

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.П. Кузьминский, В.Ю. Кухарь, Д.В. Кудрявцев, ООО "Океанмашэнерго", Украина

Рассмотрены особенности применения фильтров технической воды на отечественных горно-металлургических предприятиях, предложена методика расчета основных конструктивных параметров и описаны особенности их конструкции.

Проблема очистки больших объемов технической воды от механических примесей является актуальной во всех отраслях промышленности: в горной, металлургической, химической, коксохимической, на теплоэлектростанциях. Необходимость очистки обусловлена предотвращением попадания твердых включений с размерами, большими некоторого значения, к потребителям воды. Невыполнение этого условия приводит к забиванию проточных частей и засорению трубных досок теплообменных аппаратов (например, трубчатых воздухо- и маслоохладителей шахтных компрессорных установок), снижению нормативного вакуума, увеличению температурного напора и, в конечном итоге, снижению на 2-5 % КПД стационарных энергетических установок.



Рис. 1 Фильтр ФПО-1600 на погрузке
водоснабжения мусор попадает через открытые участки (градирни, сбросные колодцы, отстойники)

Одним из современных средств очистки технологической воды от механических включений являются автоматические фильтры с самопромывкой фильтроэлемента обратным потоком воды, который на короткое время последовательно создается на ограниченных участках сетки. Обратный поток воды создается, как правило, активным очистителем, полость которого соединяется на время очистки со сливом. Режим очистки включается по сигналу реле времени или по дифференциальному манометру, который сигнализирует о засорении, а затем об очистке сетки.

Такие фильтры зарубежных производителей получили распространение на промышленных предприятиях Украины. Фильтры хорошо отработаны по конструкции, дают минимально возможные расходы воды на промывку. Однако их применение для условий отечественных производств не всегда оказывается оправданным, что связано с их

Водоснабжение горных и других предприятий тяжелой промышленности Украины характеризуется повышенным количеством твердых включений. Попадание мусора органического (водоросли, листья, трава, моллюски) и неорганического (песок, ржавчина, окалина) в системы технологического водоснабжения предприятий происходит вследствие использования воды из открытых источников (рек, водохранилищ). При закрытом обратном цикле

конструктивными особенностями и с условиями применения. При всех достоинствах зарубежные фильтры плохо адаптированы к тяжелым условиям работы на отечественных предприятиях, выходят из строя из-за большого количества мусора, не приспособлены для обращения с крупными (иногда до 100 мм и более) разовыми включениями, зачастую имеют слабые привода для преодоления связанных с этим сопротивлений и т.д.



Рис. 2 Фильтр ФСО-400 на месте эксплуатации

В сложившейся ситуации актуальной становится проблема создания отечественного конкурентоспособного автоматизированного самопромывного фильтра, наиболее полно адаптированного для работы в системах водоподготовки украинских предприятий. Успешное научно-практическое решение этой проблемы предлагает ООО "Океанмашэнерго".

Авторами подробно исследованы вопросы использования фильтров отечественных и зарубежных производителей в условиях отечественных горнорудных, металлургических, коксохимических и др. производств, разработаны и освоены в производстве конструкции фильтров, наиболее полно адаптированные к этим условиям.

С использованием шестилетнего опыта работы над проблемой разработаны, освоены в производстве и внедрены в промышленности ряд типоразмеров самоочищающихся автоматизированных фильтров. Примерами практической реализации запатентованных конструкций могут служить фильтр [ФПО-1600](#) (рис. 1) [1] для расхода 12 000 м³/час и фильтр [ФСО-400](#) (рис. 2) [2] для расхода 500 м³/час, многолетний опыт эксплуатации которых на Старобешевской ТЭС показал их высокую эффективность.



Рис. 3 Очистка сетки фильтроэлемента обратным потоком воды с небольшим зазором между соплом и сеткой

Однако фильтры ФСО-400, несмотря на свои достоинства, имеют значительный (до 15-20%) кратковременный (до 30 сек) расход воды на само промывку фильтроэлемента. Он связан с тем, что вся площадь фильтроэлемента конструктивно разделена на две части, при этом промывка производится поочередно для каждой из половин сетки. Зачастую такой недостаток не является проблемным в эксплуатации, так как средний

расход воды на промывку составляет менее 1-2 %. Однако для условий некоторых производств кратковременная потеря такого количества воды делает использование в остальном удачных фильтров неприемлемым.

