

УДК 621.7

**КРИТИЧЕСКИЕ ТОЛЩИНЫ ФИЛЬТРУЮЩИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМУЮ  
СТЕПЕНЬ И ТОНКОСТЬ ОЧИСТКИ**

*В.В. Самкевич – магистрант БГАТУ*

*Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Капцевич*

**Введение:** Глубинное фильтрование является эффективным процессом очистки жидкостей и газов от загрязнений. Оно применяется для предварительной микроочистки нейтральных, агрессивных жидких и газообразных сред (совместимых с материалом элементов), а также для защиты мембранных фильтрующих элементов (удаление механических примесей, снижение биологической нагрузки). Глубинные фильтры применяются в качестве финишных в тех случаях, когда не требуется абсолютная очистка среды от частиц больше определенного размера.

**Цель:** Целью настоящей работы является расчет параметров фильтрующего материала (ФМ) и оценка эффективности очистки моторного масла от дисперсных примесных частиц ( $\text{SiO}_2$ ), попадающих в моторные масла в процессе эксплуатации.

**Теория:** Осаждение частиц в проницаемом материале при глубинном фильтровании основывается на действии комплекса механизмов. К основным механизмам осаждения можно отнести седиментацию, прямое столкновение, инерцию и диффузию (рис. 1):

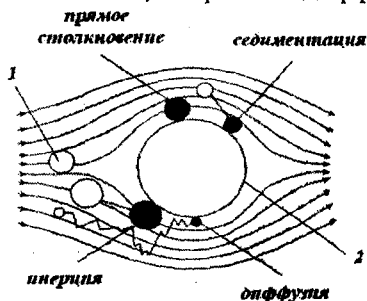


Рис. 1 Механизмы осаждения: 1 – частица загрязнений; 2 – коллектор.

**Седиментация.** Если размер частиц достаточно большой и их плотность значительно больше, чем плотность жидкости, то при своем движении частицы будут отклоняться от линии тока в направлении действия силы тяжести.

**Прямое столкновение.** Осаждение частиц загрязнений в результате прямого столкновения возникает всякий раз, когда линии тока, по которым движутся частицы, проходят рядом с поверхностью препятствия на расстоянии, меньшем или равном половине их диаметра.

**Инерция.** Осаждение под действием этого механизма является следствием действия сил инерции, вынуждающих частицы загрязнений отклоняться от линий тока, в результате чего они приходят в столкновение с препятствием и удерживаются на нем.

**Диффузия.** Осаждение частиц загрязнений в ФМ происходит в результате их многочисленных столкновений с молекулами жидкости. В результате чего частица загрязнений, двигаясь с несущим потоком, испытывает случайные смещения с линий тока и приходит в контакт со стенками поровых каналов и задерживается на них.

Осаждение частиц в пористой среде описывается экспериментально установленной зависимостью Ивасаки [1]

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda C,$$

где  $C$  - объемная концентрация частиц, %;  $x$  - направление движения очищаемой жидкости, м;  $\lambda$  — коэффициент фильтрования.

Коэффициент  $\lambda$ , входящий в уравнение (1) для порошковой  $\lambda_n$  и волокнувой  $\lambda_b$  пористых сред соответственно равны

$$\lambda_n = \frac{3(1-\Pi)\eta_0\alpha}{2D}, \quad \lambda_b = \frac{4(1-\Pi)\eta_0\alpha}{\pi D}.$$

где  $\Pi$  - пористость ФМ,  $D$  - диаметр пор ФМ.

При проведении теоретических расчетов многие авторы [2] принимают  $\alpha = 1$ , а при определении значений  $\eta_0$  учитывают роль таких механизмов осаждения, как диффузия, прямое столкновение, седиментация и инерция, и считают, что

$$\eta_0 = \eta_{диф} + \eta_{пр ст} + \eta_{сед} + \eta_{ин},$$

где  $\eta_{диф}$ ,  $\eta_{пр ст}$ ,  $\eta_{сед}$ ,  $\eta_{ин}$  - соответственно, вероятности столкновения под действиями механизмов диффузии, прямого столкновения, седиментации и инерции.

По данным авторов [2, 3, 4] вероятность столкновения в результате действия этих механизмов определяется зависимостями приведёнными в табл. 1.

Таблица 1

Формулы для расчета вероятности столкновения

Диффузия [3]	Прямое столкновение [2]	Седиментация [2]	Инерция [4]
$\eta_{\text{лнф}} = 0,9 \left( \frac{k_B T}{\mu d D v_\phi} \right)^{2/3}$	$\eta_{\text{пр ст}} = \frac{3}{2} \left( \frac{d}{D} \right)^2$	$\eta_{\text{осл}} = \frac{(\rho_r - \rho_*) d^2 g}{18 \mu v_\phi}$	$\eta_{\text{ин}} = \frac{\rho_r d^2 v_\phi}{18 \mu D}$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ , Дж/К;

$T$  – абсолютная температура, К;

$\mu$  – динамическая вязкость фильтрата, Па·с;

$v_\phi$  – скорость фильтрации, м/с;

$\rho_r$  и  $\rho_*$  – плотность примесных частиц и фильтрата соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

В табл. 2 приведены формулы для расчета перепада давления  $\Delta p$ , коэффициента проницаемости  $K_\eta$  и толщины слоя ФМ  $H_\phi$ .

Таблица 2

Формулы для расчета перепада давления  $\Delta p$ ,  
коэффициента проницаемости  $K_\eta$  и толщины слоя ФМ  $H_\phi$

$\Delta p = \frac{\eta \cdot v_\phi}{K_\eta} \cdot H$	$K_\eta = \frac{\Pi^2 \cdot D^2}{72 \cdot B \cdot (1 - \Pi)}$	$H = \lambda \cdot \ln \left( \frac{1}{1 - \psi} \right)$
---	---	---

где  $B$  – коэффициент извилистости ( $B=1,6$ );

$\psi$  – степень очистки масла ( $\psi=0,95$ );

$H$  – толщина ФМ

Используя приведенные зависимости произведены соответствующие расчеты и определены закономерности изменения параметров. Расчеты производились для моторного масла М14Г2ЦС при температуре  $T=373$  К ( $\rho_ж = 850,21$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu = 0,011872$  Па·с). Диаметр пор фильтрующего материала  $D=50-500$  мкм, скорость фильтрации  $v_\phi = 0,001$  м/с. Размеры частиц загрязнений SiO<sub>2</sub> ( $\rho_r = 2650$  кг/м<sup>3</sup>) находились в диапазоне  $d = 5-40$  мкм.

На рис. 2 представлен график зависимости толщины фильтрующего материала  $H_{0,95}$  от диаметра частиц  $D$  фильтрующего материала с учётом всех механизмов вероятности столкновения, при заданных условиях (где  $H_{0,95}$  – толщина ФМ при степени очистки масла  $\psi = 0,95$ ).

На рис. 3 представлен график зависимости перепада давления  $P$  от диаметра частиц  $D$  фильтрующего материала с учётом действия всех механизмов столкновения, при заданных условиях.

На рис. 4 представлен график зависимости перепада давления  $P$  от толщины фильтрующего материала  $H_{0,95}$  с учётом действия всех механизмов столкновения, при заданных условиях.

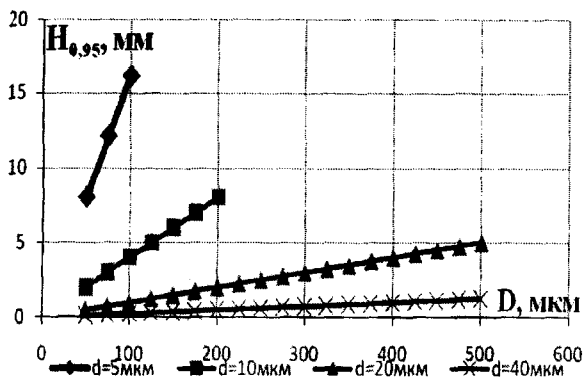


Рис. 2. Зависимость толщины фильтрующего материала  $H_{0,95}$  от диаметра частиц

