

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЛЬТРОВ С ПРОТИВОТОЧНОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

*Проаналізовано сучасний стан розвитку фільтрів з протитечійною регенерацією фільтроелементу. Сформовано основні напрямки розвитку і подальшого вдосконалення таких фільтрів.*

Неотъемлемой частью большинства технологических процессов является очистка значительных объемов жидкости от механических загрязнений. В тех случаях, когда необходимость очистки обусловлена удалением из жидкости частиц размер которых, больше некоторого значения, лучший результат дает применение сетчатых фильтров [1]. Но обладая гарантированной крупностью очистки эти фильтры имеют малую грязеемкость. Для устранения этого недостатка используется механизм саморегенерации фильтра. Различают фильтры регенерация которых ведется постоянно (гидродинамические фильтры) и фильтры, в которых устройство очистки включается по мере необходимости (фильтры с противоточной регенерацией ФПР). Преимущество последних проявляется при очистке слабозагрязненных сред, когда период фильтрования существенно превышает период регенерации. В ФПР промывка фильтроэлемента осуществляется обратным потоком жидкости, который последовательно создается на ограниченных участках сетки. Обратный поток воды создается устройством промывки, полость которого соединяется на время очистки со сливом (рис. 1). Режим очистки включается по сигналу реле времени или по достижении заданного перепада давления на сетке [2].

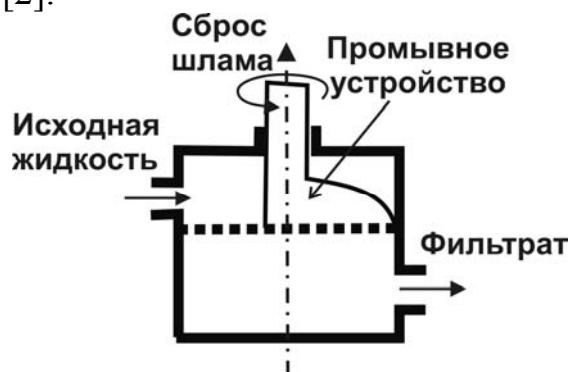


Рисунок 1 – Конструкция фильтра с противоточной регенерацией

Однако, несмотря на более чем полувековую историю развития фильтров с противоточной регенерацией (ФПР) их конструкция продолжает совершенствоваться. Связано это с устранением следующих проблем:

1) плохое удаление крупных частиц, размер которых больше зазора между фильтроэлементом и промывным устройством [2];

2) снижение эффективности промывки при увеличении зазора между промывным устройством и фильтроэлементом [3];

3) при увеличении площади промываемого участка сетки увеличиваются расходы жидкости на промывку, и снижается качество восстановления фильтрующих свойств фильтроэлемента [4];

4) постепенное засорение сетки частицами, размер которых сопоставим с размером ячейки сетки [5].

Зарубежные и отечественные производители ФПР предложили множество конструктивных решений повышающих эксплуатационные качества таких фильтров. Поэтому целью данной статьи является критический анализ современных ФПР для оценки эффективности их работы и выбора направлений дальнейшего совершенствования.

Противоточные фильтры наиболее широко представлены зарубежными производителями: *filtomat* (Италия), *amiad* (Израиль), *taprogge*, *ALF*, ООО «КемеровоХиммаш». Из отечественных производителей ФПР следует выделить ООО "Океанмашэнерго" и НДПКИ «Параметр» (ДонГТУ). Если рассматривать классическую конструкцию ФПР (рис. 1) то промывное устройство перемещается на некотором расстоянии от фильтроэлемента и расход жидкости через промывное устройство складывается из расхода жидкости через промываемый участок сетки  $Q_{2-3}$  и перетоки между промывным устройством и полостью фильтрата  $Q_{1-3}$  (рис. 2). В работе [3] показано, что при зазоре  $h = 3$  мм, давление в полости промывного устройства  $p_3$  равно давлению со стороны неочищенной жидкости  $p_1$ , и следовательно нет никакого промывочного потока  $Q_{2-3}$ .

