

## О НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

В. Ю. Кухарь, канд. техн. наук, директор - гл. конструктор

В. П. Кузьминский, канд. техн. наук, заместитель директора по НИОКР

*В статье приведено обоснование необходимости исследования процессов фильтрации технической воды на сетчатых фильтроэлементах с малыми ячейками и их противоточной регенерации. Предложен способ определения требуемых гидравлических параметров фильтра при помощи экспериментального экспресс-стенда.*

*У статті наведено обґрунтування необхідності дослідження процесів фільтрації технічної води на сітчастих фільтроелементах з малими комірками і їх протитечевої регенерації. Запропоновано спосіб визначення необхідних гідрравлічних параметрів фільтра за допомогою експериментального експрес-стенда.*

*In the article the substantiation of the technical water filtration processes on mesh filtration elements with small cells and their counterflow regeneration research necessity is given. The calculation way of demanded filter's hydraulic parameters by means of the experimental express stand is offered.*

Автоматизированные и ручные фильтры технической воды с противоточной регенерацией сетчатого фильтроэлемента и рейтингом фильтрации более 500 мкм отечественных разработок успешно решают проблемы очистки технической воды от крупных механических загрязнений в реальных условиях горно-металлургических предприятий Украины [1, 2].

Фильтры тонкой очистки зарубежных производителей, несмотря на их неоспоримые достоинства, не всегда могут быть использованы для водоподготовки на отечественных предприятиях [3]. В тоже время при проектировании отечественных фильтров тонкой очистки для конкретных условий водоснабжения их создатели сталкиваются с нерешенной задачей назначения основных гидравлических режимов работы фильтроэлемента. Поэтому обоснование скоростей воды при фильтрации и обратной промывке сетчатого фильтроэлемента, максимально допустимого перепада давления на нем, степени облитерации ячеек сетки является актуальной научно-технической задачей.

Многими исследователями доказана целесообразность использования сетчатых фильтроэлементов для удаления из технологической воды механических включений [4-6]. Эффективным и самым простым способом для удаления накопившихся на фильтроэлементе загрязнений признана противоточная промывка, при которой обратный поток воды создается активным очистителем, полость которого соединяется на время очистки со сливом. Режим очистки включается автоматически по сигналу реле времени или по дифференциальному манометру, который сигнализирует о засорении, а затем об очистке сетки. Показано, что возможно прогрессирующее с течением времени забивание ячеек сетки частицами загрязнителя с близкими к сечению

ячейки размерами [7]. Предложены способы интенсификации процесса противоточной регенерации путем повышения перепада давления при регенерации за счет использования дополнительных источников давления, применением кавитации, воздействием импульсов повышенного давления или использованием ультразвука. Проведены исследования, связанные с противоточной регенерацией сеток, предложены практические решения [7, 8]. Однако только немногие конструкции доведены до практической реализации и имеют успешный опыт эксплуатации на отечественных предприятиях. В то же время многолетний мировой и отечественный опыт эксплуатации фильтров и выводы исследователей [9] подтверждают простоту, надежность и эффективность противоточного способа регенерации фильтроэлемента.

Поэтому при создании фильтра тонкой очистки необходимо знание параметров противоточной регенерации с учетом реальных условий будущей эксплуатации фильтра.

В качестве простого и доступного (что немаловажно при ориентировании на техническое обслуживание фильтров в неспециализированных условиях ремонтных цехов отечественных предприятий) материала для изготовления фильтроэлементов применяют плетеные сетки из нержавеющей проволоки с малыми ячейками. Такие сетки обладают малой механической прочностью основы и относительно плохо сопротивляются раздвижке ячеек или разрезке проволоки острыми загрязнителями. Это требует с одной стороны ограничения допустимого перепада давления на сетке по мере ее засорения, а с другой стороны - защиту от попадания на нее острых или массивных загрязнений относительно большой крупности.

Задача назначения скорости потока фильтрующейся жидкости обусловлена поиском компромисса между разумными габаритами фильтроэлемента (и, как следствие, всего фильтра в целом) и временем накопления на фильтроэлементе максимально возможного количества загрязнений (до начала его регенерации). Снижение скорости фильтрации обеспечивает пропорциональное снижение количества поступающих на единицу площади сетки загрязнений, однако приводит к необходимости увеличения ее суммарной площади для возможности пропуска заданного расхода фильтруемой жидкости. Эта задача при наличии всех данных решается относительно просто.

Более сложной и более актуальной является задача определения параметров промывочного противоточного потока жидкости.

Накопившиеся на сетке загрязнения включают лежащие на сетке и застрявшие в ячейках сетки. Лежащие на сетке загрязнения легко смываются обратным потоком жидкости. Застрявшие в ячейках сетки загрязнения частично могут быть смыты при последующих промывках, но в промежутках между промывками в ячейки попадают и закрепляются новые частицы. В результате может оказаться, что через некоторое время (время критического засорения сетки) сетка уже не будет очищаться от таких частиц. Увеличивать же скорость

промывочного потока окажется нецелесообразно или технически невозможно для данного трубопровода. В таком случае, через время критического засорения сетку необходимо демонтировать и отправить на регенерацию, а взамен поставить сменную сетку из комплекта фильтра. Такое решение на практике при достаточно длительном периоде (месяцы) критического загрязнения сетки вполне приемлемо. Для назначения периодичности техобслуживания фильтра с очисткой фильтроэлемента от застрявших частиц необходимо знание длительности периода до окончательного загрязнения сетки.

Определить параметры обратного потока, гарантирующего смыв застрявших в ячейках сетки частиц, и периодичность техобслуживания фильтра чрезвычайно сложно. Пока не видно путей теоретического решения этих задач в связи с почти бесконечным разнообразием характеристик частиц реальных загрязнителей, соизмеримых с размерами ячейки сетки. Кроме того, в технологической фильтруемой воде, свойства которой чрезвычайно различны для разных предприятий, наблюдается разнообразнейшее сочетание таких частиц.

Существенным фактором при определении возможности применения в конкретных условиях фильтров тонкой очистки с сетчатым фильтроэлементом является облитерация (зарастание с течением времени) ячеек сетки. Это явление наблюдается при протекании даже тщательно очищенных жидкостей за счет адсорбции поляризованных молекул. В реальных же условиях отечественных предприятий в составе технической воды имеются растворенные примеси других жидкостей или газов, эмульгированные нефтепродукты или их производные, кислотность воды, биологически активные элементы и сами твердые загрязнения вносят изменения в электролитический баланс воды. В таких разноплановых, зачастую переменных во времени условиях достаточно проблемно выполнить расчет с приемлемой достоверностью толщин адсорбированных на проволочках сетки слоев и сравнить их с размером ячеек фильтроэлемента.

В то же время как создателям и поставщикам фильтров, так и их потребителям уже сейчас необходимы методы, позволяющие убедиться в гарантированной и долговременной работоспособности фильтров, которая обеспечивается надежной очисткой сетки в конкретных условиях потребителя заданными конструкцией фильтра параметрами обратного потока воды.

Один из относительно простых, достоверных и надежных путей решения этой задачи является экспериментальное исследование фильтрации воды и очистки сетчатого фильтроэлемента в реальном трубопроводе с помощью автоматизированного экспресс-стенда перед выбором или проектированием фильтра для этого водовода. Экспериментальный способ определения возможности применения и гидравлических параметров фильтров тонкой очистки в конкретных условиях предприятия позволяет интегрировано учитывать изменения в потоке воды и при приемлемых трудозатратах получить достоверные данные для проектирования или выбора фильтра. Не последнюю

роль в таком подходе играет и тот факт, что руководство предприятия при проведении исследований воды с помощью экспресс-стенда имеет возможность непосредственно убедиться в эффективности применяемого фильтроэлемента.

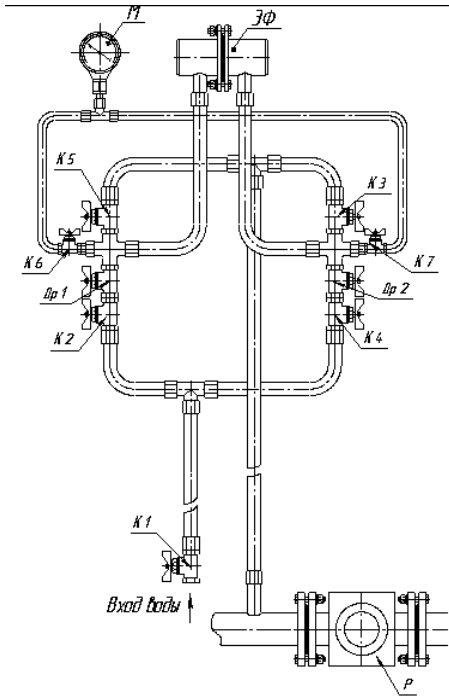
Суть такого способа заключается в следующем: к реальному трубопроводу, на котором предполагается установить фильтр с обратной промывкой сетки, подключается экспресс-стенд. Экспресс-стенд отбирает из трубопровода некоторое представительное количество воды, пропускает её через сетку небольшой, но достаточной для получения достоверного результата, площади. При её загрязнении автоматически по сигналу дифманометра (или вручную) стенд переводится в режим промывки обратным потоком воды. Варьируя расходами воды через сетку при фильтрации и при промывке сетки, можно подобрать их оптимальные параметры, обеспечивающие как нормальную фильтрацию, так и гарантированную промывку с оптимальными расходами воды. По мере работы стенда исследуется засорение сетки с течением времени,

находится период ее критического засорения и степень облитерация.

Экспресс-стенд (рис. 1) позволяет определять:

- возможность отбора механических загрязнений из технологической воды;

- скорость фильтрации воды через фильтроэлемент;



- скорость потока промывочной воды через фильтроэлемент;
- степень засорения (зарадания) фильтроэлемента с течением времени;
- период критического засорения фильтроэлемента;
- степень облитерации фильтроэлемента с течением времени.

Основные технические характеристики экспериментального экспресс-стенда:

- расход воды через стенд, м<sup>3</sup>/час, максимальный 20

- скорость протекания воды через фильтроэлемент, м/с, максимальная 2,0
- диаметр фильтроэлемента, мм, проходной 64
- площадь сетки фильтроэлемента, мм<sup>2</sup> 2800
- размер ячеек и диаметр проволочек сетки фильтроэлемента, мм 0,05 0,04; 0,1 0,06; 0,25 0,2; 0,5 0,32; 1,0 0,5
- давление, МПа, максимальное 0,63.



Экспериментальный образец стенда (далее ЭС) состоит из экспресс-фильтра ЭФ (рис. 1, в) со сменными фильтроэлементами (рис. 1, г), кранов управления потоками воды К1 -

К5, дросселей Др1 и Др2 для регулирования расхода (скорости) воды на фильтрацию и промывку, образцового манометра М (предел измерений 1 МПа, цена деления 0,005 МПа) с кранами К6 и К7 подключения к магистралям до и после ЭФ, расходомера Р (тип СТ-50Г-01, расход до 20 м<sup>2</sup>/час) и трубопроводов обвязки. Все элементы ЭС герметично соединены в единую гидравлическую систему и собраны на металлическом каркасе. Для обеспечения нормального функционирования расходомера Р подвод и отвод к нему осуществляется через успокоители.

Подключение ЭС к исследуемой магистрали производится при помощи вваренного в нее ниппеля с заборным коленом, на который одевается запорный кран К1, позволяющий отключать ЭС от магистрали. Сброс воды после расходомера Р осуществляется без подпора в сбросную магистраль.

ЭС может находиться в трех режимах: нерабочий режим, режим фильтрации и режим промывки. В нерабочем режиме протекание воды через ЭС и давление в нем отсутствуют. Нерабочий режим используется для подключения или отключения ЭС к исследуемой магистрали, замене фильтроэлемента или простоях в проведении экспериментов. В режиме фильтрации вода протекает по направлению: К1-К2-Др1-ЭФ-К3-Р-слив, при этом вода через ЭФ протекает слева направо (по рис. 1, а). В режиме промывки

вода протекает по направлению: К1-К4-Др2-ЭФ-К5-Р-слив, при этом вода через ЭФ протекает справа налево (по рис. 1, а). Переключение ЭС из режима фильтрации в режим промывки и обратно осуществляется через нерабочий режим путем открытия или закрытия кранов К1 - К5, при этом допускается оставлять кран К1 открытым. Положение кранов в зависимости от требуемого режима приведены в таблице 1.

Регулирование скорости протекания воды через фильтроэлемент в режимах фильтрации и промывки осуществляется посредством частичного перекрытия запорного элемента дросселей Др1 и Др2 соответственно.

Измерение давления до и после ЭФ (перепад давления на ЭФ), а также давления в системе производится при помощи манометра М, который посредством кранов К6 и К7 последовательно подключается к напорной и сливной магистралям ЭФ (использование одного манометра в режиме дифференциального манометра).

ЭФ представляет собой состоящий из двух соединенных болтами половинок герметичный корпус, внутренняя полость которого разделена кольцевым фильтроэлементом. Подвод и отвод воды во внутреннюю полость ЭФ осуществляется по патрубкам. Для визуального наблюдения фильтроэлемента ЭФ имеет с противоположных сторон два прозрачных смотровых окна. ЭФ снабжен комплектом сменных фильтроэлементов с разным размером ячеек фильтровальной сетки, усиленной каркасной крупноячеистой сеткой. Для замены фильтроэлемента необходимо снять болтовые соединения с корпуса и разъединить половины корпуса без их отсоединения от подводящей и отводящей магистрали.

В настоящее время экспериментальный стенд смонтирован на коксохимическом производстве ОАО "АрселорМиттал Кривой Рог", где проводится исследование режимов фильтрации и регенерации фильтроэлементов обратным потоком для выбора для этих условий фильтра ООО "Океанмашэнерго".

Таким образом, при разработке и выборе для конкретных условий эксплуатации автоматизированных фильтров тонкой (с рейтингом фильтрации менее 250 мкм) очистки с сетчатым фильтроэлементом актуальными остаются задачи:

- определения оптимальной скорости фильтруемого потока жидкости из условия нахождения компромисса между приемлемыми массогабаритными характеристиками фильтроэлемента и его грязеемкостью;

- определения оптимальных параметров обратного потока воды, очищающего сетку из условия максимальной эффективности очистки фильтроэлемента от застрявших частиц;

- достоверного подтверждения для потребителя возможности и эффективности очистки сетки обратным потоком при выборе фильтра для конкретных условий потребителя;

- определения времени критического засорения фильтроэлемента и, как следствие, необходимость и периодичность его ручной очистки.

Теоретическое решение этих задач находится в начальной стадии и пока не может дать практически приемлемых результатов.

Предложен экспериментальный способ решения этих задач в реальных условиях потребителя с использованием специального фильтровального экспресс-стенда. Изготовлен экспериментальный образец такого экспресс-стенда.

## Список источников

1. Кузьминский В. П., Кухарь В. Ю., Кудрявцев Д. В. Разработка и совершенствование автоматизированных фильтров технической воды для условий отечественных горно-металлургических предприятий. Доклад на Международной конференции "Форум гірника-2006", НГУ. - Днепропетровськ, 2006.
2. Кузьминский В. П., Кухарь В. Ю., Разработка и внедрение фильтров технической воды с ручным управлением для горно-металлургических предприятий. Доклад на Международной конференции "Форум гірника-2008", НГУ. - Днепропетровськ, 2008.
3. Кухарь В. Ю., Кузьминский В. П., Кудрявцев Д. В. Проблемы фильтрации технической воды на отечественных предприятиях и пути их решения Энергосбережение.-2008.- №2 С.7-11.
4. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. - М.: Недра, 1981. -269с.
5. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. - М.: Недра, 1986. - 233с.
6. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н.. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра// Вестник НТУ "ХПИ", 2001. - Вып. 129.-С.161-168.
7. Павлихин Г.П., Рынсков Ю.О. Механические свойства фильтроэлементов при гидравлическом ударе на входе в фильтр //Известия высших учебных заведений. Вып. № 4-6.: Машиностроение. - 1991. - С. 7 - 11.
8. Пупков В.С. Гидроимпульсная интенсификация противоточной регенерации сетчатых фильтров. : Дис. канд. техн. наук. - Донбасский государственный технический университет. : Алчевск. - 2005. - 137с.
9. Пупков В.С. Современное состояние и направления развития фильтров с противоточной регенерацией Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета, 2008 г., Вып. 27, С. 37-44.