

**ЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ.** Приводятся результаты экспериментов по определению прочности клевого крепежного узла на акриловых модифицированных клеях при многократно повторяющихся динамических нагрузках. Подробно описаны методы испытаний клеевых сталебетонных соединений на усталостную прочность. Одновременно в рамках эксперимента проведены исследования по определению влияния толщины клевого слоя на усталостную прочность клевого сталебетонного соединения на акриловых модифицированных композициях. Результаты данных экспериментальных исследований могут быть использованы для разработки узлов крепления производственного оборудования и технологических линий предприятий, а также для дальнейшего улучшения составов полимерных клеевых материалов, широко используемых в промышленном и гражданском строительстве.

**Ключевые слова:** безанкерное крепление, бетон, акриловый модифицированный клей, усталостная прочность соединения, разрушение, тип нагрузки.

**Zolotov S.M., Firsov P.M. STABILITY OF MODIFIED ADHESIVE COMPOUNDS WITH MANY REPEATED DYNAMIC LOADS.** The results of the experiments on determination without anchor joint strength, in the case of repeated dynamic loads with modified acrylic adhesives, are conducted. Fatigue strength of adhesive steel-concrete joints testing methods, as well as the determination of the main technological factors influence on the strength of without anchor joint on acrylic modified compositions, are described in detail. Simultaneously, within the framework of the experiment, the influence of the adhesive layer thickness on the fatigue strength of the glued steel-concrete compound on acrylic modified compositions was conducted. The obtained results of experimental research data can be used for attachment joints projecting and industrial technological lines development, as well as for further polymeric adhesive materials, widely applied in industrial and civil engineering, improvement.

**Keywords:** joint without anchor, concrete, modified acrylic adhesive, fatigue joint strength, destruction, type of loading.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-192-199

УДК 628.16

**Волков В.Н.**

*Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»  
(вул. Шевченко, 2, Харків, 61013, Україна)*

**Эпоян С.М., Карагяур А.С.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [ykg.knuca@ukr.net](mailto:ykg.knuca@ukr.net))*

### ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ МАЛОКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СУСПЕНЗИИ ЧЕРЕЗ ПОРИСТУЮ ВОЛОКНИСТУЮ ПЕРЕГОРОДКУ

Показана перспективность применения пористых волокнистых перегородок в скорых зернистых фильтрах для доочистки. Это дает возможность повысить грязеемкость данных устройств и сократить расход воды на промывку. Усовершенствована математическая модель фильтрования малоцентрированной суспензии через пористую волокнистую перегородку. Учтено влияние кольматации пор на извлекающую способность. Показано значительное влияние данного явления на процесс фильтрования. Обоснована целесообразность применения пористой перегородки с переменным размером пор. Изучено влияние диаметра пор и характера его распределения по толщине перегородки на продолжительность защитного действия. Проведенные теоретические исследования позволяют рассчитать рациональные значения основных параметров. Применение пористых перегородок с рациональными параметрами дает возможность увеличить продолжительность работы скорого фильтра без регенерации.

**Ключевые слова:** пористая волокнистая перегородка, кольматация, извлекающая способность, переменный размер пор, математическая модель.

**Введение.**

Фильтрование через слой зернистой загрузки широко применяется на станциях

*НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА, Т. 91, №1, 2018*

подготовки питьевой воды из поверхностных источников. После осветления осаждением или во взвешенном слое осадка вода доочищается на скорых фильтрах [1-3]. Главной проблемой эксплуатации данных сооружений являются значительные объемы промывных вод, необходимых для регенерации [4]. Сократить количество промывок можно, повысив грязеемкость фильтра и тем самым продлив его работу в режиме фильтрования. Одним из условий отключения фильтра на регенерацию является увеличение потерь напора до предельных значений. Сопротивление фильтрующего слоя растет в результате коагуляции. Другое условие – «проскок» загрязнений в фильтрат. Параметры загрузки считаются подобранными рационально, если время наступления двух условий промывки синхронизировано.

