

When drilling and extracting minerals from deep sea they use standpipe compose from pipes of 12 meters length. It has been analyzed 1,200 domestic and foreign patents. There are only a few types of pipe connections acceptable for use in given conditions. Particularly promising fittings are those with trapezoidal, rectangular, round, special thread profile and with rounded edges to minimize stress concentration and with blocking devices. It has been

presented the data about the special thread profile giving almost uniform distribution of load along threaded surface.

**Keywords:** *pipe, connection, screw-thread, loading, durability, reliability, simplicity*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 11.05.10*

УДК 622.464:532.5

© Кухарь В.Ю., 2010

**В.Ю. Кухарь**

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

**V.Yu. Kukhar**

## METHOD OF DETERMINATION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF PROCESS WATER FILTER OPERATION

Приведены цели экспериментальных исследований процессов фильтрации и регенерации фильтроэлементов в реальных условиях эксплуатации фильтра технической воды. Описаны настройка и тарировка экспериментального стенда для исследования фильтрации. Из условия обеспечения регенерации фильтроэлемента с заданной частотой предложено определять рациональную скорость фильтрационного потока. Период критического засорения фильтроэлемента предложено определять как время от начала работы чистого фильтроэлемента в режиме „фильтрация-регенерация“ до момента, после которого перепад давления на фильтроэлементе непосредственно после его регенерации достигнет критического значения. На основании предложенных критериев разработана методика определения гидравлических параметров работы фильтров и их сетчатых фильтроэлементов с малыми ячейками.

**Ключевые слова:** *регенерация, фильтрация, фильтроэлемент, гидравлические параметры, критерии*

При разработке новых конструкций или выборе из широкого типа существующих фильтров технической воды для конкретных условий отечественных производств, разработчики и эксплуатационники фильтровального оборудования сталкиваются с рядом трудностей. Одна из них обусловлена малоизученностью процессов улавливания механических загрязнений сетчатыми фильтроэлементами с малыми (менее 500 мкм) размерами ячеек и их последующей регенерацией обратным потоком воды. Несмотря на многочисленные выполненные ранее исследования, остается нерешенной задача назначения основных гидравлических режимов работы фильтроэлемента с учетом реальных условий будущей эксплуатации фильтра. 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. Сложность теоретического решения этой задачи обуславливает целесообразность экспериментального исследования процессов фильтрации и регенерации фильтроэлементов с использованием экспресс-стенда [1].

Экспериментальные исследования процессов фильтрации и регенерации фильтроэлементов в реальных условиях будущей эксплуатации фильтра преследуют следующие цели:

4 подтверждение возможности отбора механических загрязнений из технологической воды с заданной эффективностью;

4 определение скорости фильтрации воды через фильтроэлемент;

4 определение скорости потока промывочной воды через фильтроэлемент;

4 оценка степени засорения (зарастания) фильтроэлемента с течением времени;

4 нахождение периода критического засорения фильтроэлемента, после которого требуется его принудительная очистка (вручную или иным способом).

Подключение экспресс-стенда к водоводу с исследуемой водой должно производиться при помощи специального г-образного заборного патрубка с запорным вентилем на конце. Патрубок вваривается радиально в напорный водовод таким образом, чтобы его входное отверстие располагалось внутри водовода навстречу потоку воды на его продольной оси. Заборный патрубок является гнутым из водопроводной трубы.

При отборе исследуемой воды из водовода стоит задача обеспечения одинакового гранулометрического и массового состава загрязнений в воде для последующего пропускания ее через экспресс-стенд. Такое условие выполняется при обеспечении равенства скоростей воды в водоводе и в заборном патрубке. В этом случае мелкие частицы загрязнений, обладаю-

щие малой гидравлической крупностью (менее 1 мм/с), смогут быть отобраны из водовода, а не будут пронесены потоком воды мимо заборного отверстия патрубка.

Диаметр входного отверстия патрубка определяется из условия обеспечения равенства скоростей воды в водоводе и в заборном патрубке:

