
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

УДК 621.431.74-729.3

С.П. Бойко

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СЕТОК ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ПО ФРАКЦИОННОМУ КОЭФФИЦИЕНТУ ОТСЕВА

Приведен упрощенный метод расчета фракционных коэффициентов отсева тканых фильтровальных сеток. Полученные зависимости могут быть использованы для моделирования эффективности саморегенерирующихся фильтров топливных и смазочных систем судовых энергетических установок.

Ключевые слова: сетки полотняного переплетения, очистка топлива и масла, фильтрация.

S.P. Boyko

IDENTIFICATION OF EFFICIENCY OF PLAIN WEAVE FILTERING GRIDS ON THE FACTIONAL COEFFICIENTS OF SCREENINGS.

The given method shows an easy way of calculating factional dropout rates of woven filtering grids. The resulting dependencies can be used to model the effectiveness of self-recovering filters of the fuel and lubricating systems of ship power plants.

Key words: Mesh plain weave, cleaning of fuel and oil, filtration.

В последние годы для очистки топлив и моторных масел на судах широкое распространение получили саморегенерирующиеся фильтры (СРФ). Эти очистители способны работать в автоматизированном режиме без «ручной» чистки фильтрующих элементов (ФЭ) в течение длительного времени. Механизация и автоматизация процесса регенерации ФЭ выдвинули более жесткие требования к фильтровальным материалам (ФМ) СРФ. Высокая прочность, хорошая способность к восстановлению рабочих характеристик, возможность работать при различных законах фильтрования дали возможность широко применять тканые фильтровальные сетки (ТФС) полотняного переплетения в регенерирующихся фильтрах.

Для количественной оценки эффективности ТФС по фракционному коэффициенту отсева разработана модель фильтрования, учитывающая ситовый эффект и адгезионный захват (эффект касания). Предполагается, что частицы движутся по линиям тока дисперсионной среды и задерживаются, если их диаметр превышает или равен тонкости отсева сетки (рис. 1). Кроме того, допускается их захват при касании внутренней поверхности косоугольной трехгранной призмы. В этом случае частица должна находиться в потоке на расстоянии половины диаметра частицы $d/2$ от поверхности внутреннего канала фильтровальной сетки.

Действие других механизмов отсева дисперсной фазы (ДФ) проявляется в отклонении движения частиц от линий тока дисперсионной среды. Искажение их траектории проявляется под действием химмотологической, адгезионной и седиментационной групп отсева [3]. Стохастичность процесса фильтрования проявляется также в отрыве осадившихся частиц от ложа

канала и вторичном их уносе. Совокупное действие этих механизмов отсева предлагается учитывать безразмерной координатой отсева ε_d , которая может увеличивать или уменьшать зону отсева в зависимости от того, какие силы будут превалировать в действии на ДФ.

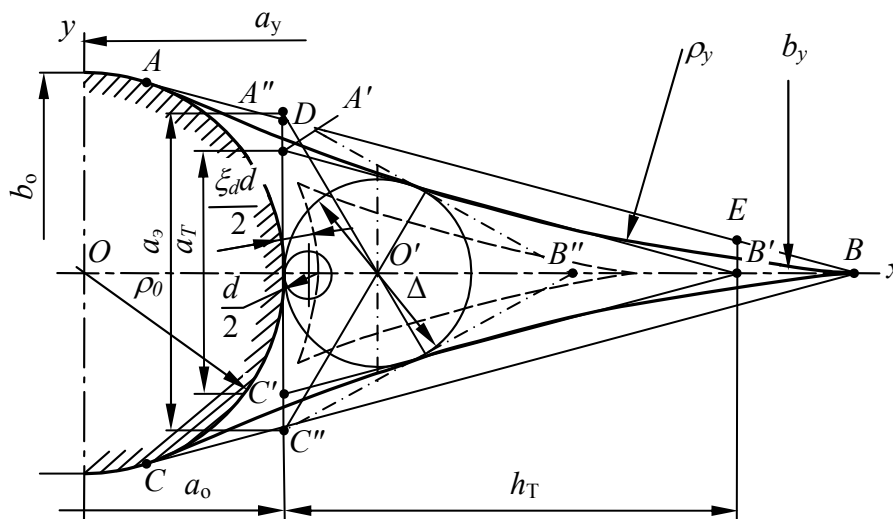


Рис. 1. Схема идентификации функциональных показателей ФС нового поколения
 Fig. 1. Identification of functional parameters FS new generation scheme

Идентификация поправочной константы ε_d на отсев частиц осуществлена в работе [3]. Она может быть применена и для фильтровальных сеток, сотканых из легированной стальной или синтетического происхождения проволоки. Результаты эксперимента по идентификации ε_d выражены позиномом

$$\varepsilon_d = 1 - \exp\left(-\frac{\bar{\Delta}^{0,294} \bar{h}_c^{0,462}}{M_{\text{ДСС}}^{0,782} \text{Re}_{\Delta}^{0,0534} \bar{g}_c^{0,0716}}\right). \quad (1)$$

В зависимости (1) безразмерные тонкость отсева $\bar{\Delta}$ и толщины сетки \bar{h}_c выражены относительно диаметра частиц d . Степень загрязнения сетки \bar{g}_c принята относительно ее гряземкости. Критерий Рейнольдса Re_{Δ} берется по определяющему размеру Δ и средней скорости потока v_m во внутреннем канале сетки. Химмотологические (диспергирующе-стабилизирующие свойства) МДСС дисперсионной среды задаются по методике [3].

Предположив равномерное распределение ДФ во всем объеме суспензии и по фронту внутреннего задерживающего участка, принимаем фракционный коэффициент отсева φ_d пропорциональным отношению потоков Q_s через периферийную зону на расстоянии $\varepsilon_d d / 2$ от ее периметра (поверхности) канала ко всему потоку Q_s . Таким образом, геометрическая интерпретация вероятности задержания частицы загрязнения состоит в рассмотрении части потока суспензии, из которой она будет удалена.

Для ламинарного установившегося движения вязкой жидкости с малыми скоростями через тонкие капилляры справедливо уравнение Стокса в частных производных второго порядка [4]:

$$\nabla_{s_r}^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p_c}{\mu_m h_c}. \quad (2)$$

Уравнение может быть решено при граничном условии – обращении в ноль скорости v на контуре S_T нормального к оси канала самого узкого его сечения в виде косоугольной трехгранной призмы и дополнительном условии, определяющем по заданному перепаду давления Δp_c и толщине h_c ТФС расход суспензии через внутренний канал.

Согласно (2) распределение скорости в сечении внутреннего задерживающего участка соответствует:

$$v = - \frac{\Delta p_c S_T(x, y)}{\mu_m h_c \left(\frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} \right)}, \quad (3)$$

где μ_m – вязкость масла (фильтруемой среды).

Поток жидкости Q_s сквозь сечение канала формы S_T составит:

$$Q_s = \iint_S v(x, y) dx dy = \iint_S - \frac{\Delta p_c S_T(x, y) dx dy}{\mu_m h_c \left(\frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} \right)}. \quad (4)$$

Фракционный коэффициент отсева для ТФС, состоящего из призм с одинаковой формой сечения канала, запишется в виде:

$$\varphi_d = 1 - \frac{Q_{S_d}}{Q_s} = 1 - \frac{\iint_{S_d} v(x, y) dx dy}{\iint_S v(x, y) dx dy}. \quad (5)$$

Для определения Q_s и Q_{S_d} интегрирование осуществляется соответственно по площади, ограниченной контуром S и S_d . Последний эквидистантен основному контуру и располагается внутри его с удалением по нормали на расстояние $\varepsilon_d d/2$. Заданные граничные условия интегрирования характерны для фильтрации суспензий с ДФ, обладающей высокой адгезией к фильтровальным материалам. Учет ослабления действия ван-дер-ваальсовых сил или усиления коагуляционных контактов в такой дисперсионной среде, как работающее моторное масло, возможен изменением пределов интегрирования числителя в формуле (5) и может быть выражен через ε_d по зависимости (1).

Идентификация структуры ТФС нового поколения методами дифференциальной геометрии позволяет использовать выражения (2) и (3) для разработки методики расчета фракционных коэффициентов отсева сеток. Задерживающий канал большинства сеток полотняного переплетения, как уже отмечалось, может быть представлен простым криволинейным треугольником ABC (см. рис. 1). Составим обращающееся в ноль на контуре треугольного сечения канала произведение

$$S_T(x, y) = \left(x^2 + y^2 \cos^2 \gamma - \frac{d_0^2}{4} \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] = 0,$$

где каждый из сомножителей представляет уравнение сторон треугольника, располагаемого на цилиндрах основы и утка, получим выражение для описания контура треугольного канала.

Выразив полуоси эллипса через диаметр основы ($a_0 = d_0/2$ и $b_0 = d_0/2\cos\gamma$), находим лапласиан $\nabla_{S_T}^2$ в плоскости x_0y от S_T . Угол γ характеризует отклонение плоскости x_0y относительно плоскости поперечного сечения проволоки основы.

$$\begin{aligned} \nabla_{S_T}^2 = \frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} = & \left(4a_y - \frac{3a_y^3}{a_0^2} - \frac{a_y^3}{b_0^2} - \frac{3a_y b_y^2}{a_0^2} - \frac{a_y b_y^2}{b_0^2} + \frac{3a_y \rho_y^2}{a_0^2} + \frac{a_y \rho_y^2}{b_0^2} \right) 8x - \\ & - \left(4 - \frac{19a_y^2}{a_0^2} - \frac{2a_y^2}{b_0^2} - \frac{5b_y^2}{a_0^2} - \frac{b_y}{b_0} - \frac{7\rho_y^2}{a_0^2} - \frac{\rho_y}{b_0} \right) 4x^2 - \left(\frac{11a_y}{a_0^2} + \frac{a_y}{b_0^2} \right) 8x^3 + \left(\frac{17}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2x^4 - \\ & - \left(8 - \frac{2a_y^2}{a_0^2} - \frac{18a_y^2}{b_0^2} - \frac{18x^2}{a_0^2} - \frac{18x^2}{b_0^2} + \frac{12a_y x}{a_0^2} + \frac{36a_y x}{b_0^2} + \frac{10b_y^2}{b_0^2} + \frac{2b_y}{a_0} + \frac{14\rho_y^2}{b_0^2} + \frac{2\rho_y^2}{a_0^2} \right) 2y^2 + \\ & + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{17}{b_0^2} \right) 2y^4 - \left(4 - \frac{b_y^2}{a_0^2} + \frac{\rho_y^2}{a_0^2} - \frac{b_y^2}{b_0^2} + \frac{\rho_y^2}{b_0^2} \right) 4a_y^2 + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2a_y^4 - \left(\frac{\rho_y^2}{a_0^2} + \frac{\rho_y^2}{b_0^2} \right) 4b_y^2 + \\ & + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2b_y^4 + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2\rho_y^4 + 8\rho_y^2. \end{aligned}$$

Искомое решение для v с учетом выражений (2) и (3) будет иметь вид:

$$v = -\frac{\Delta p_\Phi}{\nabla_{S_T}^2 \mu_m h_c} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x-a_y)^2 + (y-b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x-a_y)^2 + (y+b_y)^2 - \rho_y^2 \right]. \quad (6)$$

В итоге при интегрировании выражения (5) с использованием зависимости (6) фракционный коэффициент отсева для ТФС с внутренним задерживающим участком в форме косого треугольного треугольника ABC выразится следующим образом:

$$\begin{aligned} \Phi_d = 1 - & \frac{\int_{x_{S_{d1}}}^{x_{S_{d2}}} \int_{y_{S_{d1}}}^{y_{S_{d2}}} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x-a_y)^2 + (y-b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x-a_y)^2 + (y+b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} + \\ & \frac{\int_{x_{S_1}}^{x_{S_2}} \int_{y_{S_1}}^{y_{S_2}} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x-a_y)^2 + (y-b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x-a_y)^2 + (y+b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} + \\ & + \frac{\int_{x_{S_{d2}}}^{x_{S_{d3}}} \int_0^{y_{S_{d2}}} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x-a_y)^2 + (y-b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x-a_y)^2 + (y+b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2}, \quad (7) \\ & + \frac{\int_{x_{S_1}}^{x_{S_2}} \int_{y_{S_1}}^{y_{S_2}} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x-a_y)^2 + (y-b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x-a_y)^2 + (y+b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} \end{aligned}$$

где $x_{S_{d1}} = x_1$, $x_{S_{d2}} = \frac{d_0 + \varepsilon_d d}{2}$, $y_{S_{d1}} = \frac{\sqrt{0,25(a_0 + \varepsilon_d d)^2 - x^2}}{\cos \gamma}$,

$$y_{S_{d2}} = b_y - \sqrt{(\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 - (a_y - x)^2}, \quad x_{S_1} = 0,5d_0 \sin \beta,$$

$$x_{S_2} = 0,5d_0, \quad y_{S_1} = \frac{\sqrt{0,25d_0^2 - x^2}}{\cos \gamma}, \quad y_{S_2} = b_y - \sqrt{\rho_y^2 - (a_y - x)^2}, \quad x_{S_{d3}} = a_y - \sqrt{(\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 - b_y^2}.$$

С учетом симметрии поперечного сечения фильтровального канала относительно оси x при определении φ_d интегрирование осуществляется для верхней его части. Нижний предел интегрирования $x_{S_{d1}}$ по x в числителе находится совместным решением системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} x^2 + y^2 \cos^2 \gamma - 0,25(d_0 + \varepsilon_d d)^2 &= 0; \\ x^2 + y^2 - 2a_y x - 2b_y y + a_y^2 + b_y^2 - (\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Рассмотрим подробно процесс фильтрования суспензии через пору с сечением в форме равнобедренного треугольника. Основываясь на тех же подходах, что и при разработке модели (7), запишем уравнение $\Delta A'B'C'$ (см. рис. 1) в виде произведения

$$S'_T(x, y) = x \left(x - h_T - \frac{2h_T}{a_T} y \right) \left(x - h_T + \frac{2h_T}{a_T} y \right) = 0.$$

Лапласиан $\nabla^2 S'_T = \left(6 - 8 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x - 4h_T$ дает возможность получить на основе зависимости (3)

выражение для скорости в плоскости расположения треугольника:

$$v = \frac{\Delta p_\Phi \left(x^3 - 2x^2 h_T + x h_T^2 - \frac{4h_T^2 x y^2}{a_T^2} \right)}{2\mu_m h_T \left[2h_T - \left(3 - \frac{4h_T^2 x y^2}{a_T^2} \right) x \right]}. \quad (9)$$

Приняв обоснованные ранее граничные условия интегрирования при определении потока суспензии Q_s и Q_{s_d} через полное сечение поры и зону, где действие адгезионного захвата частиц не наблюдается, по формуле (5) находим выражение для фракционного коэффициента отсева:

$$\varphi_d = 1 - \frac{\int_{\frac{\varepsilon_d d}{2}}^{2h_T - \frac{\varepsilon_d d}{2 \sin \alpha}} \left[a_T \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) - \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha} \right] \left[x^3 - h_T x^2 \left(2 + \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha} \right) + h_T^2 x \left(1 + \frac{\varepsilon_d d}{a_T \cos \alpha} - \frac{(\varepsilon_d d)^2}{2a_T \cos^2 \alpha} \right) \right] dx}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2 x y^2}{a_T^2} \right) x} \cdot \frac{\int_0^{h_T} a_T \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) (x^3 - 2h_T x^2 + h_T^2 x) dx}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x}. \quad (10)$$

Дальнейшее упрощение зависимости (10) для интегрирования ее в элементарных функциях возможно путем замены ΔABC равносторонним треугольником, эквивалентным ему по полноте отсева. При этом сторона a_3 эквивалентного треугольника, как правило, находится по формуле

$$a_3 = \sqrt{3}a_T \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \frac{\rho_0 \sin \frac{S_0}{2\rho_0}}{2\rho_y \sin \frac{S_y}{2\rho_y}} \right).$$

В $\Delta A''B''C''$ $h_m = \frac{\sqrt{3}a_3}{2}$, поэтому зависимость (3) трансформируется в выражение

$$v = \frac{\Delta p_c}{\mu_m h_c} \left[\frac{x^3}{2\sqrt{3}a_3} - \frac{x^3}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{a_3}{4} - \frac{y^2}{a_3} \right) x \right]. \quad (11)$$

После всех преобразований получена упрощенная зависимость для фракционного коэффициента отсева:

$$\varphi_d = 10 \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^2 - \frac{20\sqrt{3}}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^3 - 5 \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^4 + 4\sqrt{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^5. \quad (12)$$

Для практических целей допустимо использование более простого выражения

$$x_1 = \left(C_0 - \frac{B_y(C_0 - a_y)}{2b_y^2} \pm \left\{ \left[\frac{B_y}{2b_y^2}(C_0 - a_y) - C_0 \right]^2 - \left[1 + \frac{(C_0 - a_y)^2}{b_y^2} \right] \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left[\frac{B_y^2}{4b_y^2} + C_0^2 - \left(\rho_y + \frac{d}{2} \right) 2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \right) \frac{b_y^2}{b_y^2 + (C_0 - a_y)^2},$$

где $\rho_0 = \frac{d_0}{2 \cos^2 \gamma}$; $C_0 = \frac{d_0}{2} \operatorname{tg}^2 \gamma$; $B_y = a_y^2 - C_0^2 + b_y^2 + \rho_y^2 + d(\rho_0 - \rho_y)$.

Обработка большого массива данных по фракционному коэффициенту отсева сеток обратного полотняного переплетения с различной геометрией показало возможность аппроксимации зависимости $\varphi_d(d)$ по определяющему размеру Δ полиномом следующего вида:

$$\Phi_{d\Phi} = \frac{10}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^2 - \frac{20}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^3 - \frac{5}{9} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^4 + \frac{4}{9} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^5. \quad (13)$$

Зависимость (13) вполне пригодна для практического применения при оценке эффективности саморегенерирующихся фильтров, использующих ТФС. Погрешность расчета φ_d в сравнении с более точным моделированием процесса по (7), если не учитывать ошибку, вносимую показателем ε_d , составляет 5–12 %.

При задании дифференциальной функции $f(\Delta)$ плотности распределения параметра, определяющего задерживающую способность треугольного канала, обобщенный фракционный коэффициент отсева для сеток с отклонениями параметров геометрии рассчитывается численным интегрированием следующего выражения:

$$\varphi_{d\Phi} = \frac{\int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \varphi_d \Delta^n f(\Delta) d(\Delta)}{\int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \Delta^n f(\Delta) d(\Delta)}. \quad (14)$$

Показатель степени n при определяющем размере канала Δ зависит от характера течения, типа и назначения фильтра. При ламинарном течении суспензии по каналам треугольной формы $n = 4$ [3, 5].

При расчете φ_d по формуле (13) и задании в качестве определяющего размера канала треугольной формы диаметра Δ вписанной в него окружности, самое узкое сечение которой распределено по нормальному закону $f(\Delta) \in N(m_\Delta, \sigma_\Delta^2)$, обобщенный фракционный коэффициент отсева ТФС можно рассчитывать по формуле

$$\begin{aligned} \varphi_{d\Phi} = & \frac{\left[\frac{5}{3} (m_\Delta^2 + \sigma_\Delta^2) (\varepsilon_d d)^2 - \frac{10}{9} m_\Delta (\varepsilon_d d)^3 - \frac{5}{18} (\varepsilon_d d)^4 + \frac{9}{2} \frac{(\varepsilon_d d)^5}{m_\Delta} \right] \times \\ & \times \left(1 - \operatorname{erf} \frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right) - \left[m_\Delta^3 + 5m_\Delta \sigma_\Delta^2 + (m_\Delta^2 + 3\sigma_\Delta^2) d + m_\Delta d^2 - \right. \\ & \left. - \frac{10}{3} \left(d - \frac{2}{3} \varepsilon_d d + m_\Delta \right) (\varepsilon_d d)^2 + d^3 \right] \frac{\sigma_\Delta}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[- \left(\frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right)^2 \right]}{m_\Delta^4 + 6m_\Delta^2 \sigma_\Delta^2 + 3\sigma_\Delta^4} + \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right), \quad (15) \end{aligned}$$

где $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ – интеграл вероятности; m_d, σ_d – математическое ожидание и дисперсия распределения показателя Δ .

Сходимость зависимости (15) с экспериментальными данными (рис. 2) хорошая. Сопоставление по критерию Вилькоксона приведенных расчетных и экспериментальной зависимостей $\varphi_{d\Phi}(d)$ для ТФС с $m_\Delta = 30$ мкм и $\sigma_\Delta = 2,5$ мкм показало их адекватность и принадлежность с доверительной вероятностью 95 % к одной генеральной совокупности. Хорошая сопоставимость расчетных и экспериментальных данных по φ_d ТФС с оптимизированной геометрией ($m_\Delta = 30$ мкм, $\sigma_\Delta = 2,5$ –15 мкм) обусловлена удовлетворительным приближением формы фильтрового канала к равностороннему треугольнику. Отклонение параметров геометрии ТФС от номинальных размеров приводит к значительному рассеиванию результатов по фракционному коэффициенту отсева.

Выводы

1. Упрощение модели задерживающей способности ТФС по фракционному коэффициенту отсева получено заменой поры в форме косоугольного треугольника на равносторонний треугольник с длиной стороны a , и выражением φ_d через диаметр Δ вписанной в нее окружности. Упрощение модели приводит к погрешности расчета фракционного коэффициента отсева в 5–12 %.

2. Показана возможность использования для практических целей зависимостей, полученных на упрощенных подходах к оценке поровой структуры и эффективности ТСФ с учетом распределения параметра Δ по нормальному закону. Искажение гидродинамики потоков через поровые структуры тканых сеток при этом приводит к погрешности расчета фракционных коэффициентов отсева относительно результатов, полученных по сложной модели, не более чем на 8 %.

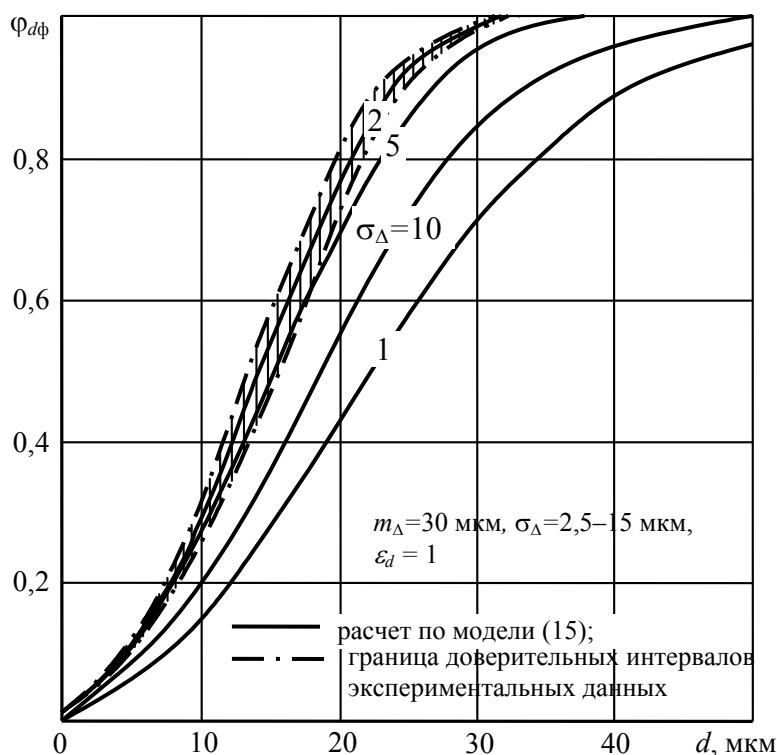


Рис. 2. Влияние стабильности структуры ФС на фракционную эффективность очистки
Fig. 2. The effect of grid structure FS in the fractional cleaning efficiency

Список литературы

1. Кича, Г.П. Новые тканые материалы для саморегенерирующихся фильтров систем топливно-и маслоочистки судовых энергетических установок / Г.П. Кича, Г.Г. Галстян, В.В. Тарасов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дальнего Востока. – 2009. – № 2. – С. 209–213.
2. Кича, Г.П. Оптимизация поровой структуры фильтровальных сеток для очистки горюче-смазочных материалов на судах / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Г.Г. Галстян // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 1. – С. 159–165.
3. Кича, Г.П. Решение проблемы высокоэффективной очистки моторного масла в судовых дизелях: в 2 т.: дис. ... д-ра техн. наук: 05.08.05 / Кича Геннадий Петрович. – Владивосток, 1992. – Т. 1. – 512 с. – Т. 2. – 358 с.
4. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газов / Л. Г. Лойцянский. – М.: Высш. шк., 1982. – 685 с.
5. Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 372 с.

Сведения об авторе: Бойко Сергей Петрович, аспирант, e-mail: boykoland@mail.ru.