

**В.А. СПИНЕЕВ**

(Україна, Луганськ, ГП "Укрніиуглеобогашення"),

**Н.А. СПИНЕЕВА**

(Україна, Луганськ, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ФИЛЬТРАТА

Необходимость определения пропускной способности трубопроводов фильтрата дисковых вакуум-фильтров возникает, например, при увеличении нагрузки на фильтры, изменении характеристик питания, режимов фильтрования или при появлении участков трубопроводов, в которых износ от трения привел к потере герметичности и к необходимости замены отдельных участков.

Пропускная способность трубопровода зависит от его конструкции и от условий на входе и выходе. На вход в трубопровод поступает фильтрат, прошедший через слой осадка и фильтровальную перегородку. В настоящее время из-за снижения крупности частиц твердого, поступающих на флотацию, питание флотации принимают разбавленным, что снижает содержание твердого и в питании фильтров. При разбавленном и мелкозернистом материале фильтровальные диски не полностью покрыты слоем осадка, и он оказывается слишком тонким. Это приводит к снижению вакуума в вакуумной системе фильтрата.

Производительность вакуум-фильтра по фильтрату определяется по [1] из зависимости скорости фильтрования  $v$  (м/с) от перепада давления  $\Delta P$  (Па) и гидравлического сопротивления  $R$  (м<sup>-1</sup>) по формуле:

$$v = \frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{oc} + R_{ф.н.})}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем фильтрата, м<sup>3</sup>;  $S$  – площадь фильтрования, м<sup>2</sup>;  $t$  – время фильтрования, с;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости гидросмеси, Па·с;  $R_{oc}$  и  $R_{ф.н.}$  – гидравлическое сопротивление осадка и фильтровальной перегородки, соответственно, м<sup>-1</sup>.

При фильтровании угольных суспензий сопротивлением фильтровальной перегородки пренебрегают, ввиду его малой величины.

После известных подстановок, разделяя переменные и интегрируя, получим значения объемов фильтрата  $V_1$  и  $V_2$  в произвольные моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ :

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 \cdot a \cdot S \cdot (t_2 - t_1), \quad (2)$$

где коэффициент  $a$  определяется по формуле:

$$a = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0} \cdot \frac{S}{x_0}, \quad (3)$$

где  $r_0 = R_0/h$  – удельное сопротивление осадка,  $\text{м}^{-2}$ ;  $h$  – толщина осадка,  $\text{м}$ ;  $x_0 = V_{oc}/V$  – объемное соотношение твердой и жидкой фаз в фильтруемой суспензии.

Уравнение (2) представляет динамику процесса фильтрования, из которого может определяться неизвестное значение удельного сопротивления. Подставив в уравнение (2) начальные значения:  $t_1 = 0$  и  $V_1 = 0$ , получим известное выражение производительности вакуум-фильтра по фильтрату  $P$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), равной произведению объема фильтрата  $V$  ( $\text{м}^3$ ) за период цикла фильтрования на количество циклов  $n$  (1/сек):

$$P = V \cdot n = S \cdot v = S \cdot n \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot t}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}}. \quad (4)$$

Пропускная способность элементов конструкции фильтра начинается с проверки пропускной способности секторов дисков и каналов ячейкового вала.

Рассмотрим освобождение от фильтрата сектора дискового вакуум-фильтра высотой  $H$  ( $\text{м}$ ) с площадью  $F$  ( $\text{м}^2$ ). За незначительно малый промежуток времени  $dt$  уменьшение объема фильтрата в секторе составит:

$$dV = V_1 - V_2 = F_1 \cdot H_1 - F_2 \cdot H_2 = 2 \cdot b \cdot \text{tg} \alpha \cdot H \cdot dH, \quad (5)$$

где  $b = 0,04$  – толщина сектора,  $\text{м}$ ;  $\alpha = 15^\circ$  – половина угла при вершине треугольника вблизи выпускного патрубка сектора.

С другой стороны, объем  $dV$  определяется как:

$$dV = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot \sin \varphi} \cdot dt, \quad (6)$$

где  $\mu = 0,6$  – коэффициент расхода, [2];  $f = \pi \cdot d^2/4 = 0,00126$ ,  $\text{м}^2$  – площадь поперечного сечения отверстия патрубка;  $\varphi$  – угол поворота сектора из-за вращения ячейкового вала фильтра, рад.

Следует отметить, что в выражении (6) высота  $H$  изменяется из-за вращения сектора, поэтому под корнем необходимо добавить множитель  $\sin \varphi$  или  $\sin(2 \cdot \pi \cdot n \cdot t)$ , где  $\varphi$  – угол поворота сектора во время просушки. Но так как такое уравнение для произвольного значения  $\varphi$  аналитически не решается, заменим последний множитель его интегральным средним: для угла просушки  $\varphi = 150^\circ$  интегральное среднее значение равно:

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

$$\sin \varphi = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin \varphi}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{1 - \cos \varphi_2}{\varphi_2} = 0,713,$$

где  $\varphi_1 = 0$  – угол начала просушки, рад;  $\varphi_2 = 2 \cdot \pi \cdot 150^\circ / 360^\circ = 2,617 \text{ рад}$  – угол окончания просушки.

Приравняв выражения (5) и (6), разделив переменные и взяв определенный интеграл от обеих частей уравнения, получим:

$$t_2 - t_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\mu \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \sin \varphi}} \cdot \left( H_1^{3/2} - H_2^{3/2} \right), \quad (7)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – произвольные моменты времени освобождения фильтрата, с;  $H_1$  и  $H_2$  – соответствующие значения высоты уровня фильтрата в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ . Приняв начальные условия:  $t_1 = 0$ ,  $H_2 = 0$ ,  $H_1 = 0,894$  м, с учетом максимального (80%-ного) заполнения сектора, и подставив остальные числовые значения, получим, что время полного освобождения сектора от фильтрата составит 4,3 секунды, что меньше минимально возможного времени просушки, равного – 18 сек. Следовательно, за время просушки фильтрат при исправной работе фильтра полностью освобождает сектор.

Проверим, какое количество фильтрата останется в каналах ячейкового вала фильтра по окончании времени просушки. Повторив преобразования (5...7) для случая ячейкового вала, получим, что высота  $h$  (м) потока фильтрата составит:

$$h = \left( \frac{t}{c} + \frac{1}{\sqrt{h_1}} \right)^{-2}, \quad (8)$$

где  $h_1 = 0,14$  м – высота канала ячейки вала;  $t = 18$  с – время просушки при вращении вала фильтра с максимальной скоростью;  $c = 4 \cdot L / \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} = 4 \cdot 1,8 / 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} = 2,71$ , где  $L = 1,8$  м – максимальная длина канала ячейкового вала. Тогда через время равное 18 секунд в канале останется поток фильтрата равный высоте 12 мм, или объемом 1 дм<sup>3</sup>. В этот же канал поступает фильтрат еще трех секторов с остаточными объемами равными 0,75, 0,5 и 0,25 дм<sup>3</sup>. Этот фильтрат может возвращаться во время отдувки в сектора и увлажнять осадок. В институте имеются разработки, устраняющие данный недостаток.

В 2009 году институтом проводилась работа по договору с ЦОФ "Дзержинская" по интенсификации процесса фильтрования и определению пропускной способности трубопроводов вакуумной системы фильтровального отделения для условий предполагаемого увеличения нагрузки. При этом учитывалась возможная замена изношенных участков труб на имеющиеся в наличии на фаб-

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

рике труби діаметром 0,15 м.

Особенністю питания фільтров был относительно високий виход класу 0-63 мкм (несколько более 60%) при низком содержании твердого 215...225 г/л и низкая средневзвешенная крупность частиц твердого – 80 мкм. Такие характеристики питания обуславливают трудную фильтруемость и низкую удельную производительность фильтров: на углях марки Г – 0,024 т/(ч·м<sup>2</sup>), на углях марки Ж – 0,11 т/(ч·м<sup>2</sup>) при норме для данных условий 0,1 и 0,22 т/(ч·м<sup>2</sup>), соответственно.

Необходимо отметить, что при равномерной подаче сгущенного фильтрата со средневзвешенной крупностью 0,25 мм в питание фильтров можно увеличить средневзвешенную крупность частиц твердого и улучшить эффективность фильтрования. Для этого достаточно заменить периодически работающий насос ШН-250 подачи сгущенного фильтрата на непрерывно работающий, например, винтовой насос меньшей производительности.

Во втором этапе работы проведено обследование вакуумных систем трубопроводов фильтрата. Для этого были проведены по каждому трубопроводу замеры длин прямолинейных отрезков труб, перепады высот в начале и в конце каждого отрезка, диаметры и углы наклона труб к горизонтальной плоскости. Измерены также параметры колен, соединяющих отрезки труб: угол поворота колена, наличие или отсутствие скруглений, диаметр трубопровода, из которого изготовлено колено. Определены также углы входа потоков, образующие тройники в местах соединения потоков фильтрата.

По результатам обследования было установлено, что количество засасываемого вакуум-насосами воздуха не имеет необходимого резерва, так как по норме необходимо 0,7...1,0 м<sup>3</sup>/(мин·м<sup>2</sup>) воздуха, то есть для нормальной работы двух вакуум-фильтров "Украина-80" необходимо один вакуум-насос ВВН-50 на зону фильтрования и по одному вакуум-насосу на зону просушки каждого вакуум-фильтра, [3]. По разным оценкам на один вакуум-фильтр должен быть обеспечен вакуумный ресивер емкостью 0,05 м<sup>3</sup> из расчета на 1 м<sup>3</sup>/мин или 2,5 м<sup>3</sup> на 50 м<sup>3</sup>/мин отводимого воздуха. Из шести фильтров для пяти из них ресиверы имеют достаточные емкости, в одном – №4, ресивер имел недостаточный объем – 0,6 м<sup>3</sup>; было рекомендовано перекоммутировать трубопроводы фильтра №4 на другой, имеющийся в наличии ресивер необходимой емкости.

Трубопроводы фильтрата вакуум-фильтров относятся к сложным трубопроводам, образующимся в результате разветвлений. Разветвления идут от гидрозатвора к ресиверам (в случае трубопроводов вакуум-фильтров №№5 и 6) и от ресивера к вакуум-фильтрам (в случае трубопроводов вакуум-фильтров №№1...3). Далее трубопроводы разветвляются к левой и правой распределительным головкам фