

УДК66.067

Н.А. Скляров, канд. техн. наук, доцент
М.Н. Шафоростова, канд. техн. наук, доцент
Е.М. Матлак, канд. техн. наук, доцент
О.А. Лихацкая

Донецкий национальный технический университет
Тел./Факс: (062) 3078049, E-mail: gztl@fimm.donntu.donetsk.ua

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА

В статье представлена конструкция фильтрующего устройства гравитационного типа, изложены принцип работы и методика определения основных ее параметров, приведены результаты приемочных испытаний.

Ключевые слова: фильтрующее устройство, параметры, гравитационный, кварцевые и пиритные частицы, ламинарный и турбулентный поток.

Введение

В последние годы в гидроузлах и транспортных машинах с целью повышения безопасности и снижения затрат на эксплуатацию в качестве рабочей жидкости применяются водомасляная эмульсия с присадкой АКВОЛ-3.

Загрязнение рабочей жидкости кварцевыми и пиритными частицами с микротвердостью 8,5 - 10 кН/мм² приводит к интенсивному абразивному износу поверхностей трения деталей гидроузлов. Средняя загрязненность жидкости частицами крупнее 0,1 мм составляет 0,212% в массовом соотношении. У более половины их размеры выше 1 мм. В диапазоне 0,1 - 2 мм содержание кварцевых частиц 13%, пиритных 5%. Среднее количество кварцевых и пиритных частиц на одну гидростойку шахтной механизированной крепи 1М88 составляет соответственно 26,91 и 4,9 тыс. штук [1].

Проблемой очистки жидкости от загрязняющих примесей занимались многие ученые и специалисты, такие как Белянин П.Н., Ильинский А.А., Коновалов В.М., Преображенский В.А., Черненко Ж.С. [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Для очистки рабочей жидкости разработаны жидкостные фильтры (тонкость фильтрации 80 мкм), пластинчатые (тонкость фильтрации 200 мкм), магнитосетчатые (тонкость фильтрации магнитных частиц 5...10 мкм, не магнитных 60...80 мкм) и другие.

Указанные фильтры не приемлемы для горных и транспортных машин, так как их интенсивное загрязнение требует ежесменной (РО - 1), ежесуточной (РО - 2) и ежемесячной (ремонтное обслуживание РО) очистки или замены фильтроэлементов.

Наиболее простыми и эффективными фильтрующими устройствами являются фильтры гравитационного типа, в которых используется метод улавливания и отстаивания загрязняющих примесей.

Недостатком этих фильтров является необходимость применения больших по площади поверхностей осаждения.

Целью исследований является разработка метода очистки рабочей жидкости с использованием наиболее простой по конструкции и эффективного фильтрующего устройства с высоким значением коэффициента фильтрации.

Постановка задачи

В настоящей работе решаются следующие задачи:

- анализ видов эксплуатационной повреждаемости поверхности деталей гидроузлов;
- исследование состава, твердости и источника загрязняющих примесей рабочей жидкости гидросистем шахтных угледобывающих комплексов;
- разработка конструкции фильтрующего устройства гравитационного типа;
- разработка методики определения основных параметров фильтрующего устройства;
- разработка методики приемочных испытаний и обработка результатов.

Изложение материала и результаты

Известна идея увеличения поверхности осаждения путем применения наклонных металлических пластин, называемых «ламеллами» [2].

Разработанное нами фильтрующее устройство гравитационного типа предназначено для очистки рабочей жидкости горных и транспортных машин от абразивных твердых частиц кварца, пирита и угля.

Основной частью фильтрующего устройства (рис. 1) является блок-распределитель 1, представляющий собой вертикальную колонку из наклонно расположенных пластин 2 прямоугольной формы. Образованные таким образом параллельно наклонные каналы (ячейки) 3, имеющие по отношению к горизонту угол 60 градусов, является рабочей зоной разделения жидкости и загрязняющих примесей.

