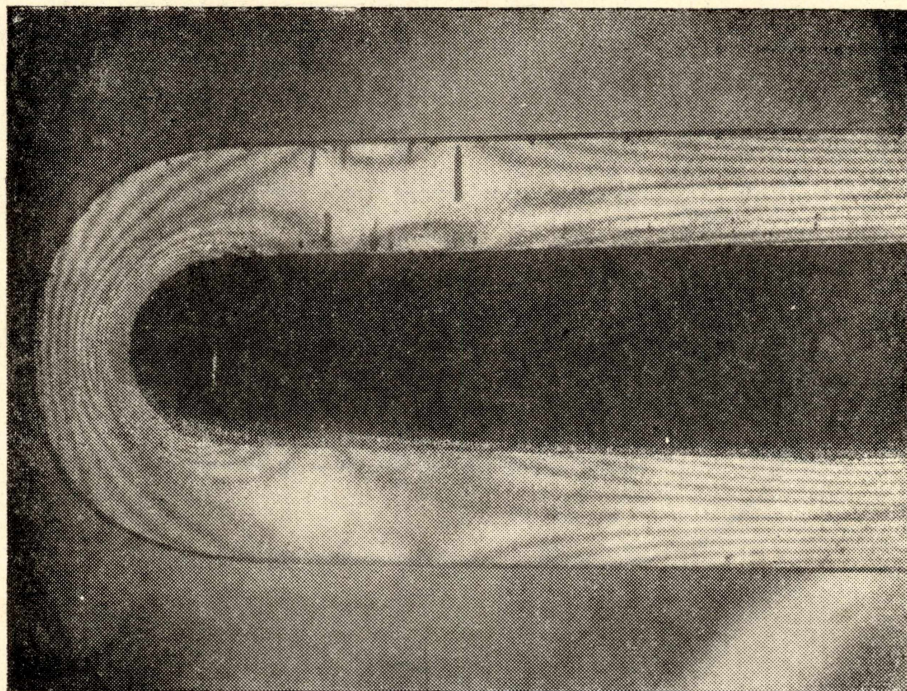


Рис. 2.

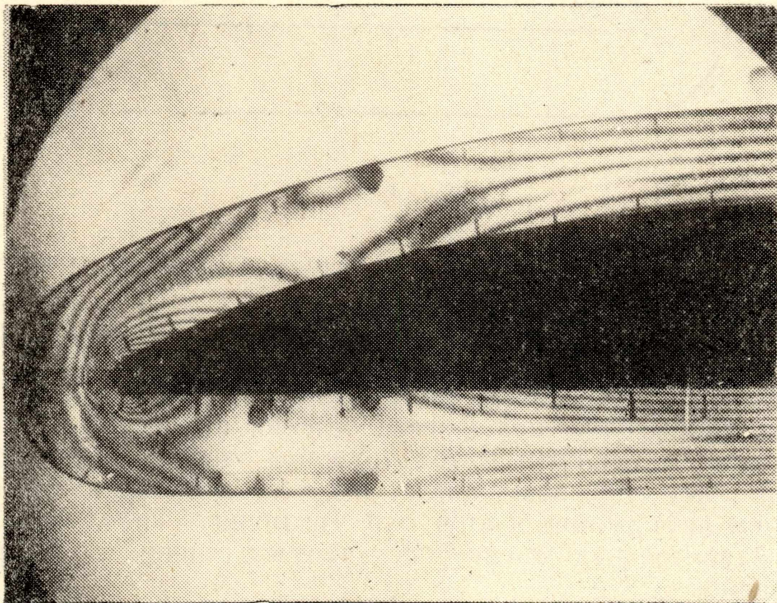


Рис. 3.

места с наиболее густым расположением полос фотографировались с увеличением.

По данным картин полос были построены эпюры распределения напряжений по наружному и внутреннему контуру моделей и была подсчитана относительная величина напряжений для наиболее напряженных точек обоих сечений (рис. 4). Знаки напряжений не учтены.

