

УДК 697.942

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК
ПЛОСКИХ И ТРУБЧАТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF FILTER PARTITIONS
FLAT AND TUBULAR TEXTILE FILTERS**

*Х.Х. ГУБЕЙДУЛЛИН, И.Н. ПАНИН, И.И. ШИГАПОВ, А.В. ПОРОСЯТНИКОВ
H.H. GUBEYDULLIN, I.N. PANIN, I.I. SHIGAPOV, A.V. POROSYATNICOV*

**(Технологический институт – филиал – Ульяновской государственной
сельскохозяйственной академии им. П.А.Столыпина)
(Institute of Technology - a branch – Ulyanovsk State
Agricultural Academy named Pyotr Stolypin)
E-mail: tiugsha@gmail.ru**

Накопление промышленных отходов обуславливает высокий уровень загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, способствует повышению заболеваемости людей и животных, ускорению коррозии машин и металлического оборудования, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства. В связи с этим важное значение для народного хозяйства имеет разработка и внедрение новых видов фильтров и фильтровальных перегородок в очистные сооружения, обладающих более высокими фильтровальными свойствами при снижении затрат на их изготовление.

Наиболее рациональным с этой точки зрения является внедрение в технику фильтрования трубчатых текстильных фильтров, пористые перегородки которых могут быть получены путем наматывания текстильных нитей на перфорированный остов (патрон) текстильного фильтра. Меняя структуру намотки пористой перегородки, легко создать требуемую ее пористость, а следовательно, и степень очистки загрязненной воды или запыленного воздуха при достаточно эффективном процессе фильтрации.

Кроме того, путем отматывания витков сильно загрязненных внешних слоев пористой перегородки можно значительно увеличить срок ее службы и достичь экономии материальных средств.

Accumulation of industrial waste, causing a high level of pollution of the atmosphere, hydrosphere and lithosphere, contribute to increased incidence of people and animals, accelerate corrosion of machinery and metal equipment, reduction of crop yields and productivity animal husbandry. Now, humanity is faced with the necessity of protection of nature, that is, to the prevention of water pollution and a range of other factors, so important for the national economy is the development and introduction of new kinds of filters and filtering partitions in wastewater treatment plants, with higher the filter properties at a lower cost to manufacture them.

From this point of view the most rational is the introduction of the technique of filtering tubular textile filters, porous walls which can be obtained by winding textile yarn on a perforated frame (cartridge) textile filter. Changing the structure of the porous partitions easily create the required its porosity and, consequently, the degree of purification of contaminated water or dust-laden air with enough effective filtration process.

Furthermore by wound coils heavily contaminated external layers of porous partitions can significantly increase the term of its service and to attain the economy of material resources.

Ключевые слова: фильтр, пористая перегородка, производительность, степень очистки, суспензии, осадок.

Keywords: filter, porous partition, the performance, the degree of treatment, slurry, sludge

Наиболее рациональный путь уменьшения промышленных отходов и загрязнения природной среды – совершенствование технологических процессов комплексной переработки исходного сырья, сокращение количества отходов путем создания малоотходных или безотходных производств. Однако количество таких производств невелико. Поэтому разработка и внедрение в технологию очистки сточных вод новых видов фильтров, обладающих более высокими фильтровальными свойствами при снижении затрат на их изготовление, имеет большое значение.

В настоящее время в теории фильтрации отражены результаты исследований фильтрации грунтовых вод, нефти и газа сквозь пористую среду в естественных пластах под поверхностью земли.

В простейшем случае фильтр представляет собой сосуд, разделенный на две части пористой фильтровальной перегород-

кой. Суспензию 1 (рис. 1 – схема плоской фильтровальной перегородки) помещают в одну часть этого сосуда таким образом, чтобы она соприкасалась с фильтровальной перегородкой 3. В разделенных частях сосуда создается разность давлений, под действием которой жидкость проходит через поры 4 фильтровальной перегородки, а твердые частицы задерживаются этой перегородкой. Таким образом, суспензия разделяется на чистый фильтрат 5 и влажный осадок 2.

У плоского текстильного фильтра (рис. 1) скорость движения жидкости, м/с, через пористую перегородку:

$$v = Q/S, \quad (1)$$

где Q – пропускная способность фильтра, м³/с; S – площадь пористой перегородки, м².

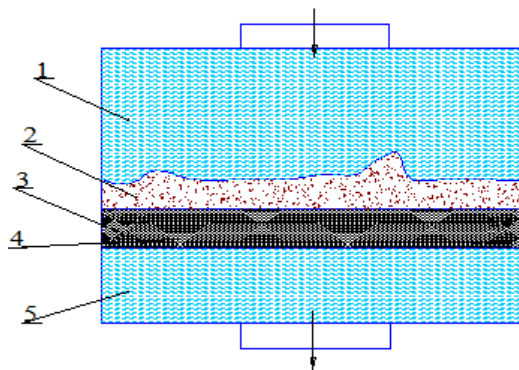


Рис. 1

Очевидно, что

$$Q = \frac{dV}{dt}, \quad (2)$$

где V – объем фильтрата, м^3 , прошедшего через фильтр за время t , с.