Указанного недостатка лишены фильтры с цилиндрическим фильтроэлементом. Фильтр с очисткой сеток обратным потоком воды имеет цилиндрический фильтроэлемент, во внутреннюю полость которого подается фильтруемая вода. По оси фильтроэлемента установлен с возможностью вращения очиститель, сопла которого при его вращении перемещаются с некоторым зазором по загрязненной стороне сетки (рис. 3). В некоторых конструкциях траектория перемещения сопел представляет собой винтовую линию. При вращении такого очистителя сопла проходят вдоль всей загрязненной поверхности, очищая последовательно весь фильтроэлемент. Такая конструкция обеспечивает минимизацию расхода воды на промывку.



Рис. 4 Подсос избыточного расхода воды через увеличенную щель между соплом очистителя и сеткой

подсоса воды через зазор по контуру сопла. Одними из первых этот вопрос исследовали специалисты фирмы "Targogge". При этом, чем меньше зазор по контуру сопла, тем больше расход воды через очищаемый участок фильтроэлемента и тем выше эффективность очистки. Увеличение же зазора дает возможность удалять через сопло более крупные частицы, но приводит к резкому снижению эффективности очистки (рис. 4). Вместе с тем, находящиеся в воде твердые частицы, размер которых больше щели между соплом и фильтроэлементом не удаляются из полости фильтра при очистке фильтроэлемента, они постепенно накапливаются в фильтре.



Рис. 5 Крупные загрязнения, остающиеся на сетке фильтроэлемента

Однако, эти конструкции фильтров имеют существенный недостаток, который приводит зачастую к отказам в работе в некоторых часто встречающихся условиях его применения на отечественных предприятиях.

При очистке фильтроэлемента обратным потоком сопло очистителя перемещается на некотором расстоянии от фильтроэлемента. Расход воды через сопло состоит из расхода воды через зону фильтроэлемента, ограниченную соплом, и

в воде твердые частицы, размер которых больше щели между соплом и фильтроэлементом не удаляются из полости фильтра при очистке фильтроэлемента, они постепенно накапливаются в фильтре.

Фильтры, как правило, оснащены сеткой предварительной грубой очистки, очищаемой

периодически вручную. Но твердые частицы, размер которых находится в пределах от размера ячейки сетки грубой очистки до размера щели между соплом и фильтроэлементом, не проходят в щель между соплом и сеткой и не удаляются из фильтра при очистке (рис. 5). Это приводит к их постепенному накоплению в фильтре и необходимости периодической ручной очистки фильтра или к заклиниванию очистителя.

Поэтому необходимость дальнейшего совершенствования фильтров привела к разработке фильтров с ячеистым цилиндрическим фильтроэлементом.

Новые фильтры ООО "Океанмашэнерго" типа ФСЦ [3] отбирают из воды все находящиеся в ней твердые включения, при этом полностью исключается ручная очистка фильтра с его вскрытием и заклинивание очистителя. Фильтр ФСЦ (рис. 6) имеет смонтированный в корпусе 1 цилиндрический фильтрующий элемент 2, установленный на подшипниках по оси фильтроэлемента очиститель 3 с двумя удлиненными соплами 4, оснащенными по контуру гибкими уплотнениями, сетку предварительной грубой очистки 5, закрепленную на очистителе. На патрубках сброса загрязнений фильтроэлемента и сетки грубой очистки установлены соответственно управляемый клапан и вентиль.