Исходная загрязненная рабочая жидкость поступает в блок 1 с боковой стороны через канал 4 вблизи нижнего края пластин 2. Выход осветленной среды производится через щели у верхней части пластин 2 в общий сливной канал 5, из которого жидкость поступает на слив. Решетка 6 служит для формирования ламинарного потока в каналах 3.

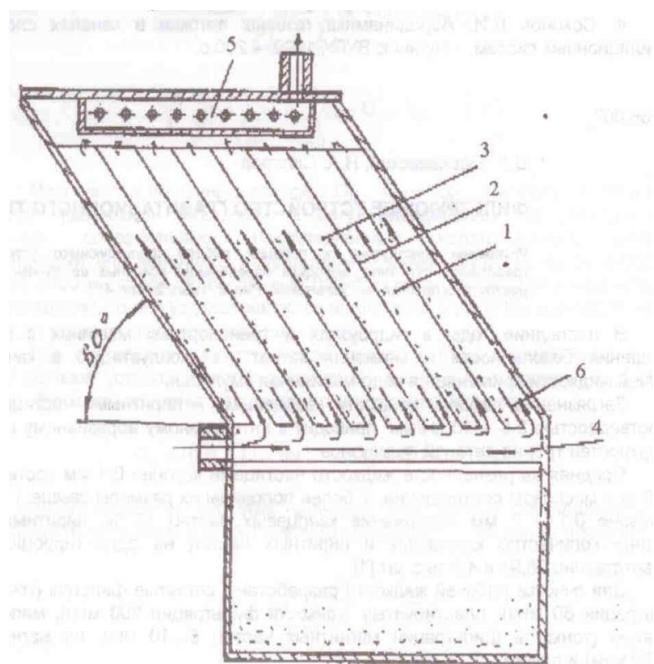


Рис. 1. Схема фильтрующего устройства гравитационного типа

Работа фильтрующего устройства осуществляется следующим образом. Исходная жидкость поступает в каналы 3 между пластинами 2 и движется по этому каналу вверх за счет разности давлений на входе и выходе блока 1. Скорость истечения жидкости между пластинами 2...20 мм/с. Режим движения жидкости близок к ламинарному. Скорость потока жидкости выбирается таким образом, чтобы частицы выбранной граничной крупности за время своего пути вверх по наклонному каналу успели за счет своей скорости осаждения преодолеть расстояние по высоте между пластинами и попасть в поток сгущенного продукта, который возникает на каждой пластине за счет ее наклона к горизонту.

Для расчета фильтрующего устройства разработана методика с учетом рекомендаций, приведенных в [2, 3]. При расчете устройств для фильтрации в качестве исходных данных принимаются: производительность устройства и необходимая степень очистки, которая может быть выражена через гидравлическую крупность частиц или процентную скорость осаждения взвеси, улавливаемой в устройстве для фильтрации [2]. Скорости осаждения частиц кварца представлены в табл. 1 [4].

Таблица 1. Скорости осаждения частиц кварца в воде

Средний размер частиц, мм	Скорость осаждения, мм/с
1,04	94,5
0,51	52,7
0,112	7,14
0,063	2,52
0,05	1,78
0,042	1,26
0,02	0,31

В устройстве для фильтрации основным рабочим элементом является наклонная ячейка (рис.2)

На рис.2, а, б, в представлена схема и параметры наклонной ячейки 1. Причем на рис.2, б, в показаны разрезы ячейки в месте установки решетки 2. Вход потока в ячейку осуществляется через спрямляющую часть 3 решетки 2 (рис.2, в).

Перед спрямляющей частью 3 поток турбулентный. В решетке 2 происходит формирование ламинарного потока (переходная зона), в рабочей части ячейки 1 после решетки 2 поток ламинарный при числах Рейнольдса $Re \leq Re_{kp}$.

Чтобы осевшие на пластину 4 ячейки 1 частицы не попадали в поток распределительного канала 5 (рис.2, а), решетка 2 имеет защитную часть 6 (рис.2, б, в).