$$U_{тр} | U_{напр}$$

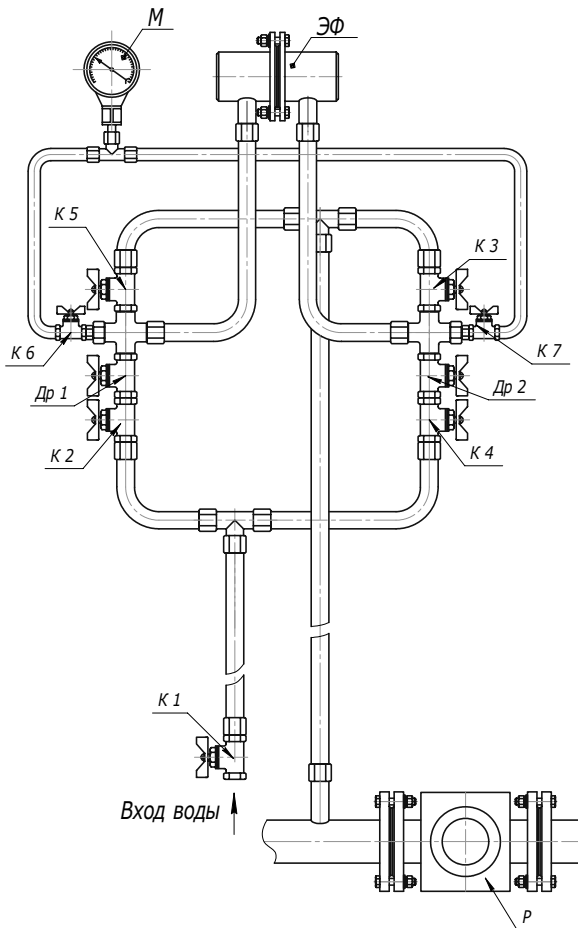


Рис. 1. Конструктивная схема экспресс-стенда для исследования фильтрации технологической воды

или:

$$\frac{4Q_{тр}}{\phi D_{тр}^2} | \frac{4Q_{стенд}}{\phi d_{напр}^2}, \quad (1)$$

где  $U_{тр}, U_{напр}$  – скорости воды соответственно в водоводе и заборном патрубке;  $D_{тр}, d_{напр}$  – внутренние диаметры соответственно водовода и заборного патрубка;  $Q_{тр}, Q_{стенд}$  – максимальные расходы воды через водовод и экспресс-стенд.

Из (1) получаем зависимость для определения диаметра входного патрубка.

Экспресс-стенд может быть смонтирован в различных условиях проведения исследований. Изменяются длины и конфигурация подводящего и сливного патрубков, высотные отметки точек отбора воды, установки стенда и слива, сливной патрубков может быть выведен в коллектор с давлением, отличным от атмосферного и т.п. Такие изменения обуславливают необходимость настройки экспресс-стенда перед началом выполнения исследований. Настройка преследует цели установки требуемой скорости протекания воды через фильтроэлемент экспресс-фильтра и определения показаний манометра до и после него, в конкретных условиях эксперимента.

Настройка скорости протекания воды в режимах фильтрации и регенерации (промывки) фильтроэлемента производится в следующей последовательности. Из экспресс-фильтра (ЭФ) удаляют фильтроэлемент, собирают ЭФ. Переводят экспресс-стенд (ЭС) в режим фильтрации. Регулировкой открытия дросселя Др 1 (рис. 1) устанавливают такой расход воды через ЭС, который обеспечивает требуемую скорость фильтрации через фильтроэлемент. Далее переводят ЭС в режим промывки. Регулировкой открытия дросселя Др 2 устанавливают такой расход воды через ЭС, который обеспечивает требуемую скорость промывки фильтроэлемента. Замеры по каждой серии повторяют не менее 5 раз, по полученным данным определяют средние значения. Расходы замерялись входящим в состав ЭС поверенным счетчиком воды СТ-50Г-01 и секундомером, периодически контролировались объемным методом. Настройка ЭФ без фильтроэлемента объясняется достаточно быстрым его засорением и вызванными этим погрешностями замеров давления.

Следует отметить, что установленные таким образом фильтруемый и промывочный расходы обеспечивают скорости протекания воды через фильтроэлемент без учета особенностей его конструкции. Поэтому в дальнейшем для определения требуемой площади фильтроэлемента реального фильтра достаточно будет найти отношение заданного расхода фильтруемой воды и полученной таким способом скорости фильтрации. При необходимости скорость протекания воды через ячейки фильтроэлемента может быть найдена расчетом с учетом гидравлических характеристик ячеек.

Определение рациональной скорости фильтрации воды через фильтроэлемент является поиском компромисса между скоростью (расходом) фильтрации воды и временем достижения перепада давления на фильтроэлементе, некоторой заданной площади, по мере его засорения некоторого предельного значения.

Под предельным следует понимать меньшее из двух следующих значений перепада давления:

- 4 перепад, заданный Заказчиком фильтра;
- 4 перепад, при котором происходит нарушение целостности проволочек или структуры сетки фильтроэлемента.