Среди большого многообразия способов повышения грязеемкости следует выделить применение многослойной загрузки [1, 2, 4, 5]. Загрузку подбирают таким образом, что по направлению фильтрования крупность зерен уменьшается. Это способствует более равномерному распределению задержанных загрязнений по толщине фильтрующего слоя. Наиболее распространенными являются антрацито-кварцевые фильтры [6]. При промывке происходит сортировка зерен: более крупные зерна, оседая быстрее, оказываются внизу, а более мелкие – вверху [4]. В результате многослойная загрузка перемешивается. Для предотвращения перемешивания слоев при промывке, применяют материалы разной плотности. Вместо дорогостоящего антрацита может применяться загрузка из местного сырья: скорлупы кокосового ореха [7], обожженной пальмовой коры [8], древесного угля [9]. Широко распространены гранулы из искусственных веществ: полистирола [10], поливинилхлорида [11] и т.п. На втором слое кварцевый песок может быть заменен загрузкой из битого стекла [12].

Различная плотность, высокая пористость, стойкость к истиранию, однородность и другие требования к загрузке двух слоев ограничивают выбор среди существующих фильтрующих материалов.

Кроме того, при промывке расширение менее плотных слоев увеличивается. Повышается вероятность выноса зерен загрузки с промывной водой.

Альтернативой зернистым средам могут стать пористые перегородки из волокнистых материалов [13]. Данные оболочки присутствуют в конструкции современных дренажных систем [14]. Волокнистые материалы в сравнении с зернистыми обладают следующими преимуществами: большая пористость; возможно изготовление перегородок в широком диапазоне размеров пор, в том числе с переменным значением; исключается перемешивание слоев и вынос частиц загрузки с промывной водой.

Чтобы использовать дренажные системы для доочистки воды после прохождения слоя зернистой загрузки, необходимо усовершенствование пористых оболочек. Для задержания тонкодисперсной взвеси поры оболочки должны иметь гораздо меньшие размеры, чем необходимые для отсека гранул зернистого слоя. Уменьшение размеров пор приводит к увеличению сопротивления перегородки. Таким образом, конструкция пористой оболочки, рекомендуемая для доочистки, должна быть обоснована. Для этого следует с помощью математического моделирования изучить процесс фильтрования через пористую волокнистую перегородку с учетом определенных особенностей. Во-первых, для волокнистой загрузки расчетным параметром является не эквивалентный диаметр зерна (гранулы), а размер поры. Во-вторых, для того чтобы, пористая перегородка, которая в сравнении с зернистым слоем имеет малую толщину, задерживала тонкодисперсную взвесь, она должна обладать высоким рейтингом фильтрации (меньшим размером пор). Концентрация осадка в этом случае гораздо больше, чем в зернистом слое. Занимая часть порового пространства, задержанная взвесь не только ухудшает фильтрационные характеристики перегородки, но и влияет на ее извлекающую способность. Существующие математические модели филь-

трации [15, 16] через волокнистые пористые среды требуют усовершенствования с учетом указанных факторов.

**Цель и задачи.** Целью исследований является изучение процесса очистки малоконцентрированной суспензии при фильтрации через пористую волокнистую перегородку. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- усовершенствовать математическую модель извлечения взвеси из воды при фильтрации через пористую волокнистую перегородку; при этом учесть влияние задержанного осадка на извлекающую способность перегородки;

- с помощью математической модели провести численные эксперименты и изучить влияние параметров пористой волокнистой перегородки на эффективность очистки воды фильтрованием.

**Материалы и методы исследований.**

Рассмотрим пористую волокнистую перегородку, при фильтрации через которую воды, содержащей взвешенные вещества, происходит кольтматация ее пор (рис. 1).

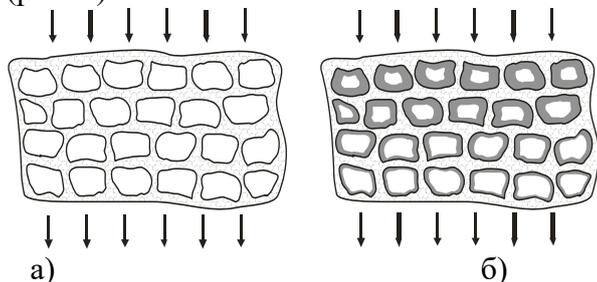


Рис. 1 Структура пористой волокнистой перегородки: а) незакольтматированной; б) закольтматированной

