

А.Э. УШКВАРОК, студентка

А.С. КАРАГЯУР, кандидат технических наук

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСКОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДЫ ГРУБОДИСПЕРСНОЙ ВЗВЕСИ**

*Представлено результати теоретичних досліджень по обґрунтуванню удосконалення технології застосування дискових фільтрів для освітлення води з метою скорочення енергетичних витрат та об'ємів промивної води.*

**Ключові слова:** дискові фільтри, рейтинг фільтрації, витрата промивної води, завислі речовини.

*Представлены результаты теоретических исследований, позволяющие обосновать усовершенствование технологии применения дисковых фильтров для осветления воды с целью сокращения энергетических затрат и объемов промывной воды.*

**Ключевые слова:** дисковые фильтры, рейтинг фильтрации, расход промывной воды, взвешенные вещества.

*The results of theoretical studies, allowing improvement of the technology to justify the use of disk filters for water clarification in order to reduce energy costs and the volume of wash water.*

**Keywords:** disc filters, filter rating, flow wash water, suspended solids.

В современных условиях ужесточающихся требований к качеству воды и одновременно растущего уровня загрязнения источников водоснабжения актуальной проблемой является выбор и усовершенствование технологии подготовки воды для различных нужд, особенно, хозяйственно-питьевых. Проблема усугубляется повторным загрязнением очищенной воды в водопроводных сетях, степень изношенности которых достигла катастрофических пределов.

Перспективными устройствами, которые могут применяться для предварительной очистки, являются дисковые фильтры. Их основными преимуществами являются небольшие размеры, удобство в обслуживании, повышенная в сравнении с сетчатыми фильтрами эффективность, и, главное, технология промывки, обеспечивающая быстрое и эффективное удаление задержанной взвеси при минимальных расходах промывной воды.

Фильтрующим элементом в этих устройствах является пакет специальных дисков, изготовленных из полимерного материала. На поверхности каждого из дисков нанесены канавки определенной глубины и ширины, величина которых и определяет рейтинг фильтрации. При сжатии дисков образуется объемная сетчатая структура, через которую и происходит фильтрация. При прохождении воды снаружи внутрь через пакет сжатых дисков происходит задержание взвешенных частиц, имеющих размер больший отверстий, образуемых сжатыми дисками.

В режиме промывки специальное устройство разжимает диски, а встроенный сопловой аппарат с тангенциальным смещением промывочного потока обеспечивает вращение фильтрующих дисков. Такая технология промывки обеспечивает эффективное удаление, в том числе, частиц, имеющих размеры, соизмеримые с размером канавки, так как в обычной сетке их может заклинить в отверстиях [1].

Благодаря своим преимуществам, дисковые фильтры в последнее время все более широко используются для задержания окалина, песка и других крупнодисперсных взвесей при подаче воды непосредственно в квартиру (дом, коттедж и др.), при подготовке технической воды, воды для капельного полива и т.д.

Нижний предел задерживаемых дисковыми фильтрами взвешенных частиц находится в диапазоне 5...20 мкм, поэтому эти фильтры находят свое применение и как устройства предочистки перед установками мембранной ультрафильтрации при подготовке питьевой воды. Основным фактором, препятствующем более широкому применению дисковых фильтров в этом направлении, является их низкая грязеемкость. При повышенной концентрации взвешенных веществ в исходной воде это обуславливает значительные затраты энергии на преодоление потерь напора в процессе фильтрации и частые промывки.

Таким образом, целью исследований является теоретическое обоснование усовершенствования технологии применения дисковых фильтров для предварительной очистки воды, направленного на увеличение их грязеемкости и уменьшение эксплуатационных затрат.

Усовершенствование технологии применения дисковых фильтров заключается в применении двухступенчатой фильтрации: сначала в устройстве с более низким рейтингом фильтрации, потом на фильтре, задерживающим более мелкие частицы. Непосредственной задачей теоретических исследований является определение рейтинга фильтрации первой ступени очистки, при котором общая потребляемая мощность двухступенчатой системы очистки будет минимальна.

