

Аннотация

Моечно-очистные работы при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники

Произведен анализ и обоснование применения при мойке с.-х. техники наиболее перспективной номенклатуры высоконапорных моечных аппаратов с соответствующими адаптерами, позволяющими удалять различные типы загрязнений, сократить марочный состав моечных машин и потребление материальных и трудовых ресурсов.

Abstract

Washing-cleaning work in the technical operation of agricultural machinery

The analysis and substantiation is made for the use in agricultural machines of the most perspective nomenclature of high pressure washing machines with the corresponding adapters at a washing, allowing to delete different types of pollution, to reduce branded structure of washing machines and consumption material and a manpower.

УДК 621.762.04:669-405.8

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ФИЛЬТРЫ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Капцевич В.М., д.т.н., профессор, Корнеева В.К., ст. преподаватель,
Кривальцевич Д.И., ассистент, Закревский И.В., ассистент,
Чугаев П.С., магистрант, Петрикевич М.Е., студент, Кузнецов А.Г., студент
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кусин Р.А., к.т.н.

ГНУ «Институт порошковой металлургии», г. Минск, Республика Беларусь

Фильтрующие материалы находят широкое применение в технике для очистки жидкостей и газов при решении вопросов охраны окружающей среды, повышения качества и чистоты выпускаемой продукции, надежности, долговечности и срока службы машин и механизмов. Перспективными для этих целей являются материалы с анизотропной структурой пор, размеры которых изменяются в направлении течения очищаемой жидкости или газа. Такие материалы находят широкое применение для реализации процессов глубинной фильтрации или тангенциальной очистки. Для пористых порошковых материалов разработано много способов создания такой анизотропной структуры, основанных на послойном формовании, виброформовании, осаждении, псевдооживлении и пластичном деформировании и др. [1, 2].

Однако имеется ряд материалов, которые по своей природе являются анизотропными или в которых можно создать анизотропию простыми технологическими приемами или конструкторскими решениями. К таким материалам относятся, во-первых, пористые волокнистые материалы (ПВМ), во-вторых, деформированные высокопористые ячеистые материалы (ДВПЯМ) и, в-третьих, объемно-сетчатые материалы (ОСМ), полученные простым пакетированием (укладкой стопкой) металлических сеток.

Для таких композиционных фильтрующих материалов (КФМ) нами предложен ряд новых технических решений, которые позволяют реализовать в них многостадийную очистку и тем самым эффективно использовать их анизотропную структуру пор. Однако для целенаправленного выбора технологических режимов их получения и конструкторских решений необходимо знание взаимосвязи их структурных и гидродинамических свойств. Такая взаимосвязь может быть определена построением теоретических моделей для каждого вида материала.

При разработке моделей воспользуемся апробированным для порошковых материалов подходом, основанным на построении элементарных ячеек, выделяемых из регулярной упаковки структурных элементов пористого тела. На рисунке 1 приведены реальные структуры рассматриваемых КФМ.

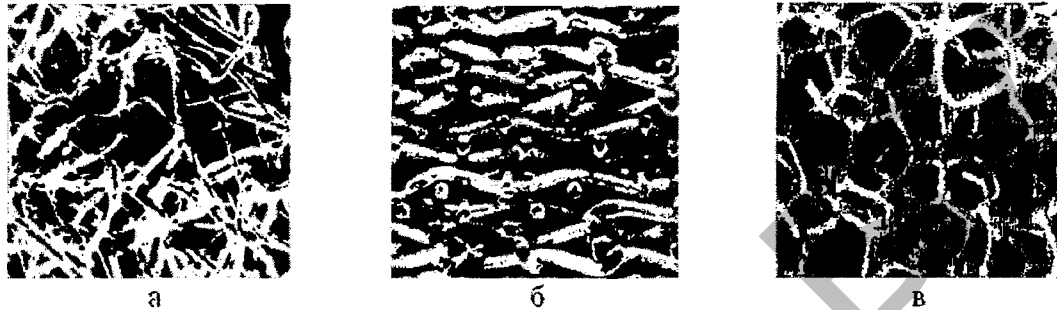


Рисунок 1 – Структура КФМ: а – пористые волокнистые материалы; б – объемно-сетчатые материалы; в – деформированные высокопористые ячеистые материалы