При разработке математической модели, описывающей процесс фильтрации малоконцентрированной суспензии через пористую волокнистую перегородку, примем следующие допущения:

- 1) течение очищаемой жидкости происходит в ламинарном режиме;
- 2) вклад диффузии в перенос взвешенных веществ при фильтрации мал в сравнении с другими составляющими;
- 3) кинетика изменения концентрации взвешенных веществ описывается линейной зависимостью;

- 4) расход, проходящий через пористую перегородку, постоянен в течение всего периода фильтрования;
- 5) фильтрование через пористую перегородку происходит с постепенным закупориванием пор;
- 6) остаточная концентрация взвешенных веществ в перегородке после промывки равна нулю.

С учетом принятых допущений математическая модель базируется на следующих уравнениях и зависимостях:

1) уравнение фильтрации [15]

$$Q = \frac{dW(t)}{dt} = \frac{\rho g F}{\mu} \frac{\Delta h(t)}{R(z,t)}, \quad (1)$$

2) уравнение переноса взвешенных частиц взвеси потоком фильтрующей жидкости

$$n(z,t) \frac{\partial C(z,t)}{\partial t} + V \frac{\partial C(z,t)}{\partial z} + \frac{\partial S(z,t)}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

3) уравнение массопередачи частиц взвеси из воды в твердую фазу

$$\frac{\partial S(z,t)}{\partial t} = b(z,t)C(z,t) - a(z,t)S(z,t), \quad (3)$$

4) зависимости для определения кинетических коэффициентов  $a(z, t)$  и  $b(z, t)$

$$a(z,t) = \frac{V}{d_p} \alpha; \quad b(z,t) = \frac{\beta}{V^{0.7} d_p^{1.7}} V, \quad (4)$$

5) зависимость, учитывающая изменение пористости перегородки в результате кольтматации

$$n(z,t) = n_0 - \frac{S(z,t)}{\gamma}, \quad (5)$$

6) зависимость, учитывающая изменение удельного сопротивления пористой перегородки в результате кольтматации

$$r(z,t) = r_0 \left( \frac{n_0}{n(z,t)} \right)^3, \quad (6)$$

8) зависимость удельного сопротивления незакольтматированной пористой перегородки от ее параметров (для волокнистой перегородки расчетным параметром является не размер зерна, а размер поры), с учетом этого получено выражение аналогичное зависимости Козени-Кармана [17]

$$r_0 = \frac{k_1 F_{y0}^2}{n_0}, \quad (7)$$

где  $t$  – время, с;  $W(t)$  – объем очищенной воды,  $m^3$ ;  $Q$  – расход воды, который подается на фильтр,  $m^3/c$ ;  $F$  – площадь поверхности фильтрации,  $m^2$ ;

$R(t) = \int_0^h r(z, t) dz$  – сопротивление пористой

перегородки,  $m^{-1}$ ;  $r(z, t)$  – удельное сопротивление пористой перегородки,  $m^{-2}$ ;  $r_0$  – удельное сопротивление незакольматированной пористой перегородки,  $m^{-2}$ ;  $\mu$  – динамическая вязкость, Па·с;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $h$  – толщина пористой перегородки, м;  $z$  – вертикальная координата, м;  $C(z, t)$  – концентрация частиц взвеси в фильтрующей жидкости,  $кг/м^3$ ;  $S(z, t)$  – концентрация частиц взвеси, задержанных в пористой перегородке,  $кг/м^3$ ;  $V$  – скорость фильтрования, м/с;  $a(z, t)$  и  $b(z, t)$  – коэффициенты, соответственно, отрыва и прилипания частиц взвеси к волокнам перегородки,  $c^{-1}$ ;  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, учитывающие физико-химические свойства перегородки и фильтрующей через нее суспензии;  $n(z, t)$  – пористость пористой перегородки;  $n_0$  – пористость незакольматированной пористой перегородки;  $\gamma$  – концентрация твердых частиц взвеси в осадке,  $кг/м^3$ ;  $F_{уд} = 6\Phi/d_p$  – удельная поверхность пор,  $m^{-1}$ ;  $\Phi$  – коэффициент формы, для шарообразных частиц  $\Phi = 1$ ;  $k_1$  – отношение длины пор к размерам поры (коэффициент извилистости);  $d_p$  – эквивалентный диаметр пор пористой перегородки, м.