Исходными данными для решения поставленной задачи являются необходимая степень очистки, производительность устройства, допустимый перепад давления в режиме фильтрации, параметры устройства в режиме промывки (необходимый напор и расход промывной воды), информация о

концентрации взвеси в исходной воде, а также о ее дисперсном составе. Кроме того, производителем дисковых фильтров предоставляется информация о зависимости потерь напора от рейтинга фильтрации  $d_{min}$  и производительности устройства  $Q$  (рис. 1) [2]:

$$\Delta h = f(d_{min}, Q). \quad (1)$$

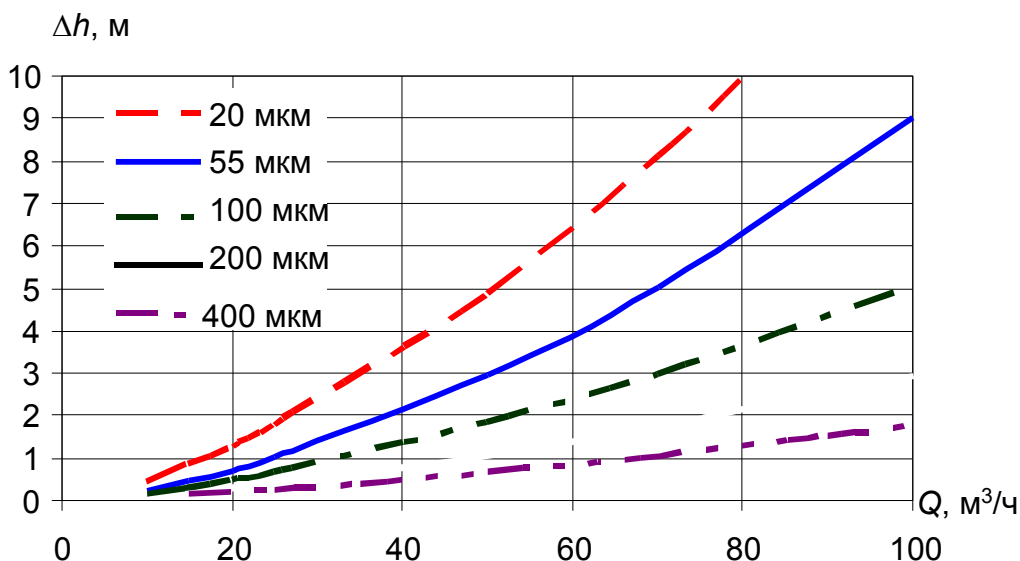


Рис.1. Зависимость потерь напора от рейтинга фильтрации и производительности устройства

В процессе фильтрации потери напора в дисковом фильтре растут. Это связано с забиванием канавок, образованных сжатыми дисками, частицами взвеси, имеющих размер больший рейтинга фильтрации. Учесть указанное повышение потерь напора можно на основании следующих соображений. Рост потерь напора связан с увеличением скорости движения потока воды. Увеличение скорости обусловлено либо ростом производительности, что отражено на зависимостях, представленных на рис. 1, либо уменьшением площади фильтрации  $S_{пов}$ . В первом приближении мы можем считать, что действие этих факторов адекватно. Таким образом, учесть увеличение потерь напора в результате накопления частиц взвеси можно, воспользовавшись зависимостью (1), куда вместо реального значения производительности следует подставлять ее эквивалентное значение  $Q_{экв}$ , т.е. значение производительности, при котором потери напора равны потерям, обусловленным уменьшением площади фильтрации в результате накопления взвеси на фильтрующей поверхности устройства:

$$Q_{\text{экв}} = Q \frac{S_{\text{н\acute{a}}}}{S_{\text{н\acute{а}}} - \Delta S}, \quad (2)$$

где  $\Delta S$  – площадь фильтрующей поверхности, занимаемая частицами взвеси.

Когда величина потерь напора достигает критических значений, дисковый фильтр переходит в режим промывки. Зная предельную величину потерь напора, по зависимостям (1) и (2) можно определить критическое

значение площади фильтрующей поверхности, занимаемой частицами взвеси  $\Delta S_{\text{крит}}$ .

С учетом этого время, в течение которого дисковый фильтр работает в режиме фильтрации  $t_{\text{ф}}$ , зависит от расхода очищаемой воды и начальной концентрации взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку в фильтр 1-ой или 2-ой ступени:

$$t_{\text{ф}} = \frac{m_{\text{взвеси}}}{Q \cdot (C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}})}, \quad (3)$$

где  $m_{\text{взвеси}}$  – масса взвеси, которая задерживается в фильтре на момент достижения критических значений потерь напор;  $C_{\text{вх}}$ ,  $C_{\text{вых}}$  – соответственно, концентрация взвешенных веществ на входе в устройство и выходе из него.

$$m_{\text{взвеси}} = V_{\text{взвеси}} \cdot \rho_{\text{взвеси}}, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{взвеси}}$  – средняя плотность взвеси, задерживаемая в дисковом фильтре.

