

РАСЧЁТ ВТУЛОЧНЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МАТЕРИАЛА МР

© 2014 А. М. Жижкин, Г. В. Лазуткин, Т. В. Волкова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

В статье рассмотрена методика расчёта характеристик тонкостенных фильтрующих элементов (ФЭ) втулочного типа, определяемых структурными свойствами материала МР. Существующие результаты исследований структурных, фильтровальных, расходных и гидродинамических характеристик проволочных материалов, ресурса их работы имеют разрозненный характер и не связаны расчётом в аналитически замкнутом виде с конструктивно-технологическими параметрами фильтрующих элементов из материала МР. Решены задачи создания методики расчёта фильтрующих элементов из МР с заданными фильтровальными и гидродинамическими характеристиками с учётом ограничений по выбору геометрических размеров и длительности эксплуатации фильтра в целом. Приведены решения задач по определению структурных и гидродинамических характеристик МР. Определена возможность создания фильтрующего элемента, исходя из обеспечения заданной его расходной характеристики и ресурса работы. Предложен алгоритм расчёта основных характеристик фильтрующих элементов. Алгоритм включает решение системы уравнений, а также совместное с ним применение рекомендаций по выбору параметров структуры МР и геометрии фильтрующих элементов с целью обеспечения их заданных фильтрующих и гидродинамических характеристик. Это позволяет согласовать рациональные параметры структуры материала МР с геометрическими, фильтровальными и гидродинамическими характеристиками фильтрующих элементов. Такой обобщённый подход к расчёту расходных характеристик обеспечивает возможность учитывать и ресурс работы фильтрующего элемента. Полученные результаты могут быть использованы в практике создания высокоэффективных фильтров на основе тонкостенных конструкций рациональных фильтрующих элементов втулочного типа из нетканого проволочного материала МР.

Фильтрующий элемент, материал МР, параметры, фильтровальные и гидродинамические характеристики, ресурс, расчёт, проектирование.

Для целей фильтрации газообразных и жидких сред в нефтегазовой и химической промышленности, авиа- и ракетостроении, судостроении, машиностроении широко применяется упругий пористый проволочный материал МР, способный работать в условиях высокой и низкой температуры, агрессивных сред, радиации и т.п. Материал МР по сравнению с другими пористыми материалами [1 - 3]

получают холодным прессованием взаимоперекрещивающихся спиралей, навиваемых из высоколегированных коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких сплавов 12Х18Н10Т, ЭИ-708, ЭП-322, Х20Н80 и др. [1, 4]. Благодаря этому шайбы и втулочные ФЭ (рис. 1) из материала МР, обладающие высокой технологичностью в производстве и эксплуатации, находят всё более широкое применение.

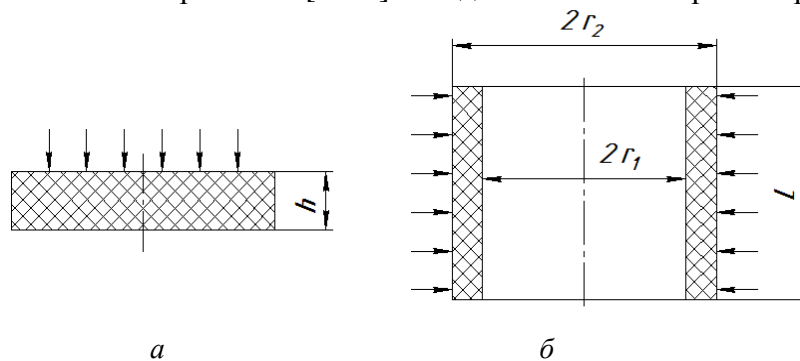


Рис. 1. Схемы пористого элемента из МР: а – плоский элемент (шайба); б – втулочный элемент

Следует отметить, что существующие материалы по расчёту характеристик ФЭ, например [1, 2, 4, 5], не представлены в замкнутом виде, где были бы связаны в единую систему алгоритмы выбора структурных, гидродинамических и других характеристик. Это затрудняет процесс рационального проектирования ФЭ из материала МР. Поэтому создание достаточно общих алгоритмов расчёта ФЭ из МР, позволяющих определять их рациональные конструктивные и технологические параметры с учётом заданных фильтрационных характеристик в течение всего срока эксплуатации, является актуальной задачей.