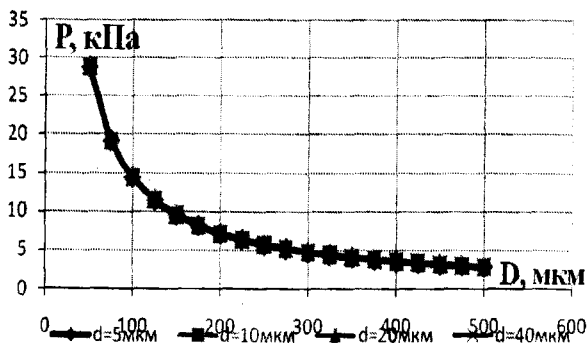


Рис. 3. Зависимость перепада давления  $P$  от диаметра частиц  $D$

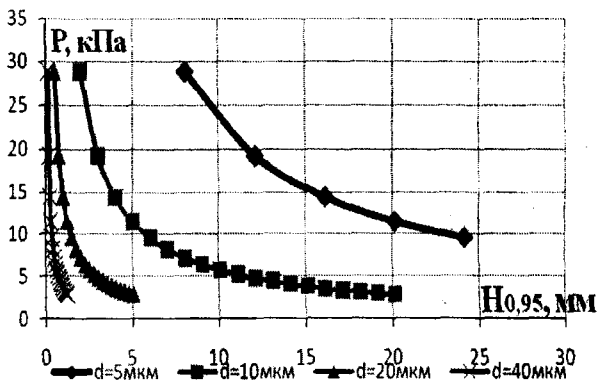


Рис. 4. Зависимость толщины фильтрующего материала  $H_{0,95}$  от перепада давления  $P$ .

#### Выводы:

1 Рассчитана зависимость толщины ФМ  $H_{0,95}$  в зависимости от диаметра его частиц  $D$  и диаметра частиц примесей  $d$ . Установлено, что: при максимальной толщине фильтра 6мм и размере частиц ФМ  $D$  от 50 до 500 мкм удалить загрязнения диаметром 5 мкм со степенью очистки 0,95 невозможно; загрязнения в 10 мкм можно задержать при степени очистки 0,95, при этом размер частиц ФМ должен быть менее 150 мкм; загрязнения 20 и 40 мкм могут быть задержаны ФМ с размером частиц менее 500мкм при толщине ФМ от 1 до 5 мм.

2 Рассчитан перепад давления на ФМ с размером частиц  $D$  от 50 до 500 мкм, обеспечивающего степень очистки 0,95. Установлено, что перепад давления на ФМ зависит только от размера его частиц и не зависит от диаметра частиц загрязнений, и возрастает гиперболически с уменьшением диаметра частиц. Так например для ФМ с размером частиц 100 мкм, который задерживает 95% примесей размером 5 мкм, перепад давления составляет 15 кПа.

3 Рассчитана зависимость перепада давления на ФМ толщиной  $H_{0,95}$ . Установлено, что с уменьшением  $H_{0,95}$  давление возрастает по гиперболической зависимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Iwasaki, T. Some notes on sand filtration / T. Iwasaki // Jour. AWWA. – 1937. – №29. – P. 1591-1602.

2. Yao, K. Water and Waste Water Filtration: Concepts and Application / K. Yao [et al.]. // Environmental Science and Technology. – 1971. – Vol. 5. – № 12. – P. 1105–1112.

3. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. – Москва: Государственное издательство физико-химической литературы, 1959. – 700 с.

4. Bliss, T. Suspended Solids Washing Overview / T. Bliss, M. Ostoja-Starzewski. // IPST Technical Paper Series Number 679. – 1997. – 13 p.

УДК 621.762

## **СВОЙСТВА ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕДНЫХ ВОЛОКОН, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СУХОГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ**

*В.Н. Дубинко – студент 5 курса БГАТУ  
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Капцевич*

Фильтрующие материалы находят широкое применение при решении вопросов, связанных с повышением надежности и срока службы машин и механизмов, качества выпускаемой продукции, в деле защиты окружающей среды и др. В многообразии таких материалов особое место занимают фильтрующие элементы (ФЭ) в виде тел вращения: втулки, трубы, стержни, стаканы, имеющие высокую технологичность конструкции, обеспечивающие минимальные затраты труда при их производстве и эксплуатации. Для их изготовления широкое распространение получили способы сухого изостатического прессования (СИП), основанные на использовании деформирующего элемента, выполненного из высокоэластичных материалов, и реализующих радиальную схему уплотнения [1]. Этот метод обеспечивает достижение равномерного порораспределения в формуемых заготовках и в свою очередь гарантирует высокие эксплуатационные свойства ФЭ.

Анализ литературных источников [2] показывает отсутствие сведений об исследовании закономерностей изменения структурных и гидродинамических свойств ФЭ из волокон, получаемых методом СИП.