

ПРОБЛЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В. Ю. Кухарь, В. П. Кузьминский, Д. В. Кудрявцев

Энергосбережение в промышленности напрямую связано с качеством воды, используемой в энергетических агрегатах. Известно, что засорение трубок и трубных досок конденсаторов турбоагрегатов приводит к недовыработке электроэнергии на 2 – 5% или к соответствующему снижению КПД установок [1]. Вместе с тем водоснабжение на отечественных предприятиях характеризуется повышенным количеством загрязнений – как органических, так и неорганических.

Одним из современных средств очистки технологической воды от механических включений являются автоматизированные фильтры с очисткой фильтроэлемента обратным потоком воды, который на короткое время последовательно создается на ограниченных участках сетки [2]. Обратный поток воды создается, как правило, 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.

Такие фильтры зарубежных производителей получили распространение на промышленных предприятиях Украины. Некоторые фильтры хорошо отработаны по конструкции, дают минимально возможные расходы воды на промывку. Однако их применение для условий отечественных предприятий связано с определёнными проблемами.

Статистические данные показывают, что нормативные показатели загрязнений на предприятиях зачастую не выдерживаются как по количеству и составу загрязнений, так и по крупности. Это существенно осложняет эксплуатацию фильтров, особенно при заборе воды из открытых водоёмов.

Кроме того, поставка зарубежных фильтров осуществляется, как правило, не напрямую, а дилерами, без детального изучения условий их применения, без наладки фильтров специалистами. При выборе типа фильтра ориентируются на нормативные показатели загрязнений, которые, как правило, не выдерживаются, поэтому не всегда подбираются подходящие для конкретных условий фильтры.

В большинстве применённых у нас зарубежных фильтров сетки грубой предварительной очистки по мере их засорения необходимо очищать вручную, для чего приходится прекращать подачу воды и вскрывать фильтр. В связи с тем, что крупных включений, как правило, значительно больше нормы, а их размеры иногда превосходят все допустимые величины, сетки грубой очистки приходится чистить вручную сравнительно часто. Это создаёт трудности при их эксплуатации.

Сопла очистителей у зарубежных фильтров с очисткой сетки обратным потоком воды располагаются в непосредственной близости от очищаемой сетки. В связи с незначительным зазором между соплом и сеткой в сопло не проходят включения, больше этого зазора. Они постепенно накапливаются на сетке, что приводит к необходимости периодической очистки сетки вручную. Увеличение же зазора между соплом и сеткой приводит к уменьшению интенсивности очистки сетки из-за подсосов воды через зазор. Это противоречие остаётся неразрешённым во многих существующих фильтрах такого типа.

Известны случаи, когда для обеспечения работы ранее установленного зарубежного фильтра тонкой очистки впереди него ставят отечественный фильтр Океанмашэнерго.

Некоторые отечественные фильтры требуют для своей работы больших постоянных расходов воды (до 30% от расхода в водоводе), не работают при наличии в воде органических включений типа полиэтиленовой плёнки, водорослей, листьев, что в

большинстве случаев неизбежно. Применение таких фильтров для большинства случаев вряд ли оправдано.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что эксплуатируемые в промышленности фильтры (в большинстве своём это фильтры зарубежных изготовителей) в силу изложенных причин плохо адаптированы к тяжелым условиям работы на отечественных предприятиях. Они выходят из строя из-за большого количества загрязнений в воде, не приспособлены для обращения с крупными (иногда до 100 мм и более) разовыми включениями, зачастую имеют слабые приводы для преодоления связанных с этим сопротивлений, требуют «тонкого» обслуживания, поставки запчастей и приглашения специалистов для сервисного обслуживания из-за рубежа и др.

Исследования, проведенные в научно-производственном ООО «Океанмашэнерго» авторами, статистические данные, анализ и изложенные выше обстоятельства позволили выработать требования к фильтрам, приемлемым для условий отечественных предприятий:

- автоматизированная очистка сетки по дифманометру или реле времени;
- наличие предварительной фильтрации воды сеткой грубой очистки;
- незначительный кратковременный расход воды на промывку;
- незначительный перепад давления на фильтре;
- конструкция фильтра должна предусматривать очистку сетки грубой предварительной очистки без перекрытия водовода и разборки системы;
- фильтр должен надёжно работать при наличии в воде практически любых крупных твёрдых включений, встречающихся в очищаемой воде конкретного предприятия;
- должна быть обеспечена возможность, продолжать фильтрацию при попадании в систему удлинённых предметов (типа палки), затрудняющих работу фильтра, до появления возможности их извлечения;
- система автоматики должна позволять перенастраивать режим очистки при изменении условий (например, сезонных) и давать сигналы о работе фильтра на центральный пост при необходимости.