Производительность наклонной ячейки (q , м³/ч) рассчитывается по формуле:

$$q = 36F_oV_k, \quad (1)$$

где F_o - сечение потока в рабочей части наклонной ячейки, м²;

V_k - скорость потока жидкости в конце рабочей части ячейки, см/с.

Сечение потока F_o определяется следующим образом:

$$F_o = bh \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

где b - ширина ячейки, см;

h - высота ячейки, см.

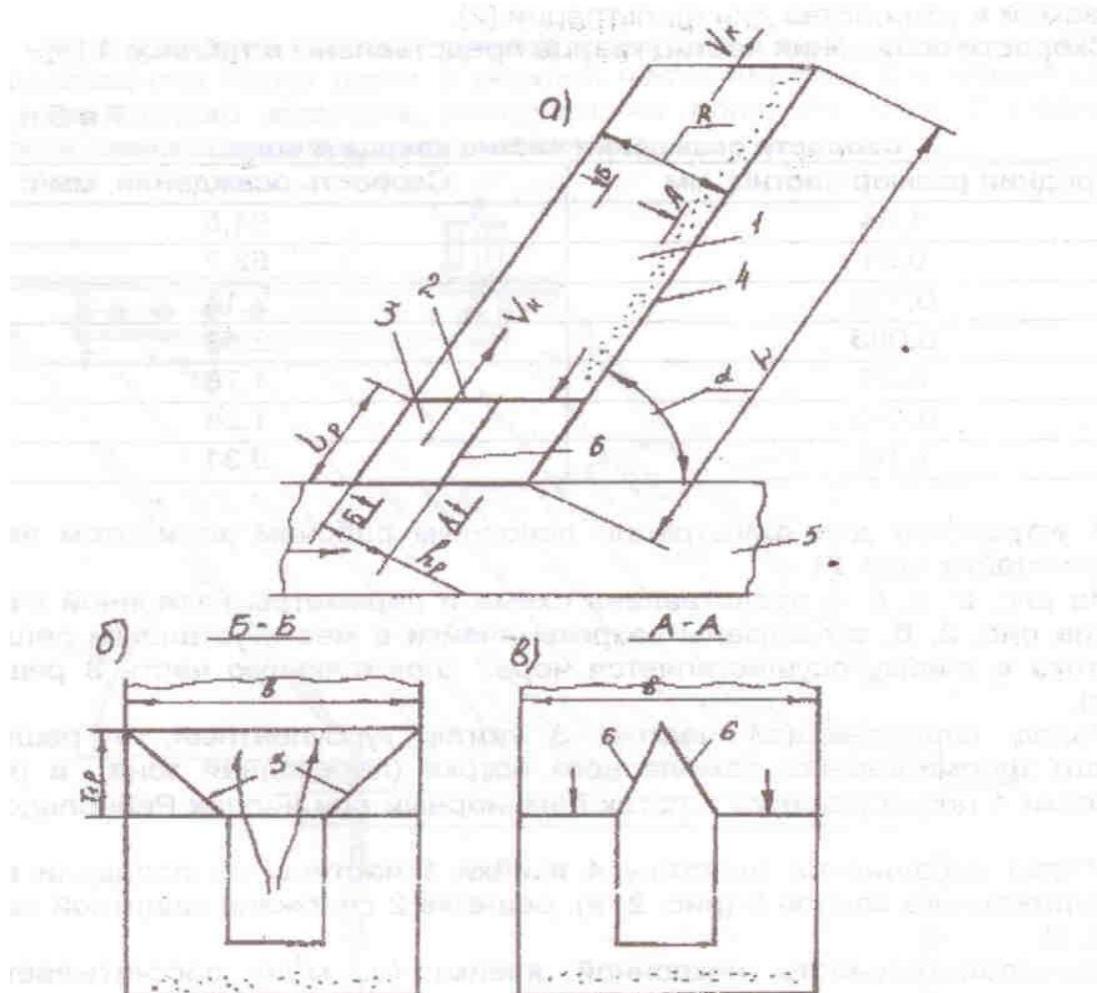


Рис. 2. Наклонная ячейка:
а) скорости движения частиц; б, в) параметры ячейки

Высоту ячейки рекомендуется принимать на основании работы [2]

$$h = 1 \dots 2 \text{ см.}$$

Скорость потока в конце рабочей части ячейки (V_k , см/с):

$$V_k = C V_{cp}, \quad (3)$$

где V_{cp} - средняя скорость потока в рабочей части ячейки, см/с;