Время достижения предельного перепада давления обуславливает частоту включения режима само-

промывки автоматизированного фильтра. С целью минимизации суммарного расхода воды на самопромывку фильтроэлемента, а также предотвращения преждевременного износа механических элементов фильтра, включение режима самопромывки из опыта эксплуатации фильтров следует назначать не чаще 1 раза в 30–40 мин.

Площадь фильтроэлемента является одним из определяющих его грязеемкость факторов. Площадь фильтроэлемента определяет в целом массогабаритные параметры и, как следствие, цену фильтра. Для различных типов фильтров площадь фильтроэлемента является известной. Поэтому при известном содержании и грансоставе загрязнений в воде, изменяя скорость (расход) фильтрации воды, можно спрогнозировать время накопления предельного количества загрязнений на фильтроэлементе, а, значит, и периодичность его регенерации. Однако сама по себе грязеемкость фильтра не позволяет определить с достаточной для проектирования фильтра степенью точности перепад давления на фильтроэлементе в виду различных гидравлических свойств (грансостав, форма частиц) частиц загрязнителей. Интегрировано учесть все свойства загрязнителей и их гидравлическое сопротивление на сетке фильтроэлемента можно экспериментально.

Исходя из приведенных соображений, определение рациональной скорости фильтрации воды через фильтроэлемент сводится к установлению такой скорости (расхода) фильтруемой воды, при которой достижение предельного перепада давления на фильтроэлементе достигается за 30–40 минут. Это достигается ступенчатым изменением расхода воды через ЭС с периодическими замерами перепада давления на фильтроэлементе и сопоставлением времени достижения принятого критического перепада давления с принятым временем его достижения.

Эксперименты по определению рациональной скорости фильтрации производят в следующей последовательности. В ЭФ устанавливают фильтроэлемент с требуемым размером ячейки. Переводят ЭС в режим фильтрации. Кран К2 открыть последним. Одновременно с его открытием включают секундомер и производят замеры давления до и после ЭФ с последующим их периодическим повторением для определения перепада на нем. Показания перепада давления и времени с момента начала эксперимента фиксируют. При достижении перепада давления критического значения подачу воды через стенд прекращают. Время, прошедшее с начала эксперимента до момента достижения критического перепада давления, сравнивают с заданным. Если определенное время больше критического, то расход воды через ЭС увеличивают, если меньше – уменьшают и цикл замеров повторяют. Период замеров назначают из соображений достижения требуемой точности определения значений, он может быть уменьшен при приближении к предельному перепаду давления.

Целесообразно в начале эксперимента и в ходе его проведения периодически производить визуальный контроль и фотографирование загрязнения фильтроэлемен-

та. Для этого устанавливают с одной стороны ЭФ источник света постоянной интенсивности, а с другой стороны производят наблюдение или фотографирование.

По завершении каждого из циклов замеров производят регенерацию (промывку) фильтроэлемента обратным потоком воды.

Оценка степени остаточного засорения фильтроэлемента с течением времени преследует цель определения периода, после которого количество застрявших в ячейках сетки частиц будет большим некоторого критического значения, после которого перепад давления на сетке сразу после ее регенерации будет равен критическому перепаду давления. Наступает критическое засорение фильтроэлемента.

С течением времени эксплуатации в режиме „фильтрация-промывка“ в ячейках сетки фильтроэлемента накапливаются застрявшие в них и не удаляющиеся при промывке частицы загрязнителя. На основании данных экспериментальных исследований [2] известно, что количество застрявших в ячейках сетки загрязнений наиболее быстро растет в первые десятки циклов промывки чистого фильтроэлемента, после 100–150 циклов промывки число застрявших в сетке частиц более-менее стабилизируется на некоторое время. При малых количествах застрявшие в сетке частицы не создают сколько-нибудь заметных изменений в работе фильтра, при больших (более 70% засорения площади чистой сетки) – загрязнения создают дополнительное сопротивление потоку жидкости и увеличивают общие потери давления на фильтре.

В случае наступления критического засорения фильтроэлемента для восстановления исходной прозрачности сетки требуется ее очистка ручным способом или установка нового фильтроэлемента. Как правило, эти операции требуют остановки фильтра и отключения его от водовода. Знание периода критического засорения фильтроэлемента позволяет с одной стороны эксплуатационникам планировать ТО и ППР с учетом необходимости остановки фильтра, а проектантам фильтров – назначать площадь фильтровальной сетки из условия максимально возможного в конкретных условиях периода между ТО фильтров.

Исходя из приведенных соображений, определение периода критического засорения фильтроэлемента сводится к установлению периода времени от начала работы ЭС в режиме „фильтрация-промывка“ через чистую сетку, после которого перепад давления на сетке непосредственно после регенерации фильтроэлемента достигнет критического значения. Это достигается периодическими замерами перепада давления на фильтроэлементе непосредственно после его регенерации и сопоставлением полученного значения со значением принятого критического перепада давления.