Для повышения эффективности работы авторами рекомендуется конструктивное и технологическое обеспечение минимальной высоты уплотняемого зазора под промывным устройством. Однако такая рекомендация приводит к следующей проблеме – твердые частицы, размер которых находится в пределах от размера ячейки сетки грубой очистки до размера щели между промывным устройством и фильтроэлементом, не проходят в щель между промывным устройством и сеткой и не удаляются из фильтра при очистке (рис. 3). Это приводит к их постепенному накоплению в фильтре и необходимости периодической ручной очистки фильтра или к заклиниванию очистителя [2].

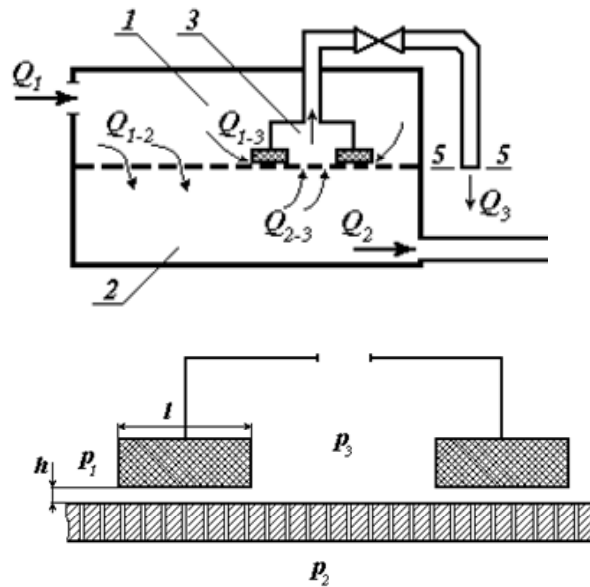


Рисунок 2 – Расчетная схема к определению перетоков сквозь уплотнение промывного устройства

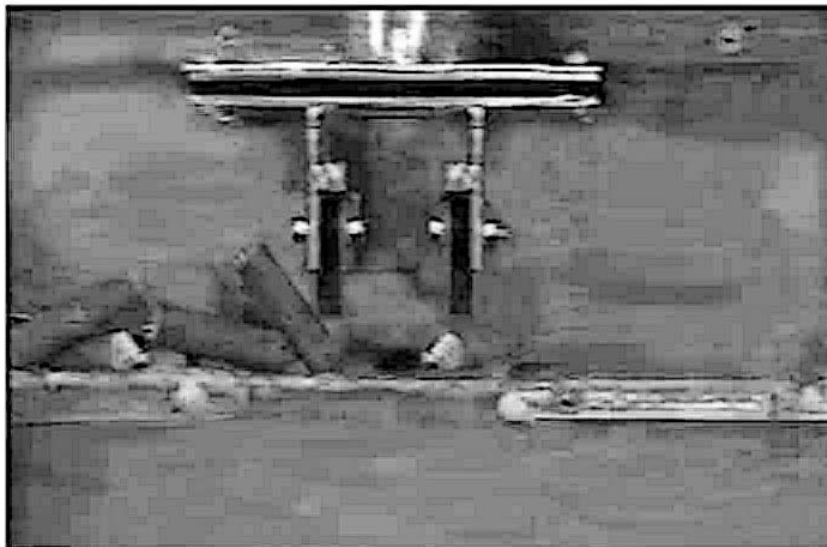


Рисунок 3 – Крупные загрязнения оставшиеся на сетке фильтроэлемента

Обычно решают эту проблему за счет специальной конструкции фильтроэлемента, который выполняется либо в виде двух перфорированных плит с зажатой между ними сеткой [3], либо в виде специального каркаса, который обеспечивает деление поверхности фильтра на ячейки [2]. При загрязнении в этих ячейках скапливаются крупные загрязнения, а при промывке промывное устройство перекрывает без за-

зоров одну или несколько ячеек и промывной поток вымывает загрязнения (рис. 4).