Для математического описания свойств ПВМ последний представляют в виде правильной укладки волокнистых частиц (рисунок 2). Для такой модели свойство каждого элемента объема волокнистого материала задается параметрами элементарной ячейки в виде прямоугольного параллелепипеда, выделенного из шести элементарных волокон, образующих регулярную укладку, в центре которого расположено дополнительное элементарное волокно (рисунок 2). Размеры элементарной ячейки ПВМ характеризуются диаметром волокон d и размерами ребер (шаг расположения волокон по осям координат) вдоль оси $OX - l$, $OY - h$, $OZ - l$.

Модель элементарной ячейки ОСМ в виде прямоугольного параллелепипеда представлена на рисунке 2. Его размеры характеризуются диаметром проволоки d и шагом плетения проволоки в сетке l .

На рисунке 2 приведено схематическое изображение элементарной ячейки ДВПЯМ. В качестве модели выбрана призматическая модель. Такая модель, на первый взгляд, мало похожа на реальную ячеистую структуру, основным элементом которой является деформированный пентагондодекаэдр. Однако она достаточно точно отражает основные закономерности, свойственные структуре исходного пенополиуретана. В рассматриваемой модели в несжатом состоянии $l=h$. В процессе сжатия полагаем, что переменным является только один параметр h .

Свойства проницаемости КФМ для жидкостей и их задерживающая способность для частиц загрязнений существенно зависят от характера их пористой структуры. Поэтому повышение эффективности очистки горюче-смазочных материалов должно базироваться на комплексном изучении пористой структуры, гидродинамических и фильтрующих свойств КФМ.