Часть требований реализована в уже существующих фильтрах.

Вместе с тем выполнение ряда требований в существующих конструкциях не обеспечивается, хотя, по мнению авторов, они являются обязательными для условий отечественных производств.

В научно-производственном ООО «Океанмашэнерго» разработаны и освоены в производстве конструкции фильтров, отвечающие названным выше требованиям и наиболее полно адаптированные к тяжелым условиям отечественных предприятий.

Все фильтры Океанмашэнерго имеют программируемые блоки автоматики и управления с мини-дисплеем для вывода информации, оснащены бесконтактными датчиками, контролирующими работу фильтра. Для перевода фильтра в режим очистки могут быть использованы как реле времени, так и дифманометры. В качестве приводов применены серийно выпускаемые мотор-редукторы, дополнительно оснащённые специальными предохранительными моментными муфтами, разработанными и поставляемыми ООО «Океанмашэнерго».

Характеристики фильтров Океанмашэнерго представлены в таблице.

Тип фильтра	Расход воды, м ³ /час	Ду, мм	Крупность фильтрации, мм	Самопромывка	
				Время, с	Кратковременный расход воды, %
ФСА	500 - 2800	300 - 700	1 - 5	20	10 - 25
ФСБ	8000 - 30000	1200 - 2500	1 - 5	20 - 60	до 15
ФСВ	500 - 10000	300 - 1400	1 - 5	20	10 - 25
ФСЦ	600 - 14000	400 - 1400	0,05 - 5	20	2 - 7



Рис. 1. Фильтры серии ФСА

клапаны, причём, лопасти сливных клапанов связаны тягами с соответствующими лопастями напорных клапанов. Каждая лопасть напорного клапана имеет свой привод для её поворота.

Согласованной работой напорных и сливных клапанов с помощью системы автоматики периодически осуществляется последовательная очистка сеток обратным потоком воды в каждой камере без прекращения фильтрации воды.

Фильтры ФСА успешно работают на сильно загрязнённой воде при наличии крупных включений. Они имеют повышенный кратковременный расход воды на промывку (см. таблицу) и применяются там, где этот расход не регламентируется жестко. Преимущественное применение фильтров ФСА – на вспомогательных системах подачи технической воды ТЭС.



Рис. 2. Фильтр серии ФСБ

Фильтр типа ФСА (рис. 1) двухкамерный [3]. Он имеет цилиндрический корпус с входным и выходным патрубками, расположенными поперёк оси корпуса. В корпусе под углом к потоку установлен прямоугольный фильтрующий элемент. Входной патрубком и внутренняя полость корпуса до фильтрующего элемента разделены диафрагмой на две камеры. Из каждой камеры выведены по одному сливному (для вывода грязи) патрубку. На входном патрубке установлен напорный клапан с двумя лопастями, по одной лопасти в каждой камере. На сливных патрубках установлены сливные

Фильтр типа ФСБ (рис. 2) многокамерный [4]. Фильтр имеет монтируемый в водовод цилиндрический корпус, разделённый на секторы (камеры) перегородками. В камерах установлены наклонно к потоку фильтрующие элементы. Внутри корпуса на специальных работающих в воде подшипниках скольжения смонтирован очиститель, внутренняя полость которого через нормально закрытый сливной приводной клапан соединена со сливом. Очиститель связан шарнирным валом с приводом, оснащённым специальной муфтой предельного момента. Контуры окна очистителя соответствуют контурам камер.

В связи с установкой фильтрующих элементов наклонно к потоку воды большая часть загрязнений смывается потоком с сетки и накапливается в ёмкостях, созданных в камерах в конце фильтроэлемента. Очистка фильтроэлементов от оставшихся загрязнений и каждой камеры производится обратным потоком воды при вращении очистителя, когда его окно проходит возле камеры и соединяет ее через полость очистителя со сливом. Фильтр безотказно работает при наличии в воде водорослей, моллюсков, крупных включений. При заклинивании очистителя удлиненными предметами типа палки очистка сетки продолжается в реверсном режиме до появления возможности извлечь посторонний предмет.

Фильтр ФСБ применяется при необходимости вписать фильтр по основным габаритам в сечение водовода. Фильтр используется преимущественно для систем шариковой очистки конденсаторов турбоагрегатов ТЭС.