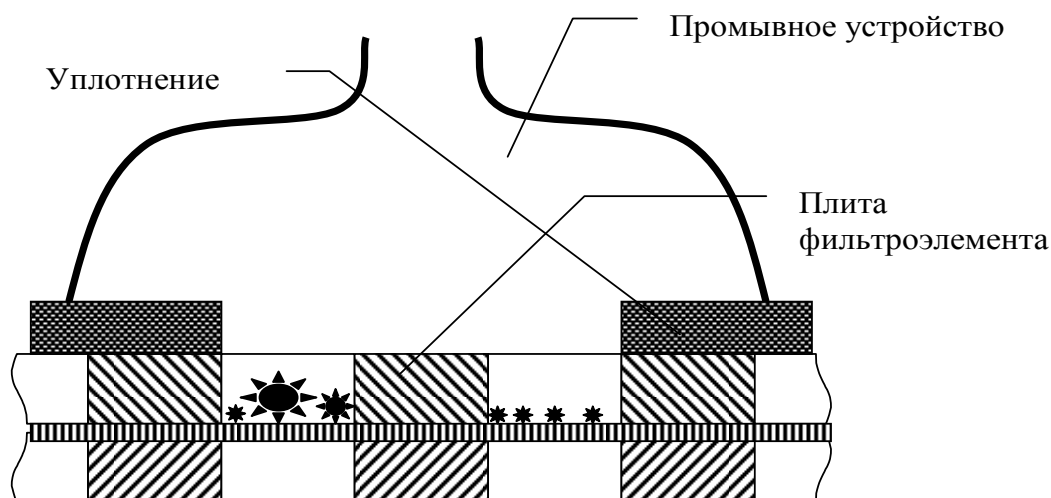
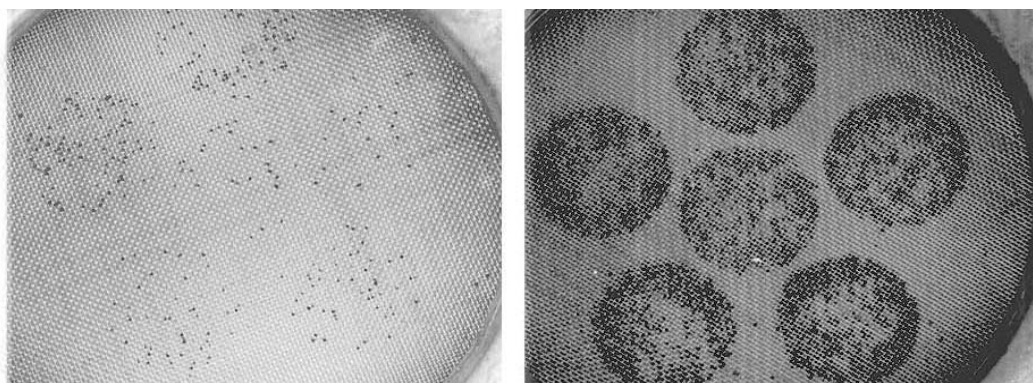


Рисунок 4 – Усовершенствованное промывное устройство

К достоинству представленного на рис. 4 решения можно отнести простоту реализации уплотнения промывного устройства. Так же следует отметить, что проблема удаления крупных частиц свойственна именно для наших условий эксплуатации, когда наряду с маленькими частицами могут попадаться и значительные по габаритам образования.

Но несмотря на практически полное устранение перетоков между промывным устройством и полостью фильтра, при продолжительной эксплуатации сетка зарастает частицами размер которых сопоставим с размером ячейки сетки (рис. 5) [5].