Учесть влияние кольматации на задерживающую (извлекающую) способность пористой волокнистой оболочки можно с помощью зависимостей (4), в которых размер пор  $d_p$  должен быть скорректирован. Можем записать, что  $d_p \sim (W_p)^{1/3}$ , где  $W_p$  – объем пор,  $m^3$ . С другой стороны пористость представляет собой отношение объема пор к общему объему фильтрующей среды  $n = \frac{W_p}{W}$ . При кольматации изменяется объем пор  $W_p$ , общий объем  $W$  остается неизменным. Следовательно, зависимости (4) могут быть уточнены следующим образом

$$a(z, t) = \alpha \frac{V}{d_p} \left( \frac{n_0}{n(z, t)} \right)^{\frac{1}{3}}; \tag{8}$$

$$b(z, t) = \beta \frac{V^{0,3}}{d_p^{1,7}} \left( \frac{n_0}{n(z, t)} \right)^{0,567}.$$

Математическая модель, в которую входят уравнения и зависимости (1-3, 5-8), должна быть дополнена следующими краевыми условиями:

– начальные условия:

при  $t = 0$   $C(z, 0) = C_\Phi$  (мутность фильтрата);  $S(z, 0) = 0$ ;

в начале фильтроцикла потери напора

равны  $\Delta h(0) = \frac{Q}{F} \frac{\mu}{\rho g} \int_0^h r_0(z) dz$ ;

– граничные условия:

при  $z = 0$   $C(0, t) = C_0$ ,  $S(0, t)$  определяется из уравнения (3):

$$S(0, t) = \frac{b(0, t)}{a(0, t)} C_0 (1 - e^{-a(0, t)t}).$$

Фильтрование через пористую волокнистую перегородку прекращается, когда выполняется одно из двух условий:

1)  $\Delta h(t) \geq h_{кр}$  (потери напора превышают критическое значение  $h_{кр}$ );

2)  $C(h, t) \geq C_\Phi$  (качество фильтрата снижается ниже требуемого уровня  $C_\Phi$ ).

Система уравнений и зависимостей (3)-(8) решается численно методом конечных разностей.

**Результаты исследований.** С помощью представленной математической модели были проведены численные исследования фильтрования малоцентрированной суспензии через пористую волокнистую перегородку.

На рис. 2 представлен пример расчета зависимости от диаметра пор продолжительности работы пористой перегородки между промывками (защитного действия). Расчет выполнен как с учетом, так и без учета изменения задерживающей способности в результате кольматации.

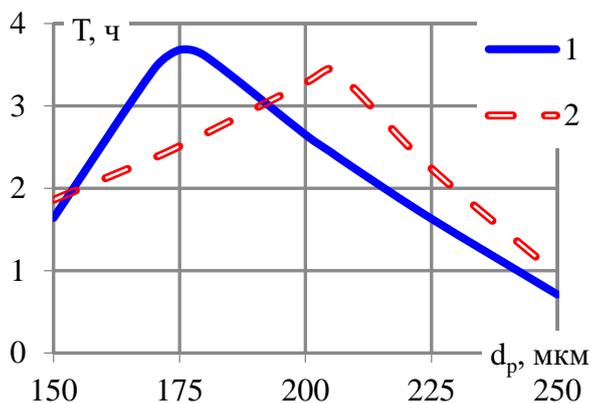


Рис. 2 Зависимость продолжительности работы фильтра между промывками от диаметра пор: 1 – без учета изменения задерживающей способности в результате кольматации; 2 – с учетом изменения задерживающей способности в результате кольматации

Из рис. 2 видно, что, если учитывать увеличение задерживающей способности, максимальное значение параметра Т реализуется при больших величинах  $d_p$ . Также выполнен расчет распределения пористости в конце фильтроцикла по толщине перегородки с первоначальным размером пор  $d_p = 200$  мкм (рис. 3).