Базовый самоочищающийся фильтр ФСБ-1600 (ФПО-1600) для диаметра водовода Ду 1600 мм и расхода воды 12500 м³/час, отработан и эксплуатируется на блоках мощностью 200 МВт ТЭС в составе систем шариковой очистки трубок конденсаторов турбоагрегатов (СПО) [1]. В частности, на Старобешевской ТЭС на блоке №12 более 5 лет эксплуатируются два таких фильтра, еще два установлены на блоке № 4 этой же станции.



Рис. 3. Фильтр серии ФСВ

Фильтр ФСВ (рис. 3) многокамерный [5], имеет корпус с цилиндрической вертикальной камерой со съёмной крышкой и входной и выходной патрубком с фланцами. В полости выходного патрубка неподвижно установлен фильтроэлемент с двумя наклонными сетками на выходном конце. Фильтроэлемент разделен вертикальными продольными пластинами на несколько полостей.

По оси вертикальной камеры с возможностью неполного поворота вокруг оси на подшипниках установлен пустотелый очиститель, внутренняя полость которого через нормально закрытый сливной клапан соединена со сливной магистралью. Для предотвращения заклинивания крупными включениями кромки сопла очистителя

снабжены гибкими резиновыми уплотнителями. Вал очистителя соединен с электромеханическим приводом, оснащённым специальной муфтой предельного момента.

Очистка каждой из полостей фильтроэлемента и сетки происходит в автоматическом режиме обратным потоком воды при вращении очистителя. Обратный поток воды образуется за счет избыточного внутреннего давления воды в полости фильтра при открытии клапана на сливной магистрали.

Конструкция фильтра обеспечивает его надёжную работу как при большом количестве загрязнений, в том числе и органических, так и при наличии крупных включений.

Преимущественное применение фильтра ФСВ – на металлургических, коксохимических и др. предприятиях с сильно загрязнённой водой, при относительно жёстком регламентировании кратковременных расходов воды на промывку и стеснённых условиях на месте его установки.

Наиболее перспективным для общих условий применения является фильтр ФСЦ.

Новые фильтры ООО "Океанмашэнерго" типа ФСЦ [6] отбирают из воды все находящиеся в ней твердые включения, включая крупные. При этом исключается заклинивание очистителя крупными включениями и ручная очистка фильтра с его вскрытием. Фильтр ФСЦ (рис. 4, 5, 6) имеет смонтированный в корпусе 1 цилиндрический фильтрующий элемент 2, который имеет каркас 3 в виде беличьей клетки. На внешней стороне каркаса закреплена сетка 4. Ребра каркаса образуют ячейки, в которых могут скапливаться твердые включения практически любых размеров. По оси фильтроэлемента на подшипниках установлен очиститель 5 с двумя удлиненными соплами 6, оснащенными по контуру гибкими уплотнениями. Полости сопел и внутренняя полость очистителя через сливной патрубок 7 и устанавливаемый на нём нормально закрытый сливной клапан соединяются со сливом. На очистителе в передней его части (по течению воды)

смонтирована сетка грубой предварительной очистки 8. С сеткой грубой очистки

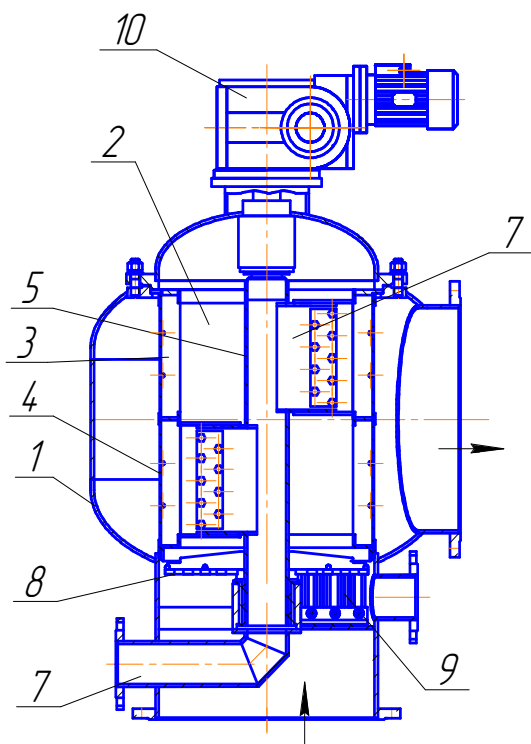


Рис. 4. Схема фильтра серии ФСЦ

контактирует установленная жёстко в корпусе щётка 9. Очиститель соединён с приводом 10. В режиме очистки открывается сливной клапан на патрубке 7 и включается вращение очистителя 5. Сопла очистителя при его вращении последовательно соединяют каждую ячейку каркаса фильтроэлемента через полость очистителя и открытый клапан промывки со сливом. При этом создаётся обратный поток воды, который очищает участок сетки в ячейке фильтроэлемента и саму ячейку от накопившихся в ней загрязнений.