В технических заданиях (ТЗ) на разработку фильтров, как правило, содержатся технические требования к ФЭ.

К ним относятся:

- абсолютная тонкость очистки δ ;
- потребный расход фильтрата в гидравлической системе Q при заданном перепаде давления ΔP ;
- характеристики жидкости, фильтруемой через элемент (плотность ρ , коэффициенты динамической μ и кинематической вязкости ν , рабочая температура и др.).

Кроме того, для ФЭ могут задаваться ограничения на габаритные размеры, допускаемый перепад давления от расхода жидкости. Последняя величина ограничивается требованиями по расходу фильтрата в гидравлической системе наряду с возможностями получения максимального рабочего давления для нефильтованной жидкости. Допускаемый перепад давления может определяться по прочностным свойствам конструкции как ФЭ, так и фильтра в целом. При проектировании (на этапе предварительных расчётов) можно воспользоваться соответствующими и, по необходимости, скорректированными характеристиками имеющихся прототипов.

Как показывает анализ имеющихся результатов исследований основных характеристик ФЭ и технологии производства изделий из проволочного материала

МР [2, 5], при проектировании необходимо решить следующие задачи.

Задача 1 – Определение структурных характеристик ФЭ.

Эти характеристики представляют в виде зависимостей, связывающих среднюю пористость Π и диаметр проволоки δ_0 материала МР с абсолютной тонкостью очистки δ . В работах [2, 5] в результате обработки экспериментальных данных образцов с относительным диаметром спирали в образце из материала

МР в $\bar{d}_0 = \frac{d_0}{\delta_0} = 5...20$ (d_0 – наружный

диаметр спирали) было получено следующее выражение:

$$\delta = 0,65 \frac{\delta_0 \Pi}{1 - \Pi}. \quad (1)$$

Оно представляет собой функциональную связь абсолютной тонкости очистки со структурным параметром - пористостью и параметром скелета МР - диаметром проволоки. Скелетные характеристики материала МР могут быть представлены и другими параметрами. За параметры скелета могут быть выбраны не только диаметр проволоки, но и диаметр спирали, относительная плотность МР и другие симплексы и комплексы, получаемые с помощью первой части π -теоремы и зависящие от типа решаемых задач. Например, влияние диаметра спирали d_0 на тонкость очистки δ с учётом формулы (1) можно представить в виде

$$\delta = 0,65 \frac{d_0 \Pi}{\bar{d}_0 \bar{\rho}},$$

где $\bar{\rho} = 1 - \Pi$ – относительная плотность МР.

Следовательно, при заданном диаметре спирали d_0 за качество фильтрации отвечает комплекс $\frac{\Pi}{\bar{d}_0 \bar{\rho}}$, часть которого $\bar{d}_0 \bar{\rho}$ определяет характеристику скелета.

Обычно для изготовления материала МР применяется проволока из различных металлов диаметром 0,05...0,3 мм [1, 3 - 5]. Из-за высокой стоимости и низкой производительности производства материала МР применение проволок диаметром менее 0,09 мм не нашло широкого применения при изготовлении ФЭ. В свою очередь, проволока диаметром более 0,3 мм может обеспечивать лишь низкие фильтровальные свойства ФЭ при высокой неоднородности структуры материала МР, что неприемлемо для фильтров, применяемых в машиностроении. Поэтому в конструкциях ФЭ из МР наиболее целесообразно применение проволоки толщиной 0,09...0,3 мм с относительным диаметром спирали 6...8, величина которого в значительной мере определяет качество фильтрации [2].

