

тивные виброзащитные устройства и другие. Существенная зависимость коэффициента затухания системы трубопровод-опоры-прокладки от момента затяжек болтов креплений позволяет определять оптимальные условия работы системы.

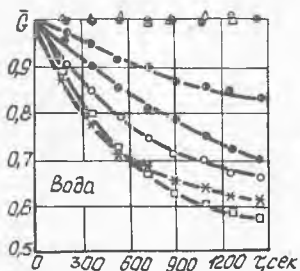
Л и т е р а т у р а

1. Труды научно-технического совещания по изучению рассеяния при колебаниях упругих тел. Киев, 1952
2. П а н и н Е.А. Вынужденные колебания заземленного с двух концов прямого трубопровода с промежуточным упруго-гистерезисным хомутом. - В кн.: Рассеяние энергии при колебаниях механических систем. Киев, "Наукова думка", 1966.

Е.А.Изжеуров, А.И.Белоусов

ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ, СКЛОННЫХ К ОБЛИТЕРАЦИИ,
В МАТЕРИАЛЕ МР

Результаты экспериментов, проведенных многочисленными авторами [1], [2 и др.], показывают, что в ряде случаев расход жидкостей в каналах малого сечения и в пористых средах уменьшается с течением времени. Скорость уменьшения расхода изменяется в зависимости от условий течения и вида жидкости. Явление уменьшения относительного расхода \bar{Q} наблюдалось и при фильтрации воды в некоторых образцах из материала МР (рис. 1). Параметры образцов приведены в таблице. Явление уменьшения



Т а б л и ц а

Обозначение образца	$d_n, \text{мм}$	η	$\Delta p, \text{см}^2$
Δ	50	0,500	5
\bullet	50	0,672	1
\circ	90	0,140	6
\bullet	50	0,251	6
\circ	50	0,147	15
\square	50	0,251	4,5
$*$	50	0,656	1,5

Р и с. 1. Влияние облитерации на характер изменения расхода воды через некоторые образцы из материала МР при фиксированном перепаде давления на них

расхода жидкости, текущей в каналах малого сечения, называется облитерацией и объясняется тем, что диэлектрические постоянные твердого тела и жидкости - величины разного порядка. Поэтому при их соприкосновении создается электрическое поле с избыточной энергией на поверхности твердого тела. При течении через капилляры полярные молекулы притягиваются и прочно удерживаются на твердой поверхности. Чем выше дипольный момент молекулы жидкости, тем выше степень облитерации капиллярного канала [1]. Для дистиллированной воды и этилового спирта дипольный момент соответственно составляет $0,6 \cdot 10^{-29}$ и $0,55 \cdot 10^{-29}$ кул/м. У некоторых жидкостей, например керосина и бензина, величина дипольного момента равна нулю и при фильтрации этих жидкостей облитерации не наблюдается.

При фильтрации жидкостей через пористые тела зарастание пор начинается от стенок твердого скелета. В связи с этим для материала МР уместно предположить, что при облитерации происходит как бы увеличение диаметра проволоки, из которой изготовлен образец. Это приводит к уменьшению пористости образца, а в отдельных случаях и к полному зарастанию пор.

Пусть $\delta = f(\tau)$ - толщина слоя облитерации, зависящая от времени. Тогда объем скелета в образце

$$V_M = \frac{\pi(d_n + 2\delta)^2}{4} \ell, \quad (1)$$

где $\ell = 4G_n / \pi \gamma_n d_n^2$ - длина проволоки в образце; d_n - диаметр проволоки; G_n - вес образца; γ_0 - удельный вес материала проволоки.

Объем образца выразим через его первоначальный вес G_n и объемный вес γ_0 :

$$V_0 = \frac{G_n}{\gamma_0} \quad (2)$$

Зная, что пористость образца $\Pi = 1 - V_M / V_0$, и используя уравнения (1), (2), получим выражение для пористости при облитерации

$$\Pi_\tau = 1 - \frac{(d_n + 2\delta)^2}{d_n^2} \frac{\gamma_0}{\gamma_M}$$

Так как

$$\frac{\gamma_0}{\gamma_M} = 1 - \Pi,$$

то

$$\Pi_{\tau} = 1 - (1 - \Pi) \left(\frac{4\sigma^2}{d_n^2} + \frac{4\sigma}{d_n} \right).$$

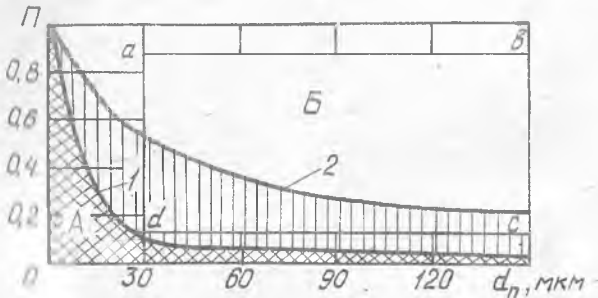
Из анализа уравнений, описывающих течение жидкости в материале МР [3], видно, что при фиксированных значениях перепада давления на образце, длины образца и параметров рабочей жидкости скорость течения равна нулю при $\Pi_{\tau} = 0$. Приравняв левую часть уравнения (3) к нулю и сделав преобразования, получим выражение для толщины слоя σ , при котором в пористом элементе из материала МР наступает полное зарастание пор:

$$\sigma = \frac{d_n}{2} \left(\sqrt{\frac{1}{1 - \Pi}} - 1 \right) \quad (4)$$

Если известна зависимость толщины слоя облитерации σ от времени τ , то нетрудно, используя выражение (4), определить время полного зарастания поровых каналов. В работе [2] показано, что при течении воды в щелях размером от ∞ до 8 мкм толщина слоя облитерации при $\tau = \infty$ равна примерно 1 мкм. Подставив в уравнение (4) $\sigma_{(\tau = \infty)} = 1$ мкм и решив его относительно пористости Π , получим уравнение граничной линии

$$\Pi = 1 - \frac{1}{\left(\frac{2}{d_n} + 1 \right)^2} \quad (5)$$

Представив графически выражение (5) (рис. 2, кривая I), получим под кривой I область структур А пористого материала МР, в котором при фильтрации воды возможно полное зарастивание проходного сечения, вызванное облитерацией.



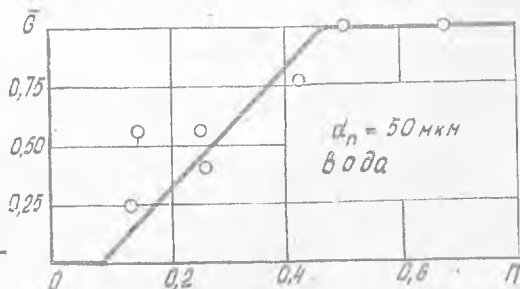
Р и с. 2. Облитерация при фильтрации воды в материале МР

Погрешность замера расхода рабочего тела при экспериментальных исследованиях по облитерации обычно порядка 10%. Из анализа уравнения, описывающего течение жидкости в материале МР [3], следует, что при неизменном режиме течения, параметрах рабочей жидкости и структуре пористого элемента изменение средней скорости на 10% вызвано изменением гидравлического диаметра на 5%. Исходя из этого нетрудно найти величину гидравлического диаметра, увеличение которого на два слоя облитерации - 2 мкм - равно 5%:

$$\Delta d = \frac{\pi d_n}{(1-\pi)} \quad (6)$$

На рис. 2 кривая 2, построенная по уравнению (6), является границей области β , где облитерацией при фильтрации воды можно пренебречь с точностью, равной точности эксперимента.

Область между кривыми 1 и 2 на рис. 2 охватывает структуру материала МР ($abcd$ - исследованная нами область структур), в которой облитерация вызывает уменьшение расхода воды. Для предварительных расчетов степень уменьшения расхода может быть определена линейной интерполяцией области между кривыми 1 и 2. Так, например, для образцов из проволоки диаметром 50 мкм облитерация начинается при $\pi = 0,45$ и при $\pi = 0,07$ полностью запирает образец. Предполагая, что падение расхода через МР происходит пропорционально пористости, получим ломаную линию изменения относительного расхода \bar{c} (рис. 3).



Р и с.3. Определение относительного расхода воды через МР линейной интерполяцией

Результаты экспериментов, нанесенные на этом же рисунке точками, подтверждают правомерность такого подхода к расчету течения через материал МР жидкостей, склонных к облитерации. Это позволяет представить реше-

ние для нахождения относительного расхода в виде

$$\bar{G} = \begin{cases} 1 \text{ при } \Pi \geq \frac{40}{d_n + 40} \\ \frac{\Pi - 1 + \frac{d_n^2}{(2 + d_n)^2}}{\frac{40}{d_n + 40} - 1 + \frac{d_n^2}{(2 + d_n)^2}} & \text{при } \frac{d_n^2}{(2 + d_n)^2} > \Pi > \frac{40}{d_n + 40}; \\ 0 \text{ при } \Pi \leq \frac{d_n^2}{(2 + d_n)^2} \end{cases}$$

Л и т е р а т у р а

1. Б е л о в С.В., П а в л и х и н Г.П. О некоторых особенностях фильтрации жидкостей через пористые металлы. "Изв.вузов. Машиностроение", 1972, № 6.
2. Ж у к о в И.И. Электрокинематические свойства капиллярных систем. М.-Л., Физматгиз, 1956.
3. И з ж е у р о в Е.А. Исследование гидродинамических характеристик материала МР. Труды КуАИ, 1972, вып. 57.

Е.А.Изжеуров, А.Д.Сетин

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВ ИЗ МАТЕРИАЛА МР

Задача определения эффективности фильтроэлемента из любого материала, как известно, сводится к экспериментальному определению концентрации загрязняющих примесей на входе и выходе из него и зависит от структурных особенностей фильтроматериала, свойств улавливаемых частиц и режима течения газа или жидкости.

В теоретическом плане расчет эффективности наиболее полно разработан для реальных фильтров, структура которых образована волокнами. Материал МР также относится к группе волокнистых пористых металлов. Это позволило при расчетах эффективности фильтров из МР использовать известные теоретические зависимости. При этом за эффективный диаметр