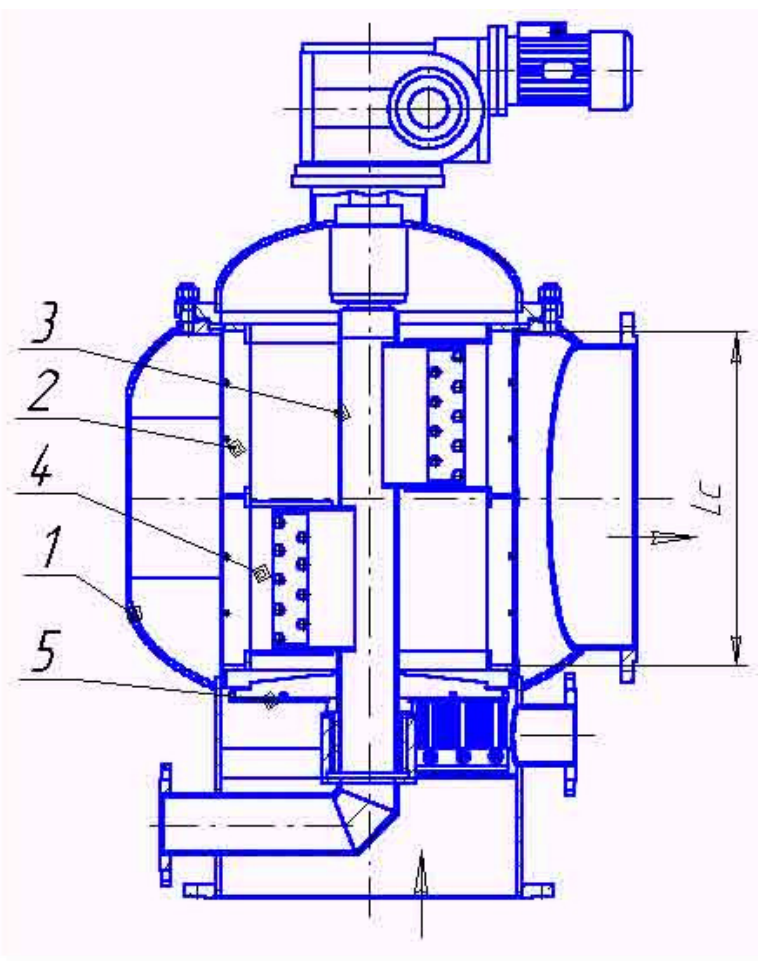


Рис. 6 Схема фильтра ФСЦ

Фильтроэлемент имеет каркас, образованный двумя кольцами по торцам, соединенными ребрами (в виде беличьей клетки). На внешней стороне каркаса закреплена сетка 6. Ребра каркаса образуют ячейки, в которых скапливаются твердые включения практически любых размеров. При этом гибкие уплотнения сопел 7 (рис. 7) при очистке скользят по ребрам 8 ячеек, последовательно герметизируя каждую из ячеек и обеспечивая высокую интенсивность очистки, практически без подсоса воды по контуру сопел.

Конструкция фильтра позволяет при проектировании обеспечить практически любой наперед заданный расход воды на промывку.

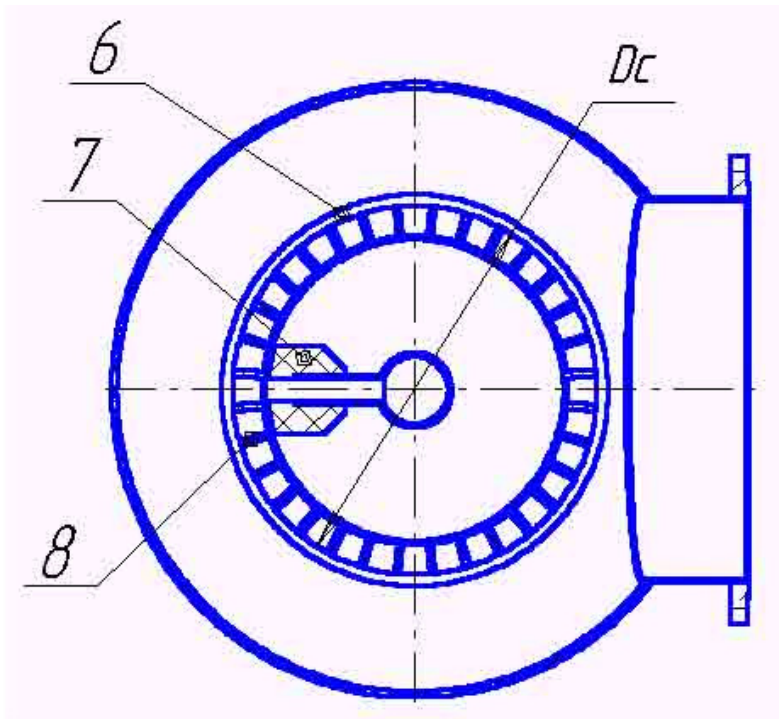
Размеры ячейки фильтроэлемента (ее ширина и глубина) должны быть согласованы с размером ячейки сетки предварительной грубой очистки, чем обеспечивается размещение в ячейке частиц, пропускаемых сеткой грубой очистки.