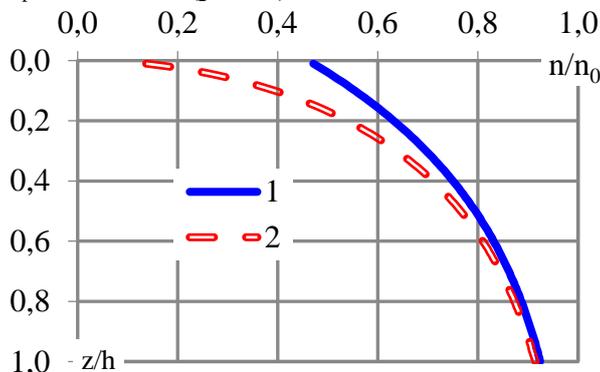


Рис. 3 Распределение пористости по толщине пористой перегородке в конце фильтроцикла: 1 – без учета изменения задерживающей способности в результате кольматации; 2 – с учетом изменения задерживающей способности в результате кольматации

Увеличение задерживающей способности при заилении пор обуславливает, то, что процесс кольматации в первых по направлению фильтрования слоях происходит более интенсивно. Данное обстоятельство дает возможность предложить следующее решение. Для более равномерного распределения загрязнений по тол-

щине перегородки следует увеличить размер пор в первых слоях и уменьшить в последующих. На рис. 4 представлен пример расчета распределения  $n(z)$  в конце фильтроцикла для перегородки с постоянным (1) и переменным (2) размером пор. Графики рис. 4 получены для таких параметров пористой перегородки, при которых продолжительность работы фильтра максимальна. График 1 построен для  $d_p = 205$  мкм ( $T = 3,45$  ч), график 2 – для  $d_p^{cp} = 190$  мкм,  $\Delta d_p = 40$  мкм ( $T = 4,25$  ч), где  $d_p^{cp}$  – среднее значение диаметра пор;  $\Delta d_p$  – максимальное отклонение от среднего значения диаметра пор. Параметры  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$  равны

$$d_p^{cp} = \frac{d_p^{\max} + d_p^{\min}}{2}; d_p^{\Delta} = \frac{d_p^{\max} - d_p^{\min}}{2},$$

где  $d_p^{\max}$  – максимальный размер пор, м, соответствующий  $z = 0$ ;  $d_p^{\min}$  – минимальный размер пор, м, соответствующий  $z = h$ .

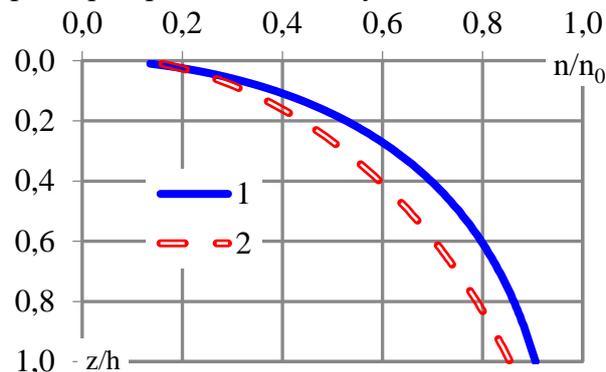


Рис. 4 Распределение пористости по толщине пористой перегородке в конце фильтроцикла: 1 – с постоянным размером пор; 2 – с переменным размером пор

В перегородке с переменным размером пор загрязнения более равномерно распределены по ее толщине. Было исследовано влияние параметров  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$  на продолжительность защитного действия пористой перегородки с переменным размером пор. Рассмотрим перегородку, в которой размер пор по толщине изменяется согласно следующей зависимости:

$$d'_p(z) = \frac{d_p(z) - d_p^{\min}}{d_p^{\max} - d_p^{\min}} = 1 - \left(\frac{z}{h}\right)^m. \quad (9)$$

На рис. 5 представлена зависимость  $T$  от параметров  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$  при линейном распределении размеров пор. При этом в зависимости (9) показатель степени равен  $m = 1$ .