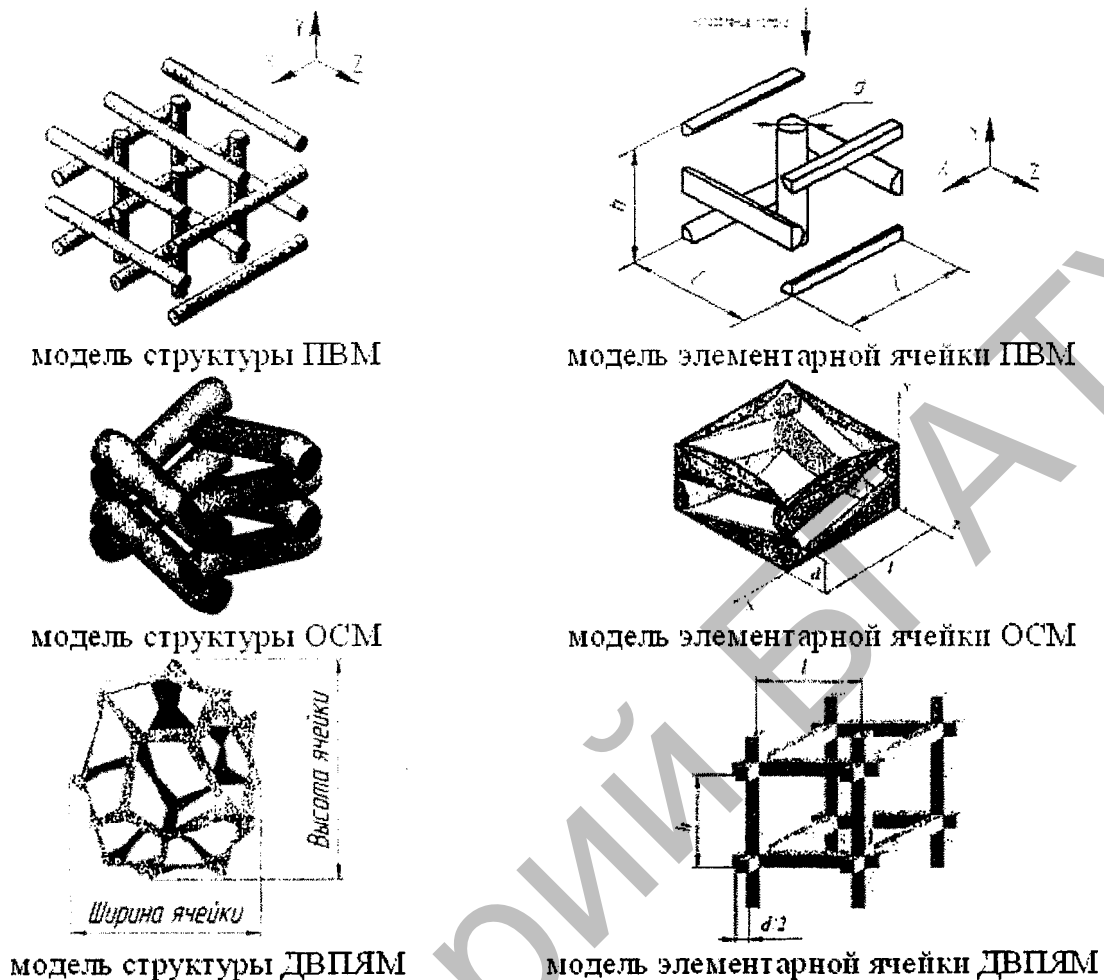


Рисунок 2 – Схематическое представление моделей элементарных ячеек КФМ

К структурным свойствам пористых материалов, согласно [3], относят пористость, удельную поверхность и размер пор. Пористость Π определяется отношением объема пор V_n к полному объему пористого тела V_0 , [3]:

$$\Pi = \frac{V_n}{V_0}. \quad (1)$$

Удельная поверхность $S_{уд}$ равна отношению площади поверхности каркаса элементарной ячейки $S_{пов}$ к ее объему V_0 :

$$S_{уд} = \frac{S_{пов}}{V_0}. \quad (2)$$

Размеры пор определяются максимальными диаметрами окружности, вписанными в сечения граней элементарной ячейки, и будут характеризоваться значениями d_{ny} , d_{nz} , d_{nx} – соответственно в направлении оси OY , OZ и OX .

Учитывая особенности строения каждой элементарной ячейки рассматриваемых КФМ, были определены структурные свойства каждой группы материалов (таблица 1).

Гидродинамические свойства КФМ характеризуются коэффициентами проницаемости при различных режимах фильтрации. Расчет вязкостного K_η и инерционного K_p коэффициентов проницаемости КФМ были проведены по аналогии с расчетом гидродинамических свойств ячеистых материалов [4].

Таблица 1 – Структурные свойства КФМ

ПВМ	ОСМ	ДВПЯМ
Пористость		
$\Pi = 1 - \frac{\pi d^2}{4hl^2}(2l+h)$	$\Pi = 1 - \frac{\pi d}{4l}$	$\Pi = 1 - \frac{2d^2l + d^2h - 2d^3}{l^2h}$
Удельная поверхность		
$S_{уд} = \frac{\pi d(2l+h)}{hl^2}$	$S_{уд} = \frac{\pi d}{l}$	$S_{уд} = \frac{12d(l-d)}{l^2h}$
Размеры пор		
$d_{кx} = d_{кz} = h - d,$ $d_{yx} = l - d$	$d_{ny} = l - d,$ $d_{nx} = d$	$d_{кz} = l,$ $d_{yx} = h$

С этой целью использовали известное уравнение, которое описывает течение жидкости в пористой среде:

$$-\frac{dP}{dH} = \frac{\eta}{K_{\eta}}V + \frac{\rho}{K_p}V^2, \quad (3)$$

где dP – перепад давления на слое пористого материала, Па; dH – толщина фильтрующего слоя, м; ρ – плотность очищаемой жидкости, кг/м³; η – динамическая вязкость очищаемой жидкости, Па·с; V – линейная скорость фильтрации, м/с; K_{η} и K_p – вязкостной и инерционный коэффициенты проницаемости, соответственно м² и м.