Если расход через фильтр (и фильтроэлемент) Q выразить зависимостью

$$Q = \epsilon_c \cdot (n - n_3) L_c \cdot V_{\Phi}, (1)$$

а максимальный кратковременный расход воды на промывку фильтра q представить в виде

$$q = \epsilon_c \cdot L_c \cdot V_n, (2)$$



то коэффициент расхода на промывку α (который должен быть не выше заданного) определится из выражения:

$$\alpha = \frac{q}{Q} = \frac{1}{n - n_3} \cdot \frac{V_n}{V_{\Phi}}$$

(3)

откуда вытекает условие

$$n \geq \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{V_n}{V_{\Phi}} + n_3. (4)$$

В выражениях (1)-(4) приняты следующие обозначения:

Рис. 7 Поперечный разрез фильтра ФЭЦ

ϵ_c - ширина сетки в ячейке;

n - количество ячеек;

n_3 - количество ячеек, "затененных" очистителем;

L_c - длина сетки фильтроэлемента;

V_{Φ} - скорость воды через сетку при фильтрации;

V_n - скорость воды через сетку при промывке.

Имея ввиду, что общая площадь сетки фильтроэлемента

$$S_c = \pi \cdot D_c \cdot L_c, (5)$$

для принятого количества ячеек n получим:

$$D_c = \frac{(\varepsilon_c + \delta) \cdot n}{\pi} \quad (6)$$

$$L_c = \frac{Q}{V_\Phi \cdot c \cdot \varepsilon_c (n - n_s)} \quad (7)$$

где D_c - диаметр сетки;

δ - толщина ребер, образующих ячейку;

c - коэффициент, учитывающий "затенение" сетки наружными поддерживающими ее конструкциями.

Используя выражения (4), (6), (7), уже в начале проектного расчета можно определить параметры фильтра, обеспечивающего заданный коэффициент расхода на промывку α .

При этом V_Φ и V_n выбираются заранее в зависимости от крупности, количества и характеристик частиц в воде с учетом заданной потери давления на фильтре.

При выполнении расчета следует также отслеживать конструктивные соотношения D_c и L_c , что налагает дополнительные условия при использовании названных зависимостей.

Следует иметь в виду, что для относительно малых расходов (около 300-1000 м³/час) при выбранной крупности ячейки сетки предварительной грубой очистки для достижения низких показателей α приходится завышать D_c , обеспечивая необходимое количество n ячеек (в соответствии с (4)).

Для относительно больших расходов (более 1000 м³/час) через принятое V_Φ и V_n следует определить D_c , а по нему из (6) определить n и из (3) определить α и сравнить его с заданной величиной.

Таким образом, проведенные исследования условий работы эксплуатируемых на отечественных горно-металлургических предприятиях автоматизированных фильтров для технической воды позволили выявить их основные недостатки. Разработана и освоена в производстве новая конструкция фильтра с цилиндрической сеткой и получены зависимости для расчета его основных конструктивных параметров. Новый самоочищающийся фильтр практически не имеет ограничивающих требований по крупности и количеству твердых загрязнений в воде, прост в эксплуатации и обслуживании. Это делает его приемлемым в тяжелых условиях работы.

Список литературы

1. Патент № 51552А Украина, МКИ, Фильтр/Кузьминский В.П., Кудрявцев Д.В., Шумилин В.Г., Тищенко А.Д., Петров В.В.//Промислова власність.-2002.-№11.
2. Патент № 54133А Украина, МКИ, Фильтр/Кузьминский В.П., Кудрявцев Д.В.//Промислова власність.-2003.-№2.
3. Заявка № а 2006 02147 на патент Украины. Фильтр/Кузьминский В.П., Кухарь В.Ю., Кудрявцев Д.В., Шумилин В.Г.//Приоритет от 27.02.2006.