Тогда:

$$v = \frac{dV}{Sdt}, \quad \text{м/с}. \quad (3)$$

Если фильтрование протекает в ламинарном режиме, то скорость фильтрования в каждый момент времени прямо пропорциональна разности давлений, но обратно пропорциональна вязкости жидкой фазы и общему гидравлическому сопротивлению слоя осадка и фильтровальной перегородки:

$$v = \frac{dV}{Sdt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{\text{ос}}^1 + R_{\text{фп}}^1)}, \quad (4)$$

где ΔP – разность давлений на пористой перегородке, Па; μ – вязкость жидкой фазы суспензии, Па·с; $R_{\text{ос}}^1$ – сопротивление слоя осадка, м^{-1} ; $R_{\text{фп}}^1$ – сопротивление фильтровальной перегородки, м^{-1} .

Разность давления по обеим сторонам фильтровальной перегородки создают при помощи компрессоров, вакуум-насосов и жидкостных насосов, а также используя гидродинамическое давление разделяемой суспензии.

Пропускная способность фильтра, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{\Delta P \cdot S}{\mu(R_{\text{ос}}^1 + R_{\text{фп}}^1)}. \quad (5)$$

В промышленных условиях используют фильтры непрерывного и периодического действия. В первых – фильтровальная перегородка непрерывно перемещается по замкнутому пути, а во вторых – она неподвижна. При этом в фильтрах периодического действия на всех элементах перегородки одновременно осуществляются одни и те же процессы, например, поступление суспензии, образование осадка или его удаление. В фильтрах непрерывного действия на различных элементах перегородки происходят разные процессы, в зависимости от того, на каком пути находится рассматриваемый элемент перегородки.

Необходимая отличительная особенность всякой фильтровальной перегородки – наличие в ней сквозных пор, способных пропускать жидкость, но задерживать твердые частицы суспензии. При этом сквозные поры могут задерживать такие твердые частицы, размер которых меньше размера поперечного сечения пор в их самых узких частях.

Существенно, что для отделения твердых частиц суспензии при помощи фильтровальной перегородки нет необходимости применять перегородку с порами, средний размер которых меньше среднего размера твердых частиц. Твердые частицы успешно задерживаются фильтровальными перегородками с порами, средний диаметр которых значительно превышает средний размер отделяемых частиц.

Фильтровальные перегородки для фильтров должны обладать требуемой пористостью и проницаемостью, достаточной механической прочностью против истирания в процессе промывки и достаточной химической устойчивостью против растворяющего действия фильтруемой жидкости.

Фильтры по виду фильтрующей среды делят на зернистые (песок, антрацит, керамзит); сетчатые (сетки с различной крупностью ячеек); текстильные (тканевые хлопчатобумажные, льняные и др.).

В промышленных условиях применяют разнообразные, часто довольно сложные по конструкции фильтры: барабанные, нутч-фильтры, ленточные, фильтр-прессы,

мешочные, дисковые фильтры и другие. Причем фильтровальная перегородка обычно имеет плоскую форму, и ряд существенных недостатков, главный из которых – склонность к "пробою" – разрушению перегородки, имеющей даже малейшие нарушения структуры.

Наиболее перспективными и простыми в изготовлении являются трубчатые текстильные фильтры, пористые перегородки которых получают путем наматывания текстильных нитей на перфорированный остов (патрон) текстильного фильтра. Поскольку процесс наматывания производителен, то сформированные таким путем фильтры отличаются дешевизной.

Меняя структуру намотки пористой перегородки, легко создать требуемую ее пористость, а следовательно, и степень очистки загрязненной воды. Кроме того, путем отматывания сильно загрязненных витков внешних слоев пористой перегородки можно значительно увеличить срок ее службы и сэкономить материальные средства.

В патронных фильтрах радиус кривизны фильтровальных перегородок относительно мал. В таких фильтрах толщина осадка, откладывающегося на внешней поверхности фильтровальной перегородки, и толщина данной перегородки сопоставимы с радиусом кривизны. Это приводит к тому, что внешняя поверхность слоя осадка, соприкасающаяся с суспензией, граничащая поверхность между слоем осадка и цилиндрической фильтровальной перегородкой и внутренняя поверхность последней значительно различаются. В результате этого закономерности течения жидкой фазы суспензии через слой осадка и фильтровальную перегородку заметно усложняются.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные нами, позволили проанализировать процессы образования осадка на плоской фильтровальной

перегородке и на трубчатых текстильных фильтрах. Для этого был рассмотрен цилиндрический фильтровальный патрон (рис. 2 – схема фильтровальной перегородки ТТФ: 1 – фильтровальная перегородка; 2 – осадок; 3 – радиус осадка (R_{oc}); 4 – наружный радиус фильтровальной перегородки ($R_{ф.п.н}$); 5 – радиус фильтровальной перегородки ($R_{ф.п}$); 6 – фильтрат; 7 – наружный радиус осадка ($R_{oc.н}$); 8 – внутренний радиус фильтровальной перегородки ($R_{ф.п.вн}$)), установленный вертикально в суспензии. На внешней поверхности патрона в результате разделения суспензии образуется осадок, причем его толщина возрастает от нуля до некоторой величины.