В указанных выше работах показано, что гидравлический диаметр пористой среды d_g функционально связан с теми же структурными параметрами зависимостью

$$d_g = \frac{\delta_0 \Pi}{1 - \Pi}. \quad (2)$$

Выражение (1) с учётом (2) может быть представлено в виде зависимости

$$\delta = 0,65 d_g. \quad (3)$$

Задача 2 – Определение возможности создания ФЭ, исходя из обеспечения потребной расходной характеристики, заданной в ТЗ.

Расход жидкости через ФЭ определяется зависимостью:

$$Q = V S, \quad (4)$$

где V – скорость истечения жидкости; S – площадь поверхности фильтрации.

Расходная характеристика представляет собой зависимость перепада давления на ФЭ от расхода. Как показано в работе [5] с учётом формул (1)...(4) для плоской стенки толщиной h (рис. 1,а) можно записать упрощённую систему уравнений в виде

$$\begin{cases} \delta = 0,65 d_g, \\ d_g = \frac{\delta_0 \Pi}{1 - \Pi}, \\ Q = S V, \\ \Delta P = \frac{153(1 - \Pi)^2}{2 \Pi^3 \delta_0^2} \mu V h + \frac{1,42(1 - \Pi)}{2 \Pi^3 \delta_0} \rho V^2 h. \end{cases} \quad (5)$$

Решение задач 1 и 2 предполагает решение системы уравнений (5).

Преобразуем систему (5) в уравнение вида

$$\Delta P = \frac{32,5 \mu h}{\delta^2} \frac{Q}{S} \frac{1}{\Pi} + \frac{0,46 \rho h}{\Pi^2 \delta} \left(\frac{Q}{S} \right)^2. \quad (6)$$

В этом уравнении семь независимых переменных (δ , Π , Q , h , S , ρ , μ), от совокупности значений которых решение уравнения может иметь свои особенности.

Для цилиндрической стенки ФЭ втулочной формы (рис. 1,б), когда жидкость течёт вдоль его радиуса, необходимо учитывать ещё и влияние цилиндрической стенки на гидравлические характеристики. В работе [5] приводится выражение для числа Рейнольдса при радиальном течении в виде

$$Re_{rad} = C Re, \quad (7)$$

$$\text{где } C = \frac{h}{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \approx \frac{r_1}{r_2}. \quad (8)$$

Здесь $h = (r_2 - r_1)$; r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы втулки соответственно (рис.1,б), Re – число Рейнольдса для плоской стенки [5].

Следует остановиться на физическом представлении коэффициента C . Умножая числитель и знаменатель выражения (8) на $2\pi L$ (L – длина втулки), получим отношение площадей входа и выхода жидкости из элемента. Существенного влияния фактора коэффициента C , связанного с этой особенностью геометрии конструкции, на внутреннюю структуру материала МР не выявлено. Следовательно, коэффициент C оценивает особенности внешней геометрии ФЭ, а не внутренней, как в трубной гидравлике [5]. По аналогии с плоской стенкой запишем систему урав-

нений для втулочной формы ФЭ, в которых реализуется радиальное течение жидкости:

$$\begin{cases} \delta = 0,65 \frac{\delta_0 \Pi}{1 - \Pi}, \\ Q = S V = 2\pi r_1 L V_1, \\ C = \frac{h}{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \approx \frac{r_1}{r_2}, \\ \Delta P = \frac{153(1 - \Pi)^2}{2\Pi^3 \delta_0^2} \frac{1}{C} \mu V_1 h + \frac{1,42(1 - \Pi)}{2\Pi^3 \delta_0} C \rho \rho_1^2 h. \end{cases}$$

Уравнение, решённое относительно наибольшей скорости V_1 в пористом образце, может быть записано в следующем виде [5]:

$$\frac{\Delta P}{h} = \frac{153(1 - \Pi)^2}{2\Pi^3 \delta_0^2} \frac{r_2}{r_1} \mu V_1 + \frac{1,42(1 - \Pi)}{2\Pi^3 \delta_0} \frac{r_1}{r_2} \rho V_1^2. \quad (9)$$

Для тонкостенных втулочных ФЭ, наиболее часто реализуемых в конструкциях фильтров, с точностью до величин первого порядка малости имеем $r_1/r_2 \sim 1$. В подобных случаях, особенно на этапах эскизного проектирования, можно пренебречь кривизной ФЭ и пользоваться при расчётах уравнением (6), а при поверочных расчётах – уравнением (9).