Полученные коэффициенты определялись как отношение напряжений в данной точке к величине напряжения в точке K , условно принятого равным единице.

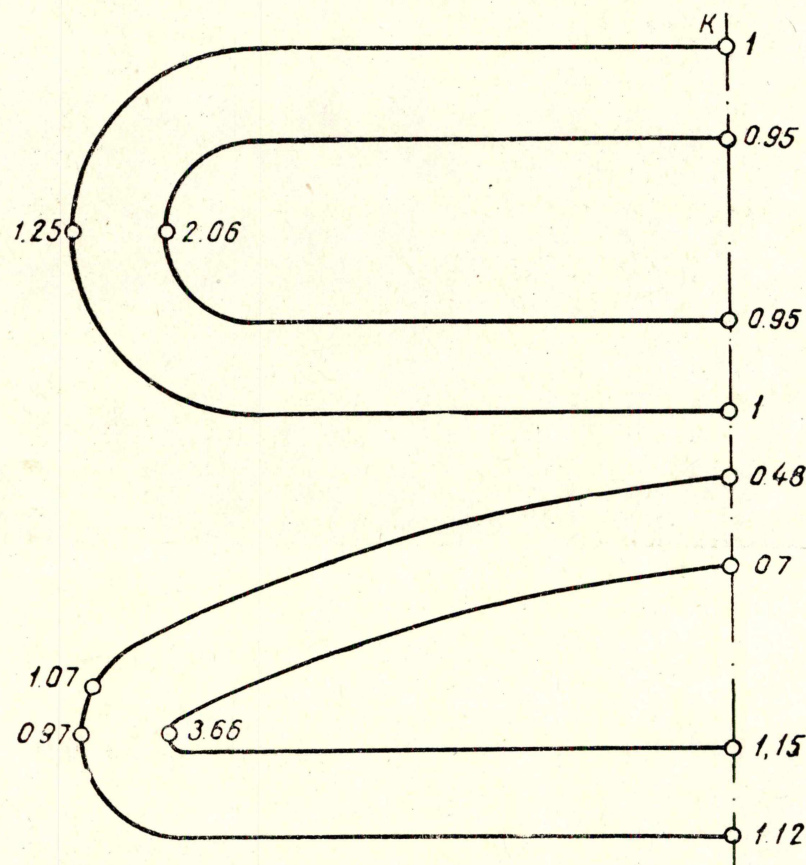


Рис. 4.

5. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

При сравнительном изучении напряженного состояния манометрических пружин целесообразно применять оптический метод, дающий наглядную картину. Особенно полезным может оказаться этот метод при выборе наиболее выгодной формы сечения пружины. Как известно, величина распрямления трубчатой пружины зависит от деформации ее сечения. Поэтому просвечиванием моделей в поляризованном свете и измерением деформации малой оси (величину «раздутия») можно получить сравнительную оценку исследуемых сечений по напряжениям и деформациям.

Исследования двух форм сечений показали, что напряжения в пружине сегментообразного сечения распределены более неравномерно, чем в пружине плоскоовального сечения (рис. 4). Если в первом случае условный коэффициент неравномерности будет равен $3,66 : 0,48 = 7,6$, то во втором он будет равен $2,06 : 0,95 = 2,16$. Наибольшее повышение напряжений наблюдается по концам больших осей.

Не следует изготавливать манометрические пружины с сегментообразной формой сечения, более лучшей формой является плоско-овальная.

Сечение пружин обычно получается сплющиванием трубки. С уменьшением малой оси увеличивается величина хода конца пружины, но одновременно увеличивается и величина напряжений. Задачу по отысканию наиболее оптимальной величины сплющивания легче всего решить так же с помощью оптического метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Феодосьев. Упругие элементы точного приборостроения. Оборонгиз, 1949.
 2. Перспективы развития упругих чувствительных элементов. Сб. ЦИНТИ, Москва, 1961.
 3. К. Финк и Х. Рорбах. Измерение напряжений и деформаций. Машгиз, 1961.
-