а) 10 циклов

б) 100 циклов

Рисунок 5 – Рост количества не удаляемых загрязнений при увеличении числа циклов загрязнение–регенерация

Причина такого состояния в недостаточной эффективности противочной промывки при удалении частиц загрязнителя, которые застряли в моменты близкие к началу цикла регенерации [6]. Объяснить это можно следующим образом, в эти моменты площадь сетки остающейся чистой минимальна, а так как расход поддерживается постоянным то скорости жидкости и частиц максимальны. Проведенные исследования показали, что именно переход кинетической энергии в упругие деформации частицы и проволоки сетки обуславливает появление трудно удаляемых загрязнений. Решить данную проблему можно несколькими способами:

- 1) увеличить скорость жидкости при промывке;
- 2) использовать интенсифицирующее силовое воздействие;
- 3) использовать фильтроэлемент такой формы, что силы удерживающие частицу в режиме фильтрования существенно превышают силы которые будут при регенерации фильтроэлемента;
- 4) ограничить максимальный перепад давления на фильтроэлементе таким образом, что бы все частицы можно было удалить только за счет обратной промывки.

Первый способ достигается либо за счет использования дополнительных устройств увеличивающих расход жидкости при промывке (насосы, поршни), либо за счет уменьшения площади промываемого участка сетки (приближая его сечение к площади поперечного сечения сливного трубопровода). При этом уже нельзя обеспечить очистку всего фильтроэлемента за один оборот и используется винтовое движение промывного устройства по поверхности фильтроэлемента (рис. 6) [6].

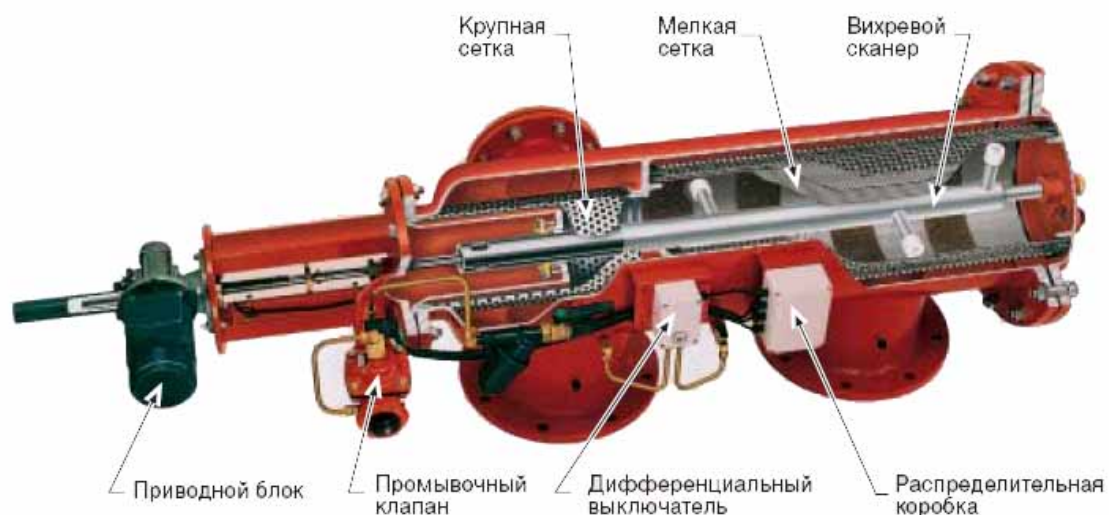


Рисунок 6 – Фильтр SAF Amiad оснащенный винтовым промывочным устройством с несколькими промывными головками

Вышеизложенный подход нельзя назвать удачным по следующим причинам: первое – как показали экспериментальные исследования [5] все равно есть определенный процент частиц, которые не удаляются при таком режиме регенерации и второе – винтовое промывное устройство приводит к увеличению габаритов и конструкционному усложнению фильтра.

Второй способ в основном не применяется, поскольку связан с использованием дополнительных источников энергии и существенно усложняет конструкцию фильтра. Хотя известны технические решения, основанные на использовании энергии сжатого воздуха [1] и гидравлического удара [7].

Интересным видится применение фильтроэлемента специальной формы (рис. 7) предложенное специалистами компании Tarrogge. В этом фильтре частица надежно удерживается между профильными шайбами, а при промывке за счет гидродинамических сил происходит отгибание нижней шайбы и частица уносится потоком промывочной жидкости (рис 8).