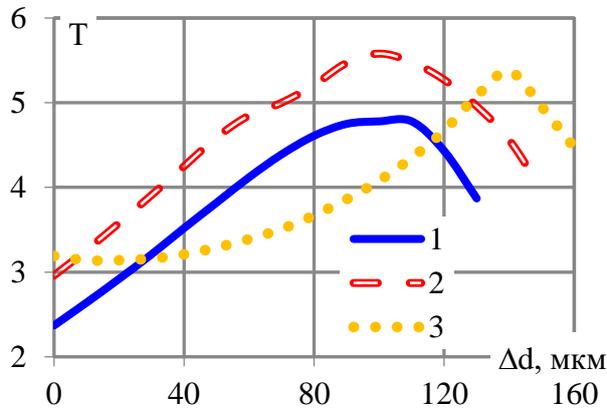


Рис. 5 Влияние параметров  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$  на продолжительность защитного действия перегородки: 1 -  $d_p^{cp} = 170$  мкм; 2 -  $d_p^{cp} = 190$  мкм; 3 -  $d_p^{cp} = 210$  мкм

Как показывают результаты расчетов, представленные на рис. 5, существуют определенные значения параметров  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$ , при которых продолжительность защитного действия пористой перегородки максимальна.

Также было исследовано влияние вида распределения диаметра пор по толщине на продолжительность работы фильтра между промывками, т.е. влияния параметра  $m$  в зависимости (9) (рис. 6). Расчеты выполнены для среднего диаметра пор равного  $d_p^{cp} = 190$  мкм.

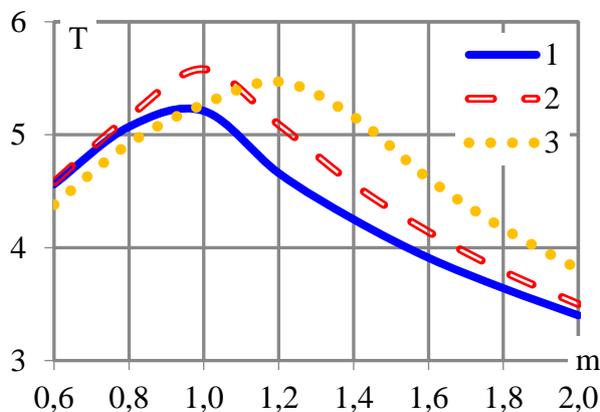


Рис. 6 Влияние параметра  $m$  продолжительность защитного действия: 1 -  $\Delta d_p = 80$  мкм; 2 -  $\Delta d_p = 100$  мкм; 3 -  $\Delta d_p = 120$  мкм

Аналогично величинам  $d_p^{cp}$  и  $\Delta d_p$  параметр  $m$  также имеет экстремальное значение, при котором продолжительность защитного действия максимальна.

На рис. 7 представлены расчетные данные при таких значениях влияющих параметров  $d_p^{cp} = 190$  мкм и  $\Delta d_p = 100$  мкм, при которых  $T$  принимает максимальное значение. Расчеты выполнены с учетом и без учета влияния кольматации на задерживающую способность.

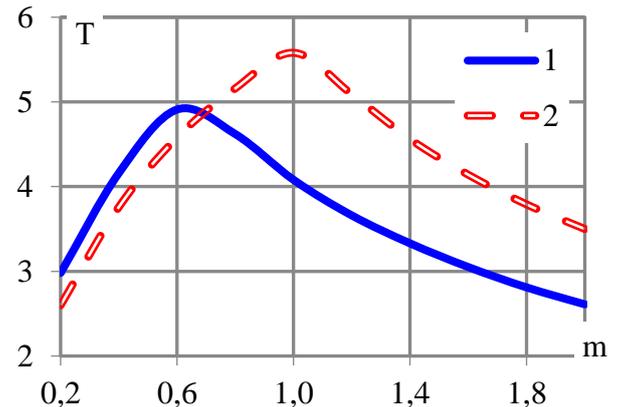


Рис. 7 Сравнение результатов расчета без учета (1) и с учетом (2) влияния кольматации на задерживающую способность

Как видно из рис. 7 данные расчетов с учетом и без учета кольматации на задерживающую способность пористой волокнистой перегородки существенно разнятся.