При вращении очистителя щётка 9 очищает вращающуюся вместе с очистителем сетку грубой очистки 8 от крупных включений, которые накапливаются в ёмкости в зоне щётки и могут в любое время удалиться через патрубок 11 при открытии устанавливаемого на нём ручного вентиля.

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

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

Такая конструкция фильтра позволяет отбирать из воды твёрдые включения практически любой крупности и очищать сетку грубой очистки, не прерывая подачи фильтруемой воды потребителю.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые позволили разработать методику расчёта фильтров.

Если расход через фильтр (и фильтроэлемент) Q выразить зависимостью

$$Q = v_c \cdot (n - n_3) L_c \cdot V_\phi, \quad (1)$$

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

$$q = v_c \cdot L_c \cdot V_n, \quad (2)$$

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

$$\alpha = \frac{q}{Q} = \frac{1}{n - n_3} \cdot \frac{V_n}{V_\phi}, \quad (3)$$

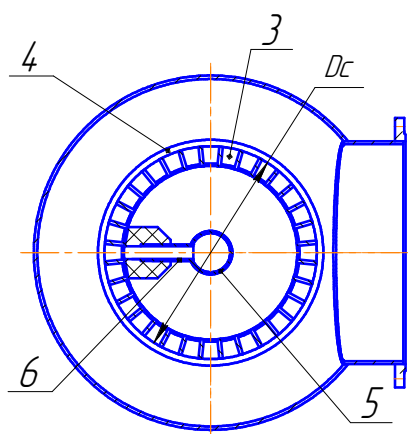


Рис. 5. Поперечный разрез фильтра серии ФСЦ



Рис. 6. Фильтр серии ФСЦ

откуда вытекает условие:

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

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

v_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 в виду, что общая площадь сетки фильтроэлемента

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

для принятого количества ячеек n получим:

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

$$L_c = \frac{Q}{V_\phi \cdot c \cdot v_c (n - n_3)} \quad (7)$$

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

Выводы.

Проведенные исследования условий работы эксплуатируемых на отечественных промышленных предприятиях автоматизированных фильтров для технической воды позволили выявить ряд проблем, связанных с их применением.

Выработаны требования, которые необходимо учитывать при проектировании и выборе фильтров для конкретных условий.

Разработана методика расчёта фильтров, обеспечивающая выбор их параметров с учётом конкретных условий применения.

Разработана и освоена в производстве новая конструкция фильтра типа ФСЦ с цилиндрической сеткой, который 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 на отечественных предприятиях.

Фильтры типа ФСЦ успешно эксплуатируются на металлургических и горно-обогатительных предприятиях Украины, показали в тяжелых условиях работы отличные эксплуатационные качества и высокую надёжность.

Список литературы

1. Новые технологии старой ТЭС: котёл с циркулирующим кипящим слоем; система шариковой очистки конденсаторов. Энергосбережение № 8 – 2002, редакционная статья, стр. 6 – 9.

2. Разработка и совершенствование автоматизированных фильтров технической воды для условий отечественных горнометаллургических предприятий. Материалы международной конференции "Форум горняков-2006", НГУ, г. Днепропетровск, 2006, стр.37-41.

3. Патент № 54133, Україна, Фільтр /Кузьмінський В.П., Кудрявцев Д.В. //Промислова власність. – 2006. - № 10.

4. Патент № 80779, Україна, Фільтр /Кузьмінський В.П., Кудрявцев Д.В., Шумілін В.Г., Кухар В.Ю. //Промислова власність.-2007.-№17.

5. Патент № 75972, Україна, Фільтр / Кузьмінський В.П., Кухар В.Ю., Шумілін В.Г., Кудрявцев Д.В. // Промислова власність. – 2006. - № 6

6. Заявка № а 2006 02147 на патент України. Фільтр /Кузьмінський В.П., Кухар В.Ю., Кудрявцев Д.В., Шумілін В.Г. //Пріоритет від 27.02.2006, рішення про видачу патенту № 22362/1 від 23.08 2007.

Сведения об авторах

Виктор Юрьевич Кухарь, канд. техн. наук, доцент кафедры горных машин Национального горного университета, директор-главный конструктор ООО "Океанмашэнерго", г. Днепропетровск

Виталий Павлович Кузьминский, канд. техн. наук, заместитель директора по НИОКР ООО "Океанмашэнерго", г. Днепропетровск

Дмитрий Викторович Кудрявцев, начальник конструкторского бюро ООО "Океанмашэнерго", г. Днепропетровск