При выводе формул для расчета вязкостного и инерционного коэффициентов проницаемости рассматривалась схема течения жидкости в двух взаимоперпендикулярных направлениях OX и OY . В каждом из направлений течения жидкости выделялись три области прохождения жидкости через элементарную ячейку: I – область, лежащая на входе потока жидкости; II – переходная область внутри элементарной ячейки; III – область, лежащая на выходе потока жидкости.

Для определения значений K_{η} и K_p , необходимо было рассчитать ряд вспомогательных величин, такие как площади поперечных сечений рассматриваемых областей S_1 , S_2 и S_3 ; периметры сечений области I – N_1 , II – N_2 и области III – N_3 ; гидравлические радиусы сечений области I – R_1 , области II – R_2 и области III – R_3 ; критерии Рейнольдса Re_1 , Re_2 , Re_3 для потока в областях I , II и III соответственно.

Потеря давления на вязкое трение ΔP_{η} и инерционные потери ΔP_p в пределах элементарной ячейки определялись по формуле Дарси-Вейсбаха [4] с учетом того, что инерционные потери давления и потери давления на вязкое трение в пористом теле толщиной H возрастают в H/h раз. Тогда общие потери давления в пористом теле составят

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{\Delta P_{\eta}}{H} + \frac{\Delta P_p}{H} = \frac{\eta}{\hat{E}_{\eta}}V + \frac{\rho}{\hat{E}_p}V^2. \quad (4)$$

Основываясь на аналогичном подходе, были определены гидродинамические свойства для ПВМ, ОСМ и ДВПЯМ в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Полученные выражения представлены в таблице 2.

Анализ структурных и гидродинамических свойств различных классов КФМ показывает, что ПВМ обладает пористостью 30–80 %, размерами пор 20–300 мкм, коэффициентом проницаемости $K \sim 10^{-12} \dots 10^{-9}$ м²; ОСМ характеризуется пористостью 20–75 %, размерами пор 20–200 мкм, коэффициентом проницаемости $K \sim 10^{-16} \dots 10^{-10}$ м²; ДВПЯМ – пористостью 75–98 %, размерами пор 200–5000 мкм, коэффициентом проницаемости $K \sim 10^{-8}$ м².

Для рассмотренных материалов разработаны новые конструкции фильтров, позволяющие достигнуть эффекта «глубинной фильтрации», схемы которых представлены на рисунках 3–6.