**Обсуждение результатов исследований.** Максимальные значения продолжительности защитного действия (рис. 2) соответствует таким значениям диаметра пор, при которых достижение потерь напора критических значений и «проскок» загрязнений в фильтрат наступают практически одновременно ( $T_n \approx T_f$ ). Если кольматация влияет на задерживающую способность перегородки, то первые по направлению фильтрации слои кольматируются быстрее. Этим объясняется большее экстремальное значение  $d_p$  на графике 2 в сравнении с графиком 1 (рис. 2).

Применение перегородки с переменным размером пор дает возможность увеличить продолжительность работы фильтра между промывками. Разный характер кривых (1), (2) в сравнении с (3) на рис. 5

обусловлен тем, что среднее значение диаметра пор для 1-го и 2-го графиков при  $\Delta d_p = 0$  соответствует условию, когда фильтр отключается на промывку по причине достижения потерями напора критических значений. С увеличением  $\Delta d_p$  (неравномерности распределения) нагрузка по загрязнениям перераспределяется с верхних слоев в нижние. Продолжительность работы фильтра увеличивается, до тех пор, пока  $T_n \rightarrow T_f$ . Для фильтра, расчетные данные по которому показаны на 3-ем графике, условие отключение на промывку – «проскок» загрязнений. Поэтому с увеличением  $\Delta d_p$  продолжительность вначале увеличивается медленно, или вообще уменьшается. Но с ростом  $\Delta d_p$  уменьшается диаметр пор в нижних слоях перегородки, что повышает ее задерживающую способность, в результате  $T_f \rightarrow T_n$ , продолжительность увеличивается.

Численный эксперимент показал (рис. 5-6), что на фильтрующую способность пористой волокнистой перегородки при фильтровании с постепенным закупориванием пор существенное влияние оказывают параметры: размер пор, неравномерность и характер распределения размеров пор по толщине перегородки.

**Выводы.** Усовершенствована математическая модель фильтрования малоцентрированной суспензии через пористую волокнистую перегородку, в которой учитывается влияние кольматации пор на задерживающую способность. Проведен численный эксперимент, который показал, что данное явление существенно влияет на результаты расчетов рациональных значений основных параметров. Учет изменения задерживающей способности пористого волокнистого фильтра в результате заиливания пор позволяет обосновать целесообразность применения перегородки с переменным размером пор. Данное решение дает возможность повысить грязеемкость пористой перегородки и результативность ее применения для доочистки в скорых зернистых фильтрах. В дальнейших исследованиях планируется проверить адекватность математической модели путем сравнения расчетных и экспериментальных данных.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. [учеб. пособие] / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – 3-е изд., доп. и перераб. – Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.
2. Теоретические основы очистки воды: [учебное пособие] / [Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев]. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 298 с.
3. Huck P. M. Designing and Optimizing Drinking Water Treatment Processes – A Guide to Conducting Investigations / P. M. Huck, M. M. Sozanski. – IWA Publishing, 2012. – 200 p.
4. Грабовский П.А. Промывка водоочистных фильтров / П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина, В.И. Прогульный. – Одесса: Оптимум, 2012. – 240 с.
5. Pilot study of low-temperature low-turbidity reservoir water treatment using dual-media filtration with micro-flocculation / G. Zhang, X. Kang, P. Zhang, G. Zeng // International Conference on Multimedia Technology. – 2011. – P. 1152-1155.
6. Effect of filtration rate on coal-sand dual-media filter performances for microalgae removal / N.-E. Sabiri, E. Monnier, V. Raimbault, V. Séche, P. Jaouen // Environmental Technology (United Kingdom). – 2017. – 38 (3). – P. 345-352.
7. Odira P. M. A. Performance of crushed coconut shell dual media filter / P. M. A. Odira, P. K. Ndiba // Journal of Civil Engineering Research and Practice. – 2007. – Vol. 4, № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ajol.info/index.php/jcerp/article/view/29176>
8. Determination of head loss progress in dual-media BOPS-sand filter using numerical modeling incorporated with matrix approach / A. Jusoh, M. N. A. Rajiah, A. Noraaani, E. Azizah // Desalination and Water Treatment. – 2011. – 32 (1-3). – P. 33-41.
9. Sanyaolu B. O. Comparative performance of a charcoal dual media filter and a conventional rapid sand filter / B. O. Sanyaolu // Journal of Natural Sciences Engineering and Technology. – 2010. – Vol. 9, № 1. – P. 137-146.
10. Schöntag J. M. Effective production of rapid filters with polystyrene granules as a media filter / J. M. Schöntag, M. L. Sens // Water