Суммарный объем частиц взвеси, задерживаемых на фильтрующей поверхности дискового фильтра, определим по зависимости [3]:

$$V_{\text{взвеси}} = \frac{2}{3} \Delta S_{\text{крит}} \cdot \int_0^{\infty} e(S) d d_{\text{ч}}, \quad (5)$$

где  $d_{\text{ч}}$  – диаметр частиц,  $e(S)$  – плотность распределения частиц по занимаемой ими площади:

$$S = \frac{\pi \cdot d_{\text{ч}}^2}{4}.$$

Для определения  $e(S)$  необходимо знать интегральное распределение частиц взвеси по диаметру  $E(d_{\text{ч}})$  или гидравлической крупности  $E(u)$ . Определить интегральное распределение частиц взвеси по гидравлической крупности можно, воспользовавшись, следующими выражениями [3]:

$$E(u) = \dot{Y}(u) + u \cdot \frac{d\dot{Y}(u)}{du}, \quad (6) \quad e(u) = -\frac{u^2}{h} \cdot \frac{dE(u)}{d(u)}, \quad (7)$$

где  $\dot{Y}(u)$  – зависимость эффекта осветления от гидравлической крупности, которую можно определить в результате экспериментальных исследований по седиментации взвеси в покое;  $h$  – высота слоя осветленной воды в цилиндре при экспериментальных исследованиях по седиментации взвеси в покое.

Зависимость  $\dot{Y}(u)$  или зависимость  $E(d_{\text{ч}})$  необходимо определять для каждого типа очищаемой воды.

Чтобы перейти от гидравлической крупности  $u$  к величинам  $d_{\text{ч}}$  и  $S$  воспользуемся формулой Стокса:

$$u = \frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d_{\text{ч}}^2}{18 \cdot \mu} = \frac{2 \cdot \Delta \rho \cdot g \cdot S}{9 \cdot \pi \cdot \mu}, \quad (8)$$

и выражением (9):

$$d d_{\text{ч}} = \frac{dS}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{S}}. \quad (9)$$

Так как дисковый фильтр задерживает все частицы взвеси, имеющие диаметр равный или больший величины  $d_{\min}$ , то концентрация взвешенных веществ в очищенной воде будет равна:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} \cdot (1 - E(d_{\min})). \quad (10)$$

Мощность, затрачиваемую на преодоление потерь напора при работе дискового фильтра в режиме фильтрации, определим по зависимости:

$$N_{\delta} = \frac{\gamma \cdot Q}{t_{\delta} + t_{\text{пром}}} \cdot \int_0^{t_{\delta}} \Delta h(t) dt, \quad (11)$$

где  $\gamma$  – удельный вес воды;  $t_{\delta} + t_{\text{пром}}$  – продолжительность фильтроцикла;  $t_{\text{пром}}$  – продолжительность промывки.

Мощность, затрачиваемая при работе дискового фильтра в режиме промывки, равна:

$$N_{\text{пром}} = \gamma \cdot Q_{\text{пром}} \cdot \Delta h_{\text{пром}} \cdot \frac{t_{\text{пром}}}{t_{\delta} + t_{\text{пром}}}, \quad (12)$$

где  $Q_{\text{пром}}$  – расход промывной воды;  $\Delta h_{\text{пром}}$  – минимальный перепад давления при промывке.

Суммарная мощность, затрачиваемая при последовательном осветлении воды в дисковых фильтрах с различным рейтингом фильтрации:

$$\sum N = N_{\delta 1} + N_{\delta 2} + N_{\text{пром}1} + N_{\text{пром}2}. \quad (13)$$

Зависимости (1) – (13) позволяют рассчитать необходимую степень очистки в фильтре первой ступени и, соответственно, определить его рейтинг фильтрации, при котором суммарная мощность системы  $\sum N$  будет минимальна (рис. 2).

Так как дисковые фильтры выпускаются с дискретным значением рейтинга фильтрации, то величину  $d_{\min}$  для 1-ой ступени принимаем равную ближайшему дискретному значению.

Применение двухступенчатой фильтрации на дисковых фильтрах с различным рейтингом фильтрации позволяет в зависимости от необходимой степени очистки (рейтинга фильтрации дискового фильтра 2-ой ступени) сократить энергетические затраты на 10...80% (рис. 3), а также в 1,5...2 раза уменьшить количество промывок и, соответственно, сократить количество промывной воды.

Таким образом, представленные теоретические предпосылки позволяют обосновать эффективность применения двухступенчатого осветления воды на дисковых фильтрах, что дает возможность сократить энергетические затраты и объемы промывной воды.

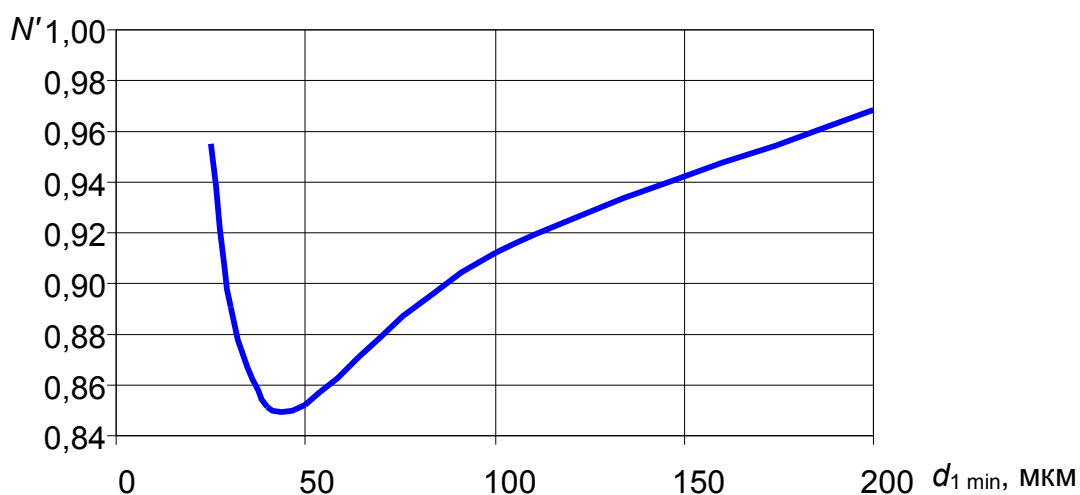


Рис.2. Зависимость приведенной мощности системы (приведенной к мощности системы при одноступенчатом осветлении) от рейтинга фильтрации 1-ой ступени

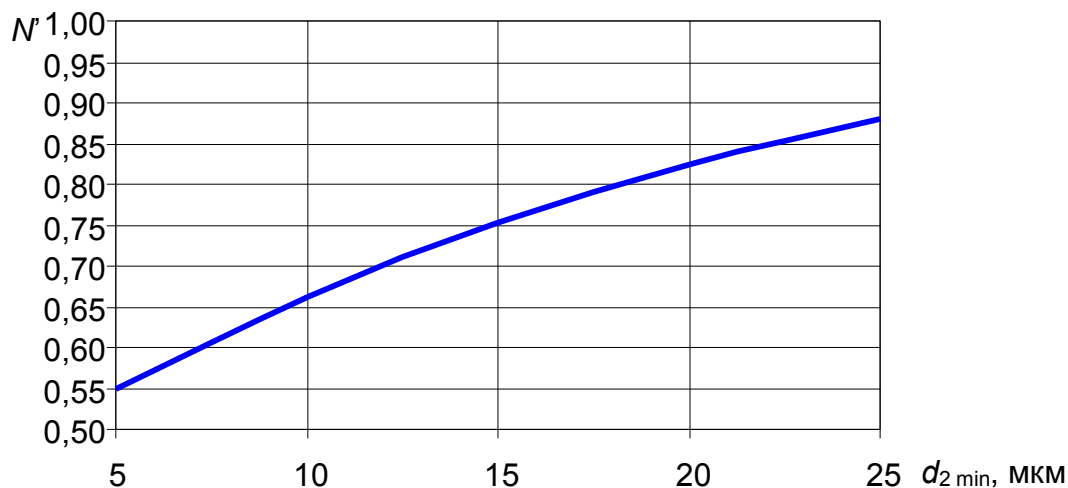


Рис.3. Зависимость приведенной мощности системы от рейтинга фильтрации 2-ой ступени

### Список литературы

1. *Лайфресурс: референс-лист.* – Ростов-на-Дону: ООО «Лайфресурс» (Россия), 2010. – Режим доступа к информации: [http://www.lresurs.ru/predvaritelnye\\_filtry/diskovye\\_arkal.html](http://www.lresurs.ru/predvaritelnye_filtry/diskovye_arkal.html)
2. *Центр водных технологий: референс-лист.* – М.: ООО «Центр водных технологий» (Россия), 2010. – Режим доступа к информации: <http://www.water.ru/catalog/df4.shtml>
3. *Карагяур А.С., Скорик А.Л., Гаврилова Н.Ю.* Совместное применение центрифугирующих устройств и мембранной фильтрации для осветления воды // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2010. – Вип. 57. – С. 410-415.