Обычно при расчёте фильтра в соответствии с требованиями ТЗ задаются значениями δ , Q и допустимым перепадом давления ΔP на фильтре, определяющим, с одной стороны, его прочность, с другой – потери давления. Характеристики жидкости (вязкость μ и плотность ρ) могут быть определены по справочным данным, например, в зависимости от температуры и давления фильтруемой жидкости [6]. При проектных расчётах, как правило, характеристики жидкости выбирают при минимальных значениях температуры из заданного диапазона по ТЗ, так как при этом реализуются максимальные значения перепада давления и площади фильтрования.

Толщину ФЭ h (рис. 1,а) можно задать, используя имеющиеся в литературе рекомендации, например [5], с учётом следующих факторов.

Для обеспечения минимальных гидравлических потерь необходимы минимальные значения толщины h . По результатам исследований [5] минимальная толщина пористого образца должна быть не менее $10\delta_0$ для обеспечения структурной однородности. Вместе с тем, учитывая зависимость (1) и рекомендуемый диапазон толщин применяемых проволок, минимальная толщина ФЭ должна быть не менее 3 мм. Максимальная толщина может быть определена из условия обеспечения жёсткости или прочности ФЭ. Поэтому компромиссное значение толщины ФЭ обычно следует выбирать в диапазоне 3...5 мм, если на h в ТЗ не накладываются дополнительные ограничения.

Неизвестные при решении уравнения (6) пористость Π и площадь фильтрующего элемента S можно выбирать, исходя из следующих условий.

Так, при нахождении параметров структуры ФЭ по расходным характеристикам, целесообразно выбирать $\Pi \geq 0,6$. Тем самым можно рационально использовать структуру ФЭ по массовому показателю при обеспечении минимально возможной площади S пренебречь в расчётах влиянием облитерации на расходную характеристику [5]. Максимально возможная пористость ограничивается жёсткостью и прочностью ФЭ и обычно составляет $\Pi \leq 0,70 \dots 0,8$, если нет дополнительных или специальных условий в ТЗ на разработку фильтра в целом. Таким образом, рациональное значение пористости ФЭ следует выбирать в диапазоне значений $0,6 \leq \Pi \leq 0,8$. Необходимо учитывать, что уменьшение пористости ведёт к увеличению диаметра проволоки и к снижению затрат по изготовлению ФЭ.

Неизвестную площадь фильтрации S можно вычислить, воспользовавшись уравнениями (6) и (4). Для этого уравнение (6) целесообразно привести к уравнению вида

$$\frac{0,46\rho h}{\Pi^2 \delta} V^2 + \frac{32,5\mu h}{\Pi \delta^2} V - \Delta P = 0, \quad (10)$$

где $V = Q/S$ – согласно (4) скорость фильтрации жидкости через проектируемый фильтр.

Введём обозначения:

$$a = \frac{0,46\rho h}{\Pi^2\delta}; \quad b = \frac{32,5\mu h}{\Pi\delta^2},$$

и из решения уравнения (10) получим выражение для скорости ($V > 0$):

$$V = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4a\Delta P}}{2a}. \quad (11)$$

Используя значение ΔP_1 , определим значение скорости фильтрации V_1 , которая должна обеспечить расход жидкости Q_1 , заданный по ТЗ. Результаты расчёта перепада давления от расхода жидкости ФЭ интерпретированы на рис. 2 линией 1 с расчётной точкой 1.