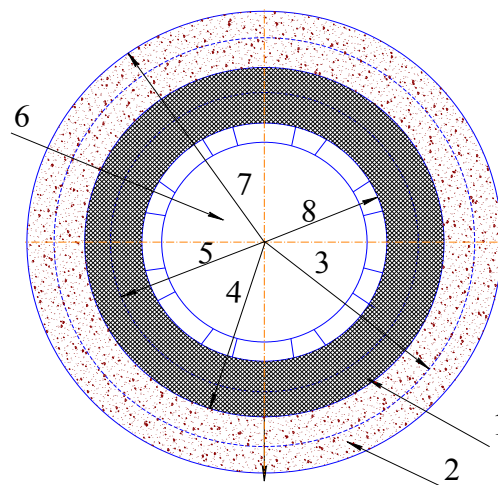


Рис. 2

Введем дополнительные обозначения: $\Delta P_{общ}$ – общая разность давлений для осадка и фильтровальной перегородки; r_0 – удельное объемное сопротивление осадка; x_0 – отношение объема осадка к объему фильтрата.

С целью определения расхождения между продолжительностями фильтрования с использованием цилиндрической и плоской фильтровальной перегородок примем:

$$R'_{oc.вн} = 0,050 \text{ м}; R'_{oc.н} = 0,100 \text{ м}; r_0 = 6,0 \cdot 10^{10} \text{ Н} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-4}; x_0 = 0,2; \Delta P_{общ} = 20 \cdot 10^{-4} \text{ Па}.$$

Для значений $R_{oc.n}$ в пределах 0,06...0,1 м определим время τ (продолжительность фильтрования) по уравнениям:

$$\tau = \frac{r_0}{2\chi\Delta P_{общ}} \left\{ (R_{oc.n})^2 \ln \frac{R_{oc.n}}{R_{oc.вн}} - \frac{1}{2} \left[(R_{oc.n})^2 - (R_{oc.вн})^2 \right] \right\}; \quad (6)$$

– для плоской фильтровальной перегородки

$$\tau = \frac{r_0}{2\chi_0\Delta P_{общ}} (R_{oc.n} - R_{oc.вн})^2, \quad (7)$$

где $(R_{oc.n} - R_{oc.вн})$ – толщина слоя осадка.

В формулах (6) и (7) не учтено удельное сопротивление фильтровальной перегородки, оно принято равным 0.

По полученным для цилиндрической перегородки данным были построены графики в координатах $R_{oc.n} - \tau$ (рис. 3 – продолжительность образования осадка на плоских фильтрах и ТТФ: 1 – для цилиндрической перегородки; 2 – для плоской перегородки).

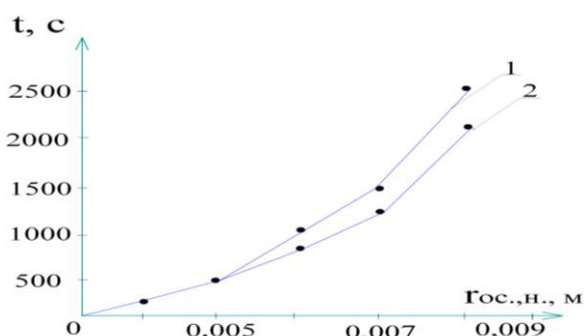


Рис. 3

График показывает, что значительное расхождение (до 27%) наблюдается только к концу процесса, причем продолжительность образования осадка одной и той же толщины на цилиндрической перегородке больше, чем на плоской.

Однако объемы образовавшегося осадка и полученного фильтрата при этом значительно больше для цилиндрической перегородки, чем для плоской. Так, в самом

– для цилиндрической фильтровальной перегородки

конце процесса, как показывают несложные вычисления, объем осадка на цилиндрической перегородке (при ее длине 1 м) составляет 0,0234 м³, а на плоской (той же площади) только 0,0157 м³.

Из этого можно сделать вывод, что производительность фильтра с цилиндрической поверхностью фильтрования небольшого радиуса кривизны выше, чем производительность фильтра с плоской поверхностью фильтрования того же размера.

ВЫВОДЫ

1. К основным параметрам фильтров следует отнести скорость фильтрации, производительность фильтра и степень (тонкость) очистки суспензии.

2. Новыми фильтровальными перегородками следует считать трубчатые текстильные фильтры, сформированные с помощью слоисто-каркасных намоток на перфорированных патронах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971.
2. Зайцев В.П., Панин И.Н. Исследование процесса формирования бобин сотовой намотки на машине Бандомат// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, № 3.
3. Аэрация сточных вод в животноводческих фермах // Вестник УГСХА – 2012, №4(20). С. 114...118

Рекомендована кафедрой технологии производства, переработки и экспертизы продукции АПК. Поступила 03.02.15.