

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СРЕД

Герасимов В.М., Нижегородцев Е.И.

Забайкальский государственный университет, Чита

Ключевые слова: фильтры, мембраны, жидкостные и газовые среды, волокнистые полимерные материалы, деформация, упругость, пластичность.

Аннотация. Выполнены экспериментальные и аналитические исследования деформирования фильтровальных перегородок, мембран из волокнистых полимерных материалов под действием давления жидкостных и газовых сред. Выявлены линейные и нелинейные закономерности деформирования, влияние объемной плотности волокнистого материала. Определены зоны упругости, предельные значения нагрузок для фильтровальных волокнистых материалов без помощи опорных устройств. Аналитические расчеты показали хорошую сходимость с результатами экспериментов.

PECULIARITIES OF DEFORMATION OF FILTER MATERIALS FROM FIBROUS POLYMER MEDIA

Gerasimov V.M., Nizhegorodtcev E.I.

Transbaikal state university, Chita

Keywords: filters, membranes, liquid and gas media, fibrous polymeric materials, deformation, elasticity, plasticity.

Abstract. Experimental and analytical studies of the deformation of filtering partitions, membranes of fibrous polymeric materials under the action of pressure of liquid and gaseous media have been carried out. Linear and non-linear patterns of deformation, the influence of the bulk density of the fibrous material are revealed. Elasticity zones and limit values of loads for filter of fibrous materials without the help of supporting devices are determined. Analytical estimation showed good agreement with the experimental results.

Волокнистые полимерные материалы, изготовленные иглопробивным способом, широко применяются в фильтровальных устройствах для очистки газовых и жидкостных сред благодаря высокой пористости и коэффициенту фильтрации [1]. Такие фильтровальные перегородки имеют вид мембран круглой или прямоугольной форм, закрепленных по периметру.

Поставлена задача исследования деформации волокнистой мембраны под давлением жидкости или газа без использования подкрепляющих устройств.

В качестве волокнистого материала фильтровальной перегородки были выбраны образцы иглопробивных полотен объемной плотностью 110 кг/м^3 ; 90 кг/м^3 ; 70 кг/м^3 из смеси капроновых, лавсановых и нитроновых волокон по 10 шт. каждого типа.

Испытания проводились путем статического нагружения фильтровальной перегородки круглой формы, закрепленной по периметру, с интенсивностью давления равномерно распределенной по плоскости нагрузки на установке диаметром 0,1 м. Максимальные перемещения определились с помощью индикатора часового типа, установленного в центре мембраны и обрабатывались статически.

По результатам средних значений испытаний построены графические зависимости изменения максимальных вертикальных перемещений мембраны W от интенсивности давления q , которые носят нелинейный характер (рис. 1).

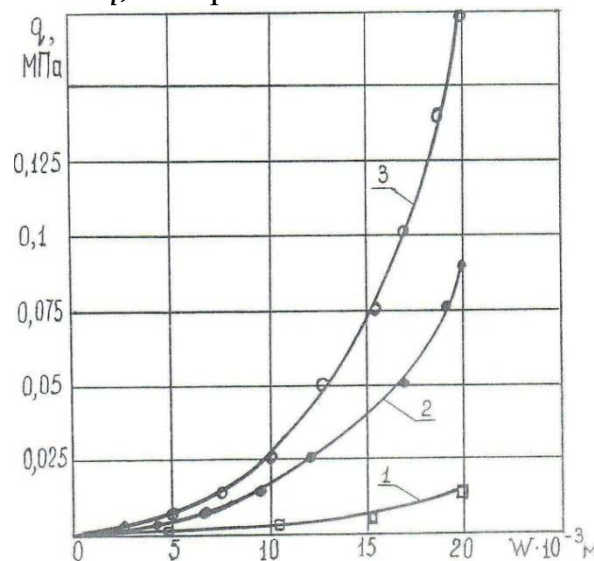


Рис. 1. Графики изменения максимальных перемещений W в зависимости от давления на фильтровальную перегородку диаметром 0,1 м: 1 – $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$, 2 – $\rho = 90 \text{ кг/м}^3$, 3 – $\rho = 110 \text{ кг/м}^3$

Упругая зона деформирования материала определялась путем последовательного разгружения из различных точек диаграмм и составляла 9÷12%. Волокнистый материал в мембране испытывает действие радиальных и окружных напряжений, такое состояние близко к двухосному растяжению.