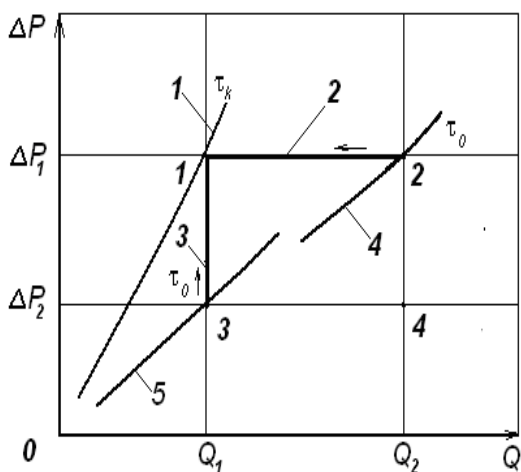


Рис. 2. Зависимость перепада давления ΔP от расхода Q через ФЭ

На рис. 2 по осям координат отображены величины ΔP_1 , ΔP_2 , Q_1 , Q_2 – минимальный и максимальный перепады давления и расходы на ФЭ соответственно (ΔP_1 , Q_1 – по ТЗ).

Задача 3 – Определение потребных расходных характеристик ФЭ с учётом ресурса его работы.

С помощью уравнения (4) можно определить площадь фильтрации S_f , которая обеспечивает заданные в ТЗ расход и гидравлические потери в ФЭ. Это минимальная площадь ФЭ, которая обеспечивает требование ТЗ. На рис. 2 линия 1 – граничная расходная характеристика, у

которой только одна точка 1 удовлетворяет требованиям ТЗ. ФЭ с такой характеристикой, из-за его засорения в процессе эксплуатации не сможет обеспечивать продолжительный ресурс работы, который обычно подразумевается или оговаривается в ТЗ на разработку фильтра. Вычисленные структурные и геометрические параметры ФЭ обеспечивают его характеристики только в начальный момент работы τ_0 .

Поэтому необходимо определить расходную характеристику ФЭ в начале работы τ_0 с поправкой на ресурс работы τ_k , которая обеспечивается увеличением площади ФЭ по сравнению с первоначально вычисленной площадью S_f без учёта засорения ФЭ. Для обеспечения ресурса работы ФЭ рассмотрим вид фильтрования с постепенным закупориванием одной поры многими твёрдыми частицами без образования осадка. Такой процесс типичен для разделения суспензий, содержащих небольшую концентрацию малых частиц, взвешенных в жидкости. Он также характерен для задач, связанных с работой фильтра в агрегатах машин. Процесс фильтрования с закупориванием пор может происходить при постоянном перепаде давления $\Delta P = const$, что наиболее типично для практики (линия 2 на рис. 2) и постоянном расходе $Q = const$ при использовании регулятора расхода (линия 3 на рис. 2).

Оценочные расчёты ресурса работы фильтров и дросселей из материала МР приведены в работе [7], в которой предполагается возможность реализации обоих режимов течения через пористый элемент (линия 4 на рис. 2). Однако результаты [7] специфичны и недостаточны для применения в настоящей работе.

Для оценки ресурса работы фильтра можно использовать результаты работы [8], в которой предполагается реализация обоих режимов течения через капиллярную модель пористого материала (линия 5 на рис. 2).

Однако, в случае реализации процесса фильтрации с закупориванием пор при постоянном перепаде давления $\Delta P = const$, можно воспользоваться выражением для определения скорости фильтрации суспензии в любой момент времени и зависимостью (4).

Скорость фильтрации в любой момент времени V представляется в виде [9]

$$V = V_n \left[1 + \tau \frac{k_v V_n}{2} \right]^{-2} \quad (12)$$

Здесь V_n – начальная скорость фильтрации; τ – время работы ФЭ;

$$k_v = \frac{2x_0}{\pi r_k^2 N_k l_k},$$

где x_0 – отношение объёма осадка, осевшего в капилляре, к объёму фильтрата; r_k – радиус капилляра; N_k – число капилляров на площади в 1 м^2 ; l_k – длина капилляра. Учитывая, что $\pi r_k^2 N_k = \Pi_n$ – начальная пористость ФЭ, а $l_k = h$, выражение (12) можно представить в виде

$$V = V_n \left[1 + \tau \frac{V_n \cdot x_0}{\Pi_n \cdot h} \right]^{-2},$$

выбрав за начальную скорость V_2 .