Для этого в ЭФ устанавливают фильтроэлемент с заданной крупностью ячеек и настраивают, по изложенной выше методике, определенные расходы фильтруемого и промывочного потоков. С определенной периодичностью производят промывку фильтроэлемента, непосредственно после ее окончания замеряют перепад давления на фильтроэлементе

и сравнивают полученное значение со значением принятого критического перепада давления для конкретных условий проведения экспериментов. При совпадении или превышении замеренного перепада критического эксперименты останавливают, а период от начала исследований до их окончания составит периода критического засорения фильтроэлемента.

Таким образом, обоснованы подлежащие экспериментальному исследованию гидравлические и конструктивные параметры автоматизированных фильтров тонкой (с рейтингом фильтрации менее 250 мкм) очистки с сетчатым фильтроэлементом. Предложены и аргументировано обоснованы критерии оценки влияния скоростей фильтруемого и промывочного потоков на конструктивные и технологические параметры фильтров. Разработана методика их экспериментального определения при помощи фильтровального экспресс-стенда для конкретных условий будущей эксплуатации фильтров.

#### Список литературы

1. Кухарь В.Ю., Кузьминский В.П. О необходимости исследования гидравлических режимов работы фильтров технической воды // НВ НГУ України.– 2009. – №12. – С. 46–50.
2. Пупков В.С., Иванова Е.О. Анализ остаточных загрязнений сетчатых фильтров // Сб. научн. тр. ДГМИ (ДонГТУ) – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – Вып. 19 – С. 302–308.

Наведено цілі експериментальних досліджень процесів фільтрації та регенерації фільтроелементів у реальних умовах експлуатації фільтра технічної води. Описано налаштування й тарифовка експериментального стенду для дослідження фільтрації. Із умови забезпе-

чення регенерації фільтроелемента із заданою частотою, запропоновано визначити раціональну швидкість фільтраційного потоку. Період критичного засмічування фільтроелемента запропоновано визначити як час від початку роботи чистого фільтроелемента в режимі „фільтрація-регенерація“ до моменту, після якого перепад тиску на фільтроелементі безпосередньо після його регенерації досягне критичного значення. На підставі запропонованих критеріїв розроблена методика визначення гідравлічних параметрів роботи фільтрів та їх сітчастих фільтроелементів з малими комірками.

**Ключові слова:** *регенерація, фільтрація, фільтроелемент, гідравлічні параметри, критерії*

Objectives of experimental investigation of process water filtration and regeneration of filter elements in actual external environment have been defined. Adjustment and calibration of experimental test bench for filtration investigations have been described. It has been suggested to determine rational speed of seepage in terms of filtering elements regeneration supply under the pre-set frequency. It has been suggested to determine the period of the filtering elements extreme bridging as the period between the moment when clean filtration element starts operating in “filtration–regeneration” regime and the one when filtrating element pressure fall reaches its critical value. It has been developed the method of determination of hydraulic parameters of filter operation on the basis of the suggested criteria.

**Keywords:** *regeneration, filtration, hydraulic parameters, criteria*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 01.03.10*

УДК 621.515.004.82: 621.57

© Самуся В.И., Оксень Ю.И., Радюк М.В., 2010

В.И. Самуся, Ю.И. Оксень, М.В. Радюк

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОНАСОСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ВОЗДУШНЫХ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ\*

V.I. Samusia, Yu.I. Oksen, M.V. Radiuk

### ASSESSMENT OF HEAT PUMP TECHNOLOGY OF AIR TURBOCOMPRESSOR WASTE HEAT UTILIZATION\*

Выполнено исследование эффективности теплонасосной технологии утилизации тепла воздушных турбокомпрессоров при различных температурах охлаждающей воды, с учетом действия трехзонного временного тарифа оплаты за электроэнергию. Установлено, что применение теплового насоса для утилизации тепла сжатого воздуха позволяет почти в два раза снизить стоимость его выработки, которая уменьшается при увеличении температуры охлаждающей воды.

**Ключевые слова:** *тепловой насос, воздушный турбокомпрессор, утилизация тепла, горячее водоснабжение, трехзонный временной тариф оплаты за электроэнергию*

**Постановка проблемы.** В связи с истощением запасов топливных ресурсов и продолжающимся

загрязнением окружающей среды все большую актуальность приобретают энергосберегающие технологии

\*Данная работа выполнена при поддержке Фонда гражданских исследований и развития США (CRDF), грант № USB1 – 021 – DP – 07.