C - коэффициент, учитывающий изменение скорости потока по длине ячейки;

$$C = \frac{2}{1 + \frac{V_H}{V_k}} = \frac{2}{1 + \frac{h}{h_p}}, \quad (4)$$

где V_H - начальная скорость потока, равная скорости потока в решетке, см/с;
 h_p - высота решетки, равная 0,5...0,6 см.

Средняя скорость в зависимости от скорости осаждения взвеси и конструктивных параметров рабочей части ячейки определяется по формуле:

$$V_{cp} = \left(1 + \frac{h}{L} \operatorname{tg} \alpha\right) \frac{L \cos \alpha}{h} V_o, \quad (5)$$

где L - рабочая длина ячейки, см;

α - угол наклона ячейки, град;

V_o - скорость осаждения частиц или гидравлическая крупность улавливаемых частиц в фильтрующем устройстве, см/с.

Для практических расчетов при $h/L \leq 0,01$ значение V_{cp} можно определить из выражения [2]

$$V_{cp} = \frac{L \cos \alpha}{h} V_o. \quad (6)$$

Скорость осаждения частиц принимается в зависимости от необходимой степени очистки жидкости. При заданной скорости осаждения частиц и принятых конструктивных параметрах ячейки L , B , h , h_p , c и α производительность ячейки q определяется по формуле [2]

$$q = \frac{7210^{-4} B h L \cos \alpha}{(1 + h/h_p)} V_o. \quad (7)$$

Количество ячеек (n) при производительности фильтрующего устройства (q) определяется как

$$n = \frac{Q}{q}. \quad (8)$$

Рабочая площадь фильтрующего устройства по сечению потока

$$F = n F_o. \quad (9)$$

Минимальная длина решетки (L_{min} , см) (переходная зона) равна:

$$\begin{aligned} L_{min} &= k h_p R_e; \\ R_e &= \frac{V_p h_p}{\gamma}, \end{aligned} \quad (10)$$

где R_e - число Рейнольдса;

k - коэффициент, учитывающий конструкцию решетки, равен 0,06;

γ - кинематический коэффициент вязкости, см²/с.

Сечение отверстий в общем сливном канале 5 (рис. 1) рассчитывается из условий истечения жидкости через отверстия в тонкой стенке:

$$f = \frac{Q}{z\mu\sqrt{2gh_e}}, \quad (11)$$

где f - площадь одного отверстия, м^2 ;

Q - производительность фильтрующего устройства, $\text{м}^3/\text{с}$;

μ - коэффициент расхода;

h_e - уровень жидкости над центром отверстия (5 - 10 см);

g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Количество отверстий в каналах следует принимать в 2...2,5 раза больше количества рабочих ячеек.

Опытный образец фильтрующего устройства гравитационного типа был изготовлен на Горловском рудоремонтном заводе ОАО «Донбассуглеремонт» по ТУ 12 УССР 24111 - 87 и подвергнут приемочным испытаниям по специальной методике и программе.

В качестве исследуемой жидкости была использована водомасляная эмульсия - 3% раствор присадки АКВОЛ-3. В качестве загрязнителя - «маршолит» с дисперсностью 5...50 мкм. Испытания производились с использованием насосной станции СНУ-6. Рабочая жидкость замешивалась в отдельном баке емкостью 700 литров до содержания примеси 0,1685%.