По этой зависимости можно определить скорость фильтрации в конце работы ФЭ

$$V_1 = V_2 \left[1 + \tau \frac{V_2 \cdot x_0}{\Pi_n \cdot h} \right]^{-2}.$$

Так как площадь ФЭ в процессе фильтрации не меняется, то $S_1 = S_2$. Умножая обе части уравнения на значение площади и записывая его относительно начального расхода, получим выражение для определения начального расхода с учётом ресурса работы

$$Q_2 = Q_1 \left[1 + \tau \frac{V_2 x_0}{\Pi_n \cdot h} \right]^2.$$

Воспользовавшись зависимостью (4), можно вычислить искомую площадь S_2 в точке 2

$$S_2 = Q_2 / V_2 \quad (13)$$

Процесс изменения расхода через ФЭ по времени τ при условии $\Delta P = const$ представлен на рис. 2, как указывалось выше, линией 2 (стрелка указывает направления процесса).

Если процесс фильтрации с закупориванием пор происходит при постоянном расходе $Q = const$, то для определения гидравлических потерь на ФЭ в любой момент времени воспользуемся выражением, приведенным в работе [9] в виде

$$\frac{1}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{1}{\sqrt{\Delta P_n}} - \frac{1}{2} k_p q, \quad (14)$$

где ΔP – перепад давления на ФЭ в любой момент времени; ΔP_n – перепад давления на ФЭ в начальный момент времени;

$$q = V\tau, \quad k_p = \frac{2x_0}{\pi r_k^2 N_k l_k} \left(\frac{1}{\Delta P_n} \right)^{1/2}.$$

Учитывая последние выражения и что $\pi r_k^2 N_k = \Pi_n$ – начальная пористость ФЭ, а $l_k = h$, уравнение (14) можно представить в виде

$$\Delta P = \Delta P_n \left[1 - \tau \frac{V x_0}{\Pi_n h} \right]^{-2} \quad (15)$$

В рассматриваемом случае перепад давления на ФЭ $\Delta P = \Delta P_1$, который задаётся в ТЗ. Для обеспечения ресурса работы необходимо определить $\Delta P_2 = \Delta P_n$ – перепад давления на ФЭ в начале его работы, который получим из уравнения (15)

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \left[1 - \tau \frac{V x_0}{\Pi_n h} \right]^2 \quad (16)$$

С помощью зависимостей (11) и (16) можно вычислить скорость фильтрации V_3 в начальный момент времени. Площадь ФЭ в начале работы можно определить по формуле (4) при условии $Q_3 = Q_1 = Q$ в виде выражения

$$S_3 = Q / V_3.$$

Процесс изменения перепада давления на ФЭ по времени τ при постоянном расходе $Q = const$ представлен на рис. 2

линией 3 (стрелка указывает направления процесса).

Таким образом, по заданным в ТЗ ограничениям для объёма фильтра, можно спроектировать ФЭ и «вписать» его в заданный объём конструкции с учётом наибольшего из значений $[S_2, S_3]$ согласно (13) и (17).

Оценить грязеемкость ФЭ можно с помощью изменения пористости за время работы.