- Science and Technology: Water Supply. – 2015. – 15 (5). – P. 1088-1098.
11. Gawade Sambhaji. Analysis of PVC rapid sand filter / Sambhaji Gawade, Sunil Misal // Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR). – 2016. – Vol. 2, Issue 9. – P. 1370-1373.
  12. Soyer E. Performance comparison of granular media filter beds / E. Soyer // Desalination and Water Treatment. – 2016. – 57 (52). – P. 24867-24881.
  13. Бугай Н. Г. Контактная реагентная очистка воды фильтрами из волокнисто-пористого полиэтилена / Н. Г. Бугай, А. И. Кривоног, В. В. Кривоног // Прикладна гідромеханіка. – К., 2007. – Т. 9, №1. – С. 8–22.
  14. Волков В.Н. Способы повышения эффективности работы фильтровальных сооружений / В.Н. Волков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВАБУ., 2015 – №4(82). – С. 150-154.
  15. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Химия, 1980. – 400 с.
  16. Шилин Б. И. Разработка модели поровой структуры волокнистых материалов фильтров объемного типа для очистки поверхностных вод / Б. И. Шилин, А. А. Ульянов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2016. – №4 (16). – С. 71-78.
  17. Волков В. М. Використання полімерних оболонок дренажних систем швидких фільтрів для доочищення / В. М. Волков, С. М. Епоян, А. С. Карагяур, С. П. Бабенко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. ХНУМГ імені О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2017. – Вип. 139. – С. 135-142.

**Волков В.М., Епоян С.М., Карагяур А.С. ОСОБЛИВОСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ МАЛОКОНЦЕНТРОВАНОЇ СУСПЕНЗІЇ ЧЕРЕЗ ПОРИСТУ ВОЛОКНИСТУ ПЕРЕГОРОДКУ.**

Показана перспективність застосування пористих волокнистих перегородок в швидких зернистих фільтрах для доочищення. Це дає мож-

ливість підвищити брудоемність даних пристроїв і скоротити витрату води на промивку. Удосконалено математичну модель фільтрування малокоцентрованої суспензії через пористу волокнисту перегородку. Враховано вплив кольматации пір на вилучаючу здатність. Показано значний вплив даного явища на процес фільтрування. Обґрунтовано доцільність застосування пористої перегородки зі змінним розміром пір. Вивчено вплив діаметра пір і характеру його розподілу по товщині перегородки на тривалість захисної дії. Проведені теоретичні дослідження дозволяють розрахувати оптимальні значення основних параметрів. Застосування пористих перегородок з раціональними параметрами дає можливість збільшити тривалість роботи швидкого фільтра без регенерації.

**Ключові слова:** пориста волокниста перегородка, кольматация, вилучаюча здатність, змінний розмір пір, математична модель.

**Volkov V.N., Epoyan S.M., Karahiaur A.S. FEATURES OF A LOW-CONCENTRATION SUSPENSION FILTRATION THROUGH A POROUS FIBROUS MEMBRANE.** The prospects of using porous fibrous membranes in rapid granular filters for tertiary treatment are shown. This makes it possible to increase the dirt capacity of these devices and to reduce the water consumption for washing. The mathematical model of filtration of a low-concentration suspension through a porous fibrous membrane is improved. The influence of pore colmatation on the extractability is taken into account. A significant influence of this phenomenon on the filtration process is shown. The advisability of using a porous membrane with variable pore size is justified. The influence of the pore diameter and the format of its distribution by thickness of the membrane on the duration of the protective action was studied. The carried out theoretical researches allow to calculate rational values of basic parameters. The use of porous membranes with rational parameters makes it possible to increase the duration of rapid filter operation without regeneration.

**Keywords:** porous fibrous membrane, colmatation, extractability, variable pore size, mathematical model.