Были отобраны пробы в количестве 1 л каждая: первая - загрязненная жидкость до фильтрации; вторая - очищенная жидкость через 3 минуты работы фильтрующего устройства; третья - очищенная жидкость через 10 минут работы фильтрующего устройства.

Анализ проб, проведенный в лаборатории ДонСНУ «Теплоэнергоавтоматика» (г.Донецк), показал следующие результаты (табл. 2)

Таблица 2. Результаты анализа проб

Номер пробы	Процент загрязнения	Коэффициент фильтрации
1-я	0,1685	-
2-я	0,0356	4,733
3-я	0,0219	7,694

Выводы

Предложенная методика определения параметров была использована при изготовлении опытного образца.

Шахтные приемочные испытания подтвердили работоспособность фильтрующего устройства и достаточный коэффициент фильтрации жидкости (за 7 минут работы фильтрующего устройства коэффициент фильтрации изменился с 4,733 до 7,694). Фильтрующее устройство рекомендовано для промышленного

использования. Опытный образец фильтрующего устройства был передан ТЭК «Донецкуголь» для использования по назначению.

Фильтрующее устройство может быть также использовано для населения при очистке водопроводной воды от механических примесей.

Список литературы:

1. Семик П.Е., Скляров Н.А., Панчеха Ю.С. Пути увеличения долговечности стоек крепи 1М-88. - К.: Уголь Украины, 1984, №7. – С. 24-25. ISSN 0041-5804.
2. Казимиренко Н.В. К вопросу теоретического обоснования конструкций малогабаритных наклонных отстойников. - Научн. труды (Пермский НИИ угольный институт). Вып. XV1. - М.:1983.
3. Тарг С.М. Основные задачи теории ламинарного трения. - М.: Издательство технической и теоретической литературы, 1951. – 420 с.
4. Полькин С.И., Адамов Э.В. Обогащение руд цветных и редких металлов. - М.:Недра, 1975. – 132 с.
5. Скляров Н.А. и др. Исследование и выбор параметров фильтра типа «Зигзаг» для очистки рабочей жидкости горных машин. - Донецк: ДонНТУ, Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірниче-електромеханічна». Вип. 101, 2005. – С. 122 – 132. ISSN 2073-7920.
6. Белянин П.Н., Черненко Ж.С. Авиационные фильтры и очистители гидравлических систем. - М.: Машиностроение, 1964. – 296 с.
7. Белянин П.Н. Центробежная очистка рабочих жидкостей авиационных гидросистем. - М.: Машиностроение, 1976. – 328 с.
8. Коваленко В.П., Ильинский А.А. Основы техники очистки жидкости от механических загрязнений. - М.: Химия, 1982. – 272 с.
9. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 318 с.
10. Преображенский А.А. Исследование системы фильтрации рабочей жидкости гидропривода механизированной крепи. Автореф. дисс. канд.техн.наук. - Тула, 1975. – 15с.
11. Скобеев И.К. Фильтрующие материалы. - М.: Недра, 1978. – 200 с.

Надійшла до редколегії 25.12.2014.

N. Sklyarov, M. Chaforostov , E. Matlak, O. Lichatskaya

SELECTION AND JUSTIFICATION OF THE FILTER PARAMETERS DEVICE GRAVITY

Show the structure of the filtering device gravity, described the principle and method of determination of its basic parameters, the results of acceptance tests.

Keywords: a filtering device parameters, gravity, quartz and pyrite particles, laminar and turbulent flow

М.А. Скляров, М.М. Шафоростова, Є.С. Матлак, О.А. Лихацька

ВИБІР І ОБГРУТОВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФІЛЬТРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ГРАВІТАЦІЙНОГО ТИПУ

Представлено конструкцію фільтруючого пристрою гравітаційного типу, викладено принцип роботи та методика визначення основних її параметрів, наведено результати приймальних випробувань.

Ключові слова: фільтруючий пристрій, параметри, гравітаційний, кварцові і піритні частинки, ламінарний і турбулентний потік.