Для расчёта пористости ФЭ в конце ресурса его работы можно воспользоваться уравнением (6). Для этого необходимо выбрать значение конечного расхода Q_1 и перепада давления ΔP_1 , заданных в ТЗ, и вычислить значения площадей ФЭ в зависимости от реализуемого процесса S_3 (17) или S_2 (13), обеспечивающих максимальный расход фильтрата в начале работы, а пористость определить как решение уравнения вида

$$\frac{0,46\rho h}{\delta} \left(\frac{Q}{S_{2,3}} \right)^2 \frac{1}{\Pi_k^2} + \frac{32,5\mu h}{\delta^2} \frac{Q}{S_{2,3}} \frac{1}{\Pi_k} - \Delta P_1 = 0.$$

Введём обозначения:

$$a_1 = \frac{0,46\rho h}{\delta} \left(\frac{Q}{S_{2,3}} \right)^2; \quad b_1 = \frac{32,5\mu h}{\delta^2} \frac{Q}{S_{2,3}}. \quad (17)$$

Библиографический список

1. Бузицкий В.Н., Сойфер А.М. Цельнометаллические упругодемпфирующие элементы, их изготовление и применение // Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов. Вып. 19. Куйбышев: КуАИ, 1965. С. 259-266.
2. Белоусов А.И., Изжеуров Е.А., Сетин А.Д. Исследование гидродинамических и фильтровальных характеристик пористого материала МР // Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов. Вып. 73. Куйбышев: КуАИ, 1975. С. 70-79.
3. Жижкин А.М. Создание тонкостенных изделий из материала МР для теплопередающих конструкций энергетических

Получим уравнение относительно пористости, действительный положительный корень которого равен

$$\Pi_k = \frac{2a_1}{-b_1 + \sqrt{b_1^2 + 4a_1\Delta P_1}}.$$

Изменение внутреннего объёма ФЭ, заполненного твёрдыми частицами равно

$$\Delta V_g = S_{2,3} h (\Pi_1 - \Pi_k),$$

что позволяет с помощью величины x_0 вычислить грязеемкость ФЭ.

Выводы

1. Расчёты тонкостенных втулочных ФЭ согласно требованиям ТЗ можно осуществлять в аналитически замкнутом виде на базе решения систем уравнений, включая уравнения и для плоской стенки, а также рекомендаций, позволяющих рационально согласовать структурные геометрические, фильтровальные и гидродинамические свойства ФЭ.

2. Выбранный подход к расчёту расходных характеристик позволяет рассчитывать потребные структурные параметры материала МР и геометрические характеристики ФЭ с учётом ресурса их работы.

установок 217 с. Деп. в ВИНТИ, № 135 В2005 от 31.01.2005.

4. Лазуткин Г.В. Формование изделий из упругодемпфирующего материала МР для агрегатов и систем транспортной техники // Вестник транспорта Поволжья. 2010. № 4. С. 82-90.

5. Изжеуров Е.А. Формирование элементов конструкций гидродинамического тракта энергетических установок из упругого пористого материала. М.: Машиностроение, 2001. 286 с.

6. Варгафтик Е.Б. Справочник по теплофизическим свойствам жидкостей и газов. М.: Наука, 1972. 720 с.

7. Фалалеев С.В., Жижкин А.М. Исследование влияния засоряемости фильтрующих и дросселирующих элементов на

работоспособность торцовых уплотнений // Трение и износ. 1996. Т. 17, № 2. С. 225-229.

8. Жужиков В.А. Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия, 1980. 400 с.

Информация об авторах

Жижкин Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: azhizhkin@yandex.ru. Область научных интересов: гидродинамика пористых тел.

Лазуткин Геннадий Васильевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отраслевой лаборатории вибрационной прочности и надёжности авиационных изделий, Самарский государственный аэрокосмический универси-

тет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: lazutkin.gennadij@mail.ru. Область научных интересов: механика сплошных сред.

Волкова Татьяна Викторовна, младший научный сотрудник отраслевой лаборатории вибрационной прочности и надёжности авиационных изделий, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: twigggy@yandex.ru. Область научных интересов: конструкционная прочность, конструкция двигателей.

