

УДК 628.16.06

Викладені характерні конструктивні і технологічні особливості гідродинамічного очисника типу «циліндр у конусі» у порівнянні з іншими гідродинамічними не ідеальними очисниками рідини від твердих забруднень

Ключові слова: очисник, фільтроелемент, швидкісний режим

Изложены характерные конструктивные и технологические особенности гидродинамического очистителя типа «цилиндр в конусе» в сравнении с другими гидродинамическими не идеальными очистителями жидкости от твердых загрязнений

Ключевые слова: очиститель, фильтроэлемент, скоростной режим

The specific design and technological features of hydrodynamic filter of type "cylinder in a cone" in comparison with other fluid hydrodynamic not ideal filters from solid contaminants are expressed

Keywords: filter, filter element, speed mode

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ ТИПА «ЦИЛИНДР В КОНУСЕ»

В.Г. Чебан

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра прикладной гидромеханики
Донбасский государственный технический университет
пр. Ленина 16, г. Алчевск, Луганская область, Украина,
94204
Контактный тел.: 050-225-57-96
E-mail: edvik2010@yandex.ua

1. Введение

Исследования, о которых идет речь в статье, относятся к области экологии. Проблема снижения загрязнений окружающей среды с каждым годом становится все актуальней. Значительную роль в этом играют стоки промышленных предприятий. Их очистка и возможное повторное использование способны значительно сократить загрязненность водных ресурсов Украины. В данной статье автор решает актуальную проблему по разработке эффективных средств очистки этих стоков.

2. Постановка проблемы и анализ последних достижений

С каждым годом все заметнее становится роль промышленных, коммунальных и ливневых стоков в работе крупных промышленных, энергетических и коммунальных предприятий, а степень использования стоков все более отражается на эффективности их работы [1-3]. Основными причинами этому являются общемировая тенденция ухудшения качества воды в водозаборах и не состоятельность существующих традиционных технологий водоподготовки [4] самостоятельно и на должном уровне справиться с новыми техногенными загрязнениями. Сюда же можно отнести и отсутствие должного внимания к гидродинамическим очистителям (ГДО) жидкости от твердых загрязнений. На помощь традиционным пришли мембранные технологии очистки воды, способные получать как

техническую, так и питьевую воду наивысшего на данном этапе качества. К ним относятся технологии ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса [5], основанные на мембранном разделении очищаемой воды на фильтрат и концентрат.

Общезвестно, что осуществление технологии мембранного разделения воды таких стоков в выносных мембранных аппаратах не возможно без предварительной ее подготовки до необходимого физического и химического состояния [6, 7], осуществляемой в настоящее время традиционными технологиями [4]. Обычно это делается в комплексах водоподготовки, состоящих из систем предподготовки и мембранного разделения воды. Учитывая возможности неполнопоточных ГДО жидкостей, в частности по очистке технической воды от твердых загрязнений с тонкостью очистки до 0,025 мм [8], можно с уверенностью утверждать, что, при должном отношении к ним, они в конкретных случаях могут заменить систему мембранного разделения в комплексе водоподготовки системы обратного осмоса. Но пока, в частности на начало 21-го века, они широко используются как индивидуальные высокопроизводительные средства очистки технической и оборотной воды от твердых загрязнений на предприятиях Украины и России [9], что свидетельствует о высоком уровне надежности их работы. При этом анализ данной информации показал, что наиболее полно себя зарекомендовали неполнопоточные ГДО типа «цилиндр в цилиндре», а конкретнее, очистители с круговыми цилиндрами.

Такой интерес к очистителям данного типа вызывает некоторое недоумение, если учесть, что они по

техническим показателям уступают неполнопоточным ГДО типа «цилиндр в конусе» [10]. Так, краткий сравнительный анализ конструкций этих очистителей показывает, что при прочих равных условиях фильтроэлемент ГДО типа «цилиндр в конусе» имеет проницаемую цилиндрическую поверхность на 12-17% большую, чем его конкурент. Это объясняется наличием на цилиндрической поверхности конкурента двух непроницаемых зон, что в свою очередь увеличивает его диаметр, вес и стоимость. Кроме того, у конкурента фильтроэлемент в корпусе установлен эксцентрично, что в сравнении с концентричным расположением усложняет и по времени удлинняет процесс изготовления очистителя.