Таблица 2 – Вязкостной K_η и инерционный K_p коэффициенты проницаемости КФМ

ОСМ	В направлении ОХ	$\frac{1}{K_{\eta x}} = 8 \frac{l}{d} \left(\frac{(\pi d + 2\sqrt{d^2 + l^2})^2}{d(l - \pi d / 4)^3} + \frac{\pi^2(l - d)}{(2l - \pi d / 4)^3} \right);$ $\frac{1}{K_{px}} = \frac{w}{4d} \left(1 - \frac{2l}{l - \pi d / 4} \right)^2 + \frac{w}{d} \left(\frac{l}{l - \pi d / 4} - \frac{l}{2l - \pi d / 4} \right)^2$
	В направлении ОУ	$\frac{1}{K_{\eta y}} = \frac{54(l - d)^2}{ld^3}; \quad \frac{1}{K_{py}} = \frac{3w(4d - 3l)^2}{64d^3}$
ДВПЯМ	В направлении ОХ	$\frac{1}{K_{\eta x}} = 128dh \left[\frac{(l + h - 2d)^2}{4(l - d)^3(h - d)^3} + \frac{4d(l - d)}{(hl - d^2)^3} \right];$ $\frac{1}{K_{px}} = \frac{w}{2l^3} \frac{d^2}{(l - d)^2} \left[(l + h - d)^2 + \frac{h^2(l + h - 2d)^2(l - d)^2}{(h - d)^4(l + d)^2} \right]$
	В направлении ОУ	$\frac{1}{K_{\eta y}} = 128dl \left[\frac{(l + h - 2d)^2}{4(h - d)^3(l - d)^3} + \frac{4d(h - d)}{(hl - d^2)^3} \right];$ $\frac{1}{K_{py}} = \frac{w}{2h^3} \frac{d^2}{(h - d)^2} \left[(l + h - d)^2 + \frac{l^2(l + h - 2d)^2(h - d)^2}{(l - d)^4(h + d)^2} \right]$
ПВМ	В направлении ОХ	$\frac{1}{K_{\eta z}} = 8ld \left[\frac{(\pi d + 2l)^2}{(hl - \pi d^2 / 4 - ld)^3} + \frac{\pi^2 d(l - 2d)}{(hl - \pi d^2 / 4)^3} + \frac{(\pi d + 2h)^2}{(hl - \pi d^2 / 4 - hd)^3} \right]$ $\frac{1}{K_{pz}} = \frac{whl^2}{2} \left[\left(\frac{1}{hl} - \frac{1}{hl - \pi d^2 / 4 - ld} \right)^2 + \left(\frac{1}{hl - \pi d^2 / 4 - ld} - \frac{1}{hl - \pi d^2 / 4} \right)^2 \right] +$ $+ \frac{whl^2}{2} \left(\frac{1}{hl - \pi d^2 / 4} - \frac{1}{hl - \pi d^2 / 4 - hd} \right)^2$
	В направлении ОУ	$\frac{1}{K_{\eta y}} = \frac{8dl^2}{h} \left[\frac{2(\pi d + 2l)^2}{(l^2 - \pi d^2 / 4 - ld)^3} + \frac{\pi^2 d(h - 2d)}{(l^2 - \pi d^2 / 4)^3} \right]$ $\frac{1}{K_{py}} = \frac{w}{h} \left(\frac{dl + \pi d^2 / 4}{l^2 - dl - \pi d^2 / 4} \right)^2 + \frac{wl^4}{2h} \left[\frac{dl}{(l^2 - dl - \pi d^2 / 4)(l^2 - \pi d^2 / 4)} \right]^2$

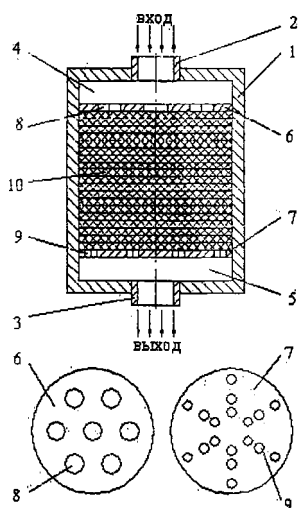


Рисунок 3 – Схема объемного фильтра на основе ОСМ (пат. 1691 РБ): 1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной патрубки; 4, 5 – подводящая и отводящая полости; 6, 7 – входные и выходные распределительные решетки; 8, 9 – отверстия, 10 – пакет пластин

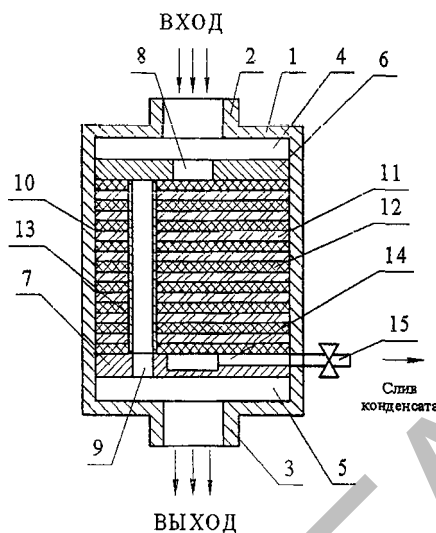


Рисунок 4 – Схема объемного фильтра-сепаратора (пат. 2699 РБ): 1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной патрубки; 4, 5 – подводящая и отводящая полости; 6, 7 – верхняя и нижняя распределительные решетки; 8 – плоские элементы; 9 – отверстия; 10 – пакет пластин; 11, 12 – пластины из АФМ; 13 – трубчатые фильтрующие элементы; 14 – коаксиальные каналы; 15 – патрубок с вентилем

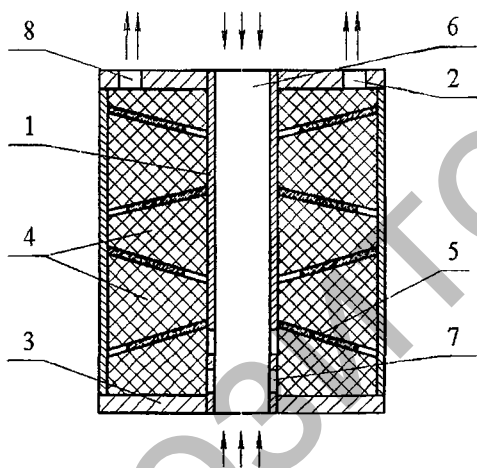


Рисунок 5 – Схема ФЭ фильтра многостадийной очистки (пат. 1251 РБ): 1 – трубчатый каркас; 2 – верхняя крышка; 3 – нижняя крышка; 4 – фильтрующие диски из ДВПЯМ, 5 – прокладки; 6 – центровое отверстие; 7, 8 – отверстия

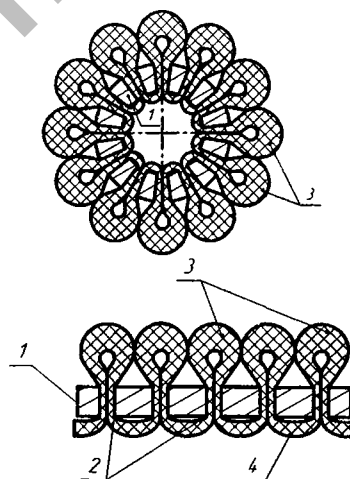


Рисунок 6 – Фильтрующий элемент (пат. 3912 РБ): 1 – каркас; 2 – щели прямоугольного сечения; 3 – гофры; 4 – фильтрующая штора из ВПЯМ или ПВМ

Выводы. Разработаны модели КФМ, учитывающие их анизотропную структуру пор и позволяющие устанавливать взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств в различных направлениях течения очищаемой жидкости. Предложены новые конструкции композиционных фильтров с применением фильтрующих элементов, изготовленных из КФМ с анизотропной структурой пор, предназначенных для глубокой очистки горючесмазочных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь, П.А. Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов / П.А. Витязь [и др.] – М.: Металлургия, 1993. – 240 с.
2. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2007. – 232 с.
3. Моделирование структурных и гидродинамических свойств пористых фильтрующих материалов с анизотропной структурой пор. Сообщение 1. Объемно-сетчатые материалы / В.М. Капцевич [и др.] // Порошковая металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов: Вып. 30 – Минск, 2007. – С. 110–113.
4. Леонов, А.Н. Пористые проницаемые материалы: теория проектирования изделий и технологий / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.К. Шелег. – Мн.: Тонпик, 2003. – 220с.

Аннотация

Новые композиционные фильтрующие материалы и фильтры на их основе для очистки горюче-смазочных материалов

В статье описывается моделирование структурных и гидродинамических свойств композиционных фильтрующих материалов с анизотропной структурой пор. Предложены новые конструкции фильтров для очистки горюче-смазочных материалов с применением фильтрующих элементов, изготовленных из композиционных фильтрующих материалов.

Abstract

The new composite filter material, filters based on them to clean fuel and lubricants

In article modelling structural and hydrodynamical properties of composite filtering materials with anisotropic structure of pores is described. New designs of filters for clearing fuels and lubricants oils with application of the filtering elements made of composite filtering materials are offered.

УДК 631.354

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОЧИСТКИ И ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА

Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор
*Московский государственный агроинженерный университет,
г. Москва, Российская Федерация*

Варнаков Д.В., к.т.н.
Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Российская Федерация

Эффективность использования техники в значительной степени определяется работоспособностью двигателя. При эксплуатации техники часто качество используемого топлива не соответствует требованиям государственного стандарта, что приводит к снижению