CALCULATION OF SLEEVE-SHAPED FILTER ELEMENTS MADE OF THE MR MATERIAL

© 2014 A. M. Zhizhkin, G. V. Lazutkin, T. V. Volkova

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

The article deals with the calculation of the characteristics of the thin-walled sleeve-type filter elements defined structural properties of the MR material. Existing results on the structural, filter, consumables and hydrodynamic characteristics of wire materials, the impact of their lifetime are fragmented and not linked to the calculation analytically closed form with the structural and technological parameters of the filter elements of the MR material. In the present paper we solve the problem of creating the calculation of the filter elements of the MR material with the specified filtering and hydrodynamic characteristics of the subject to the restrictions on the choice of dimensions and duration of use of the filter as a whole. The solutions of the fundamental problems to determine the structural and hydrodynamic characteristics of the MR material. The paper determines the possibility of creating a filter element, based on a given flow to ensure its performance and service life. We propose an algorithm for calculating the basic characteristics of the filter elements. It includes the solution of the system, and together with them the use of recommendations for selecting parameters of the structure and geometry of the MR material filter elements to ensure their desired filtering and hydrodynamic characteristics. This lets the rational parameters of the material structure with geometric MR material, filter and hydrodynamic characteristics of the filter elements. Such a generalized approach to the calculation of flow characteristics also provides an opportunity to take into account the life of the filter element. The use of the results is essential in the practice of creating high-performance filters based on thin-walled structures rational filter elements of bush type of woven wire MR material.

The filter element, material MR parameters, filtering and hydrodynamic characteristics, resource calculation, design.

References

1. Buzitsky V.N., Soifer A.M. // Vestnik transporta Povolzh'ya. 2010. No. 4. P. 82-90. (In Russ)
2. Belousov A.I., Izzheurov E.A., Cetin A.D. Issledovanie gidrodinamicheskikh i fil'troval'nykh kharakteristik poristogo materiala MR // Vibratsionnaya prochnost' i nadezhnost' dvigateley i sistem letatel'nykh apparatov. Iss. 19. Kuibyshev: Kuibyshev Aviation Inst. Publ., 1965. P. 259-266 (In Russ)
3. Zhizhkin A.M. Creating a thin-walled articles from the MR material for heat transfer designs power plants. Dep. VINITI, № 135-V2005 from 31.01.2005. 217 p. (In Russ)
4. Lazutkin G.V. Product forming from elastic damping meretrans material for aggregates and systems of transport machinery // Vestnik transporta Povolzh'ya. 2010. No. 4. P. 82-90. (In Russ)
5. Izzheurov E.A. Formirovanie elementov konstruktsiy gidrodinamicheskogo trakta energeticheskikh ustanovok iz uprugogo poristogo materiala [Formation of structural elements of hydrodynamic tract of energy installations of a resilient porous material]. Moscow: Mashinostroyeniye Publ., 2001. 286 p.
6. Vargaftik E.B. Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam zhidkostey i gazov [Handbook on thermophysical properties of liquids and gases]. Moscow: Nauka Publ., 1972. 720 p.
7. Falaleev S.V., Zhizhkin A.M. Influence of clogging of filters and throttles on face seal performance // Journal of Friction and Wear. 1996. V. 17, no. 2. P. 67-71.
8. Zhuzhikov V.A. Teoriya i praktika razdeleniya suspenziy [Theory and practice of separation suspenziy]. Moscow: Khimiya Publ., 1980. 400 p.

About the authors

Zhizhkin Alexander Mikhailovich, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of Construction and design of aircraft engines Department, Samara State Aerospace University. E-mail: azhizhkin@yandex.ru. Area of Research: Hydrodynamics of porous bodies.

Lazutkin Gennadiy Vasilievich, Doctor of Science (Engineering), a leading researcher branch laboratory vibration strength

and reliability of aeronautical products, Samara State Aerospace University. E-mail: lazutkin.gennadij@mail.ru. Area of Research: Continuum Mechanics.

Volkova Tatyana Victorovna, junior researcher branch laboratory vibration strength and reliability of aeronautical products, Samara State Aerospace University. E-mail: twiggy@yandex.ru. Area of Research: science and engineering activities.