Из анализа графиков (рис. 1) следует, что предельная интенсивность давления q_y , ограничивающая зону упругости, возрастает с повышением объемной плотности ρ материала. Так при $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$ значение $q_y = 0,012 \text{ МПа}$, а при $\rho = 110 \text{ кг/м}^3$ значение $q_y = 0,0175 \text{ МПа}$ [2].

Нагружение фильтровальных перегородок давлением выше установленных значений q_y ведет к необратимым деформациям и росту перемещений. Поэтому при давлениях жидкостей и газов за пределами q_y следует устанавливать подкрепляющие устройства в виде сеток из жестких материалов.

Расчет фильтровальных мембран из мягких материалов, слабо сопротивляющихся деформациям изгиба, представляет сложную задачу, связанную с физической нелинейностью деформирования [3].

Рассмотрим теоретическое нагружение круглой фильтровальной мембраны из волокнистого материала в упругой стадии под действием равномерно распределенной нагрузки (рис. 2,а). Изгиб мембраны отсутствует, растягивающие напряжения равномерно распределены по высоте слоя. Элемент, выделенный из материала мембраны, испытывает действие радиальных σ_r и окружных σ_θ напряжений (рис. 2,б).

Совокупность радиальных напряжений по всей площади сечения мембраны A_M создает силу напряжения N , проекция которой на вертикальную ось уравнивает действие распределенной нагрузки q

$$\sigma_r \cdot A_M \cdot \cos \alpha = q \cdot A, \quad (1)$$

где σ_r – радиальное напряжение, МПа;

A_M – площадь сечения мембраны, $A_M = \pi \cdot D \cdot t_0$, м²;

α – угол наклона касательной;

A – площадь давления на мембрану, $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$, м².

Из формулы (1) следует, что, зная перемещение W , можно определить угол α и σ_r .

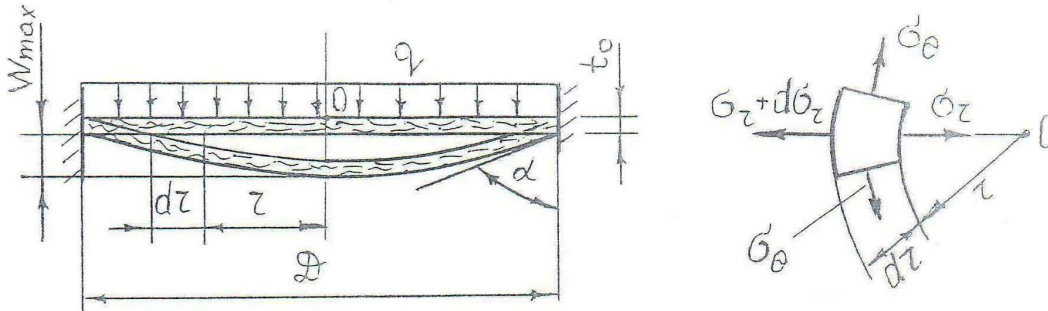


Рис. 2. Схема деформирования круглой свободной мембраны

При осесимметричном нагружении круглой мембраны в теории упругости используется система дифференциальных уравнений для решения [4]. Решение этой системы уравнений позволяет определить прогиб в центре мембраны

$$W_{\max} = 0,662 t_0^3 \sqrt{\frac{q}{E} \left(\frac{D}{2 t_0} \right)^4}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости на растяжение материала мембраны, МПа.

Расчеты, выполненные по формуле (2), показали хорошую сходимость аналитических значений перемещений с экспериментальными значениями для мембран диаметром 0,1 м, погрешность не превышала 9%. Таким образом, проведенные экспериментальные и аналитические исследования нагружения фильтровальных перегородок круглой формы из волокнистых материалов позволяли определить границы их использования без опорных устройств.

Список литературы

1. Трещалин Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. – М.: Гостехиздат, 2016. – 758 с.
2. Герасимов В.М. Волокнистые материалы в геотехнологии: монография. – Чита: ЧитГУ, 2010. – 207 с.
3. Усюкин В.И. Техническая теория мягких оболочек и ее применение для расчета пневматических конструкций. – М.: Стройиздат, 1983. – 333с.
4. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1982. – 264 с.

Сведения об авторах:

Герасимов Виктор Михайлович – д.т.н., профессор кафедры «Строительство»;

Нижегородцев Евгений Иванович – к.т.н., доцент кафедры «Строительство».