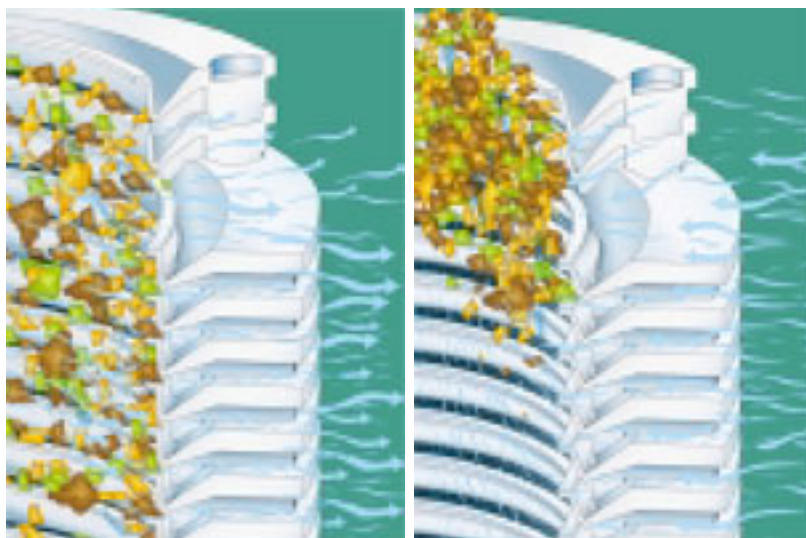


Рисунок 8 – Внешний вид фильтроэлемента Tarrogge

Последний из способов основан на выборе такого режима работы фильтроэлемента при котором в режиме засорения максимальный перепад давления на фильтре ограничен величиной при которой, силы удерживающие частицу загрязнителя в ячейке сетки не превышают значений, которые можно преодолеть в режиме регенерации [9].

В результате исследований была установлена граничное значение перепада давления на фильтроэлементе от рабочего давления фильтра (определяет энергию промывки) (рис. 9).

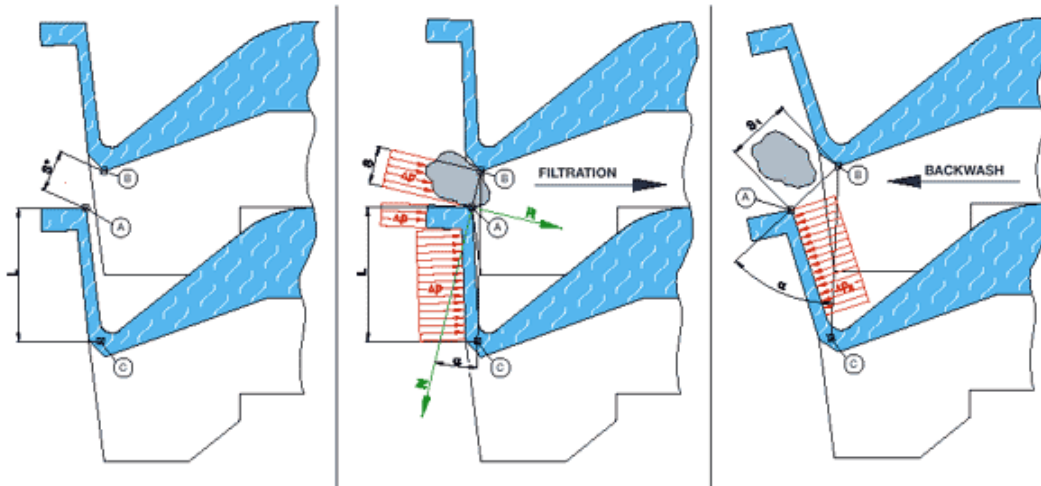


Рисунок 8 – Поведение фильтроэлемента при загрязнении и промывке

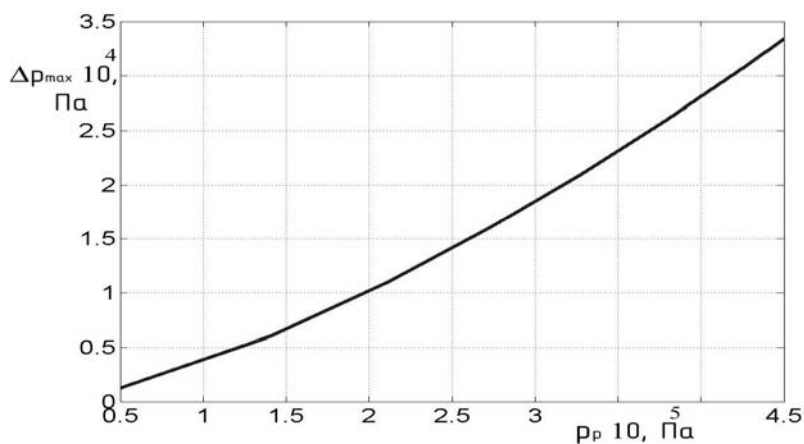


Рисунок 9 – Граничный перепад давления при загрязнении  $\Delta p_{max}$ , в зависимости от рабочего давления фильтра  $p_p$

Вывод. Подводя итог можно сделать следующие выводы относительно путей дальнейшего совершенствования ФПР:

а) в конструкциях фильтров желательно использовать одно промывное устройство и один фильтроэлемент;

б) использование перфорированных плит существенно упрощает герметизацию промывного устройства и решает проблему удаления габаритных частиц;

с) ограничение максимального давления при засорении дает реальную возможность обойтись без устройств интенсифицирующих процесс противоточной регенерации;

д) перспективным видится использование фильтроэлементов аналогичных Tagrogee, но на данном этапе для частиц размером менее 100 мкм такой способ экономически нецелесообразен;

е) превышение рабочего давления фильтра над максимальным перепадом давления на фильтроэлементе при засорении должно быть более чем на один порядок.

*Выполнен анализ современного состояния развития фильтров с противоточной регенерацией фильтроэлемента. Предложены основные направления развития и дальнейшего усовершенствования таких фильтров.*

*The analysis of modern development of filters is executed with the automatic regeneration of filterelement. Basic directions of development and further improvement of such filters are offered.*

### **Библиографический список**

1. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М.: Химия, 1978. – 96с.
2. Кузьминский В.П., Кухарь В.Ю., Кудрявцев Д.В. Разработка и совершенствование автоматизированных фильтров технической воды для условий отечественных горно-металлургических предприятий.
3. Мочалин Е.В., Петренко А.В., Кривошея П.Н.. Моделирование режима обратной промывки самоочищающегося фильтра// Вестник НТУ «ХПИ», 2001. – Вып. 129. – С.161-168.
4. Пупков В.С. Влияние кинетической энергии частиц на процесс загрязнения сетчатого фильтроэлемента // Сборник ИГТМ НАН Украины Геотехническая механика, 2004. – Вып. № 50. – С. 212-218.
5. Пупков В.С., Иванова Е.О. Анализ остаточных загрязнений сетчатых фильтров: Сб. науч. тр./ Алчевск: ДГМИ(ДонГТУ), 2005. – Вып. 9. – С. 302–308.
6. *amiad filtration systems. [www.amiad.com](http://www.amiad.com)*
7. Пупков В.С. Пути обеспечения интенсификации процесса самоочистки сетчатого фильтроэлемента // Сб. научн. тр. ДГМИ Вып. 15 – Алчевск: ДГМИ, 2002. – С. 123–130.
8. *Tarpogee. [www.tarpogee.de](http://www.tarpogee.de)*
9. Пупков В.С., Мочалин Е.В., Алипер Ю.И. Специализированная компьютерная система для обеспечения рационального режима работы фильтра с противоточной регенерацией сетчатого фильтроэлемента: Сб. науч. тр./ Алчевск: ДГМИ(ДонГТУ), 2006. – Вып. 22. – С. 302–308.