Кроме указанных выше конструктивных преимуществ, исследуемый очиститель отличается довольно характерной только для него технологической особенностью, связанной с характером поведения жидкости в его напорном канале, в котором и осуществляется способ гидродинамической очистки жидкости от твердых загрязнений. Раскрытие этой технологической особенности требует более детального теоретического исследования данного очистителя.

3. Постановка задачи

Целью данной работы является выявление характерных конструктивных и технологических особенностей ГДО типа «цилиндр в конусе», а также разработка рекомендаций по их проектированию, способных повысить эффективность их работы.

4. Результаты исследований

Одной из причин недостаточного внимания к ГДО является отсутствие достаточной информации о возможностях ГДО типа «цилиндр в конусе». Схема исследуемого очистителя представлена на рисунке 1.

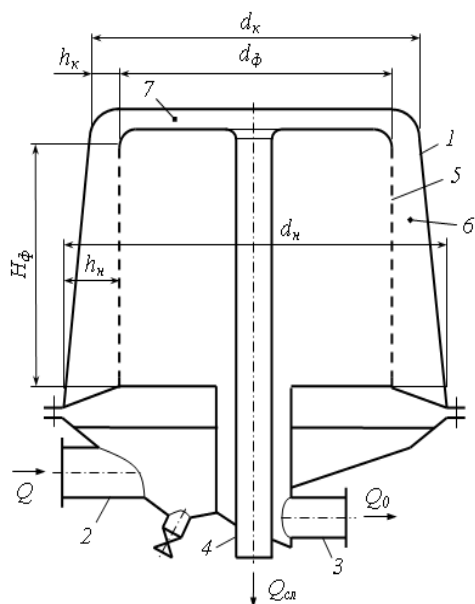


Рис. 1. Схема ГДО типа «цилиндр в конусе»

Неполнопоточный ГДО состоит из конического корпуса 1 с подводящим 2, отводящим 3 и сливным 4 патрубками. В корпусе 1 концентрично расположен цилиндрический фильтроэлемент 5 диаметром d_ϕ и высотой H_ϕ с проницаемой боковой поверхностью. Между корпусом 1 и фильтроэлементом 5 образованы два канала: кольцевой напорный канал 6 с шириной h_n на входе и h_k на выходе и торцевой канал 7, сообщенный с входом сливного патрубка 4.

Очищаемую жидкость с расходом Q под давлением и непрерывным потоком подают в очиститель через патрубок 2, откуда она с входной скоростью v_n поступает в кольцевой напорный канал 6, в котором движется с продольной скоростью v_{np} вдоль проницаемой поверхности фильтроэлемента 5 высотой H_ϕ . При этом большая часть жидкости объемом Q_ϕ в виде фильтрата проникает со скоростью v_ϕ через проницаемую поверхность фильтроэлемента во внутрь него, а затем через отводящий патрубок 3 покидает очиститель. Оставшаяся часть жидкости, обогащенная загрязнениями не прошедшими через проницаемую поверхность фильтроэлемента 5, продолжает движение в напорном канале 6 и вытекает из него объемом Q_{sl} с предварительно заданной оптимальной сливной скоростью v_k в торцевой канал 7, сообщенного с верхним концом сливного патрубка 4, через который и покидает очиститель. Под оптимальной скоростью жидкости в напорном канале понимается такое значение продольной скорости v_{np} жидкости в нем, которое для принятой скорости фильтрации v_ϕ обеспечивает работоспособность очистителя, которая определяется из соотношения $i = v_{np}/v_\phi$.

Необходимое значение работоспособности устанавливается опытным путем для каждого типа очищаемой жидкости. Так как сливная скорость также является продольной и косвенно контролируемой, то ее значение принимают за основу работоспособности очистителя, при этом $i = v_k/v_\phi$.

Известно, что изменение продольной скорости в любом напорном канале определяется из выражения

$$v_{np} = \frac{Q_{np}}{F_{np}}, \text{ м/с.}$$

Если расход жидкости Q_{np} вдоль напорного канала при постоянной скорости фильтрации изменяется по закону

$$Q_{np} = Q - Q_\phi \frac{H_{np}}{H_\phi}, \text{ м}^3/\text{с}$$

а площадь поперечного сечения F_{np} напорного канала по закону

$$F_{np} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{np}^2 - d_\phi^2), \text{ м}^2$$

то, определив все неизвестные величины, найдем закон изменения продольной скорости жидкости в напорном канале.

Определение промежуточного диаметра d_{np} проведем из условий, что

$$\frac{Q_{сл}}{Q} = n = \frac{(d_k^2 - d_\phi^2) \cdot v_k}{(d_n^2 - d_\phi^2) \cdot v_n}$$

и при $\frac{v_n}{v_k} = m$, $d_n = \sqrt{\frac{1}{n \cdot m} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2}$, м

где d_k и $Q_{сл} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_k^2 - d_\phi^2) \cdot v_k$ – диаметр корпуса и расход

в сечении, соответствующем концу напорного канала;

d_n и $Q = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_\phi^2) \cdot v_n$ – диаметр корпуса и расход

в сечении, соответствующем началу напорного канала.

За начало и конец напорного канала приняты начало и конец проницаемой части боковой поверхности фильтроэлемента высотой H_ϕ .

Так как основной задачей любого очистителя является наиболее эффективное получение требуемого количества фильтрата Q_o с заданными качественными показателями при известных d_{max} (максимальный диаметр твердых частиц загрязнений в исходной жидкости) и v_k находим ширину канала на выходе $h_k = (1,15 \div 1,50) \cdot d_{max}$ и диаметр корпуса $d_k = d_\phi + 2 \cdot h_k$.

Диаметр фильтроэлемента при заданных параметрах: количество фильтрата Q_o , скорость фильтрации v_o и коэффициент живого сечения k_o проницаемой боковой поверхности фильтроэлемента высотой H_ϕ , определяют из выражения

$$d_\phi = \frac{Q_o}{\pi \cdot H_\phi \cdot v_o \cdot k_o}, \text{ м.}$$

Тогда в общем случае, когда скорость жидкости в начале напорного канала больше скорости жидкости в его конце, то есть когда отношение $m > 1$, зависимость диаметра корпуса в начале напорного канала от диаметра корпуса в его конце имеет вид

$$d_{n1} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot m} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2}, \text{ м}$$

а в случае равенства скоростей, когда $m = 1$

$$d_{n2} = \sqrt{\frac{1}{n} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2}, \text{ м.}$$

Если принять эти диаметры как одно из отличий в двух очистителях данного типа и назвать их очистителями первого и второго исполнения, то тогда скоростной режим жидкости в напорном канале очистителя первого исполнения будет определяться зависимостью

$$v_{np} = \frac{\frac{4}{\pi} \left(Q - Q_o \frac{H_{np}}{H_\phi} \right)}{\left[\sqrt{\frac{1}{n \cdot m} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2} - \left(\sqrt{\frac{1}{n \cdot m} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2} - d_k \right) \frac{H_{np}}{H_\phi} \right]^2} - d_\phi^2} \text{ м/с}$$

а скоростной режим жидкости в напорном канале очистителя второго исполнения будет определяться зависимостью

$$v_{np} = \frac{\frac{4}{\pi} \left(Q - Q_o \frac{H_{np}}{H_\phi} \right)}{\left[\sqrt{\frac{1}{n} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2} - \left(\sqrt{\frac{1}{n} (d_k^2 - d_\phi^2) + d_\phi^2} - d_k \right) \frac{H_{np}}{H_\phi} \right]^2} - d_\phi^2} \text{ м/с}$$

где H_{np} изменяется от 0 до 1,8 м.

Для наглядности, оценку обоих исполнений ГДО очистителя типа «цилиндр в конусе» проводим на конкретном примере.

Очевидно, что основу расчета сравниваемых очистителей составляют общие для них известные параметры Q_o , v_o , v_k , k_o и H_ϕ .

С учетом выше сказанного, при $Q_o = 0,4722 \text{ м}^3/\text{с}$, $v_o = 0,15 \text{ м/с}$, $k_o = 0,5$ и $H_\phi = 1,8 \text{ м}$, диаметр фильтроэлемента $d_\phi = 1,114 \text{ м}$, а, при максимальном диаметре твердых частиц загрязнений $d_{max} = 0,017 \text{ м}$ в очищаемой жидкости, ширина выхода напорного канала $h_k = 0,020 \text{ м}$ и диаметр корпуса очистителя в этом месте равен $d_k = 1,154 \text{ м}$. Принимая скорость потока в конце напорного канала $v_k = 1,0 \text{ м/с}$, находим потери жидкости со сливом $Q_{сл} = 0,0712 \text{ м}^3/\text{с}$ и расход жидкости в начале напорного канала $Q = 0,5434 \text{ м}^3/\text{с}$. Тогда $n = 0,131$ и, задаваясь, например $m = 2,7$ и $m = 1$, проводим расчет скоростных режимов жидкости в очистителях обоих исполнений.

Результаты расчета представлены на рисунке 2

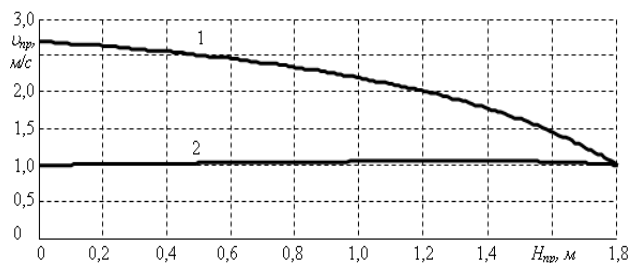


Рис. 2. График изменения продольной скорости в напорном канале

На рисунке 2 кривой 1 представлен скоростной режим жидкости в напорном канале очистителя первого исполнения, а кривой 2 – очистителя второго исполнения.

Очевидно, что очиститель первого исполнения при одних и тех же потерях жидкости на регенерацию имеет большее сопротивление, то есть большие потери давления жидкости, и чем меньше значение отношения m , тем меньше эти потери. Но, также очевидно и то, что наименьшими потери давления жидкости будут при $m = 1$, то есть в очистителе второго исполнения.

Об этом свидетельствует кривая 2, которая отражает значительно высокую равномерность поля продольных скоростей, которой не имеет ни один из известных неполнопоточных ГДО, кроме их разновидностей, так называемых идеальных очистителей, не получивших пока внедрение из-за сложной формы фильтроэлемента или корпуса, образующих напорные каналы.

5. Выводы

Высокая равномерность поля скоростей при их минимально допустимом значении является характерной

особенностью очистителя типа «цилиндр в конусе». Это позволяет снизить потери давления жидкости с одновременным обеспечением постоянства тонкости очистки по всей проницаемой поверхности фильтроэлемента очистителя. Единственный недостаток, заключающийся в значительном сбросе жидкости (более 10%) для осуществления процесса гидродинамической очистки, может быть устранен либо за счет применения на входе очистителя эжекторов, либо за счет совершенствования его конструкции, что и является направлением дальнейших исследований.

Литература

1. Современные технологии водоподготовки в промышленности и энергетике [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.mediana-filter.ru/water_prom_technology.html.
2. Малосточная и экологически чистая технология получения воды для подпитки теплосетей [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.mediana-filter.ru/water_obtain_technology.html.
3. Поль Е.К. Технико-экономическое исследование процесса очистки воды методом обратного осмоса [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.masters.donntu.edu.ua/2002/feht/pol/diss/index.htm>.
4. Методы фильтрации в системах водоподготовки [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2975.
5. Мембранные методы очистки воды [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.sibai.ru/membrannyye-metodyi-ochistki-vodyi.html>.
6. Требования к качеству воды, предназначенной для очистки на обратноосмотических системах [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.water.ru/catalog/water_q_ro.shtml.
7. Промышленное применение мембранных процессов [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.membrane.msk.ru/books/?id_b=13.
8. Финкельштейн З.Л. Опыт применения фильтров сверхвысокой производительности для очистки промышленных стоков [Текст] / З.Л. Финкельштейн, Л.З. Финкельштейн // Вестник МАНЭБ. Т. 8, № 5 (65). – С–Пб, 2003. – С. 94-97.
9. ООО ПКП «Вектор». Описание и внедрение гидродинамических фильтров [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.pkpvector.ru/product/info.php>.
10. Чебан В.Г. Усовершенствование гидродинамических фильтров типа «Цилиндр в конусе» [Текст] // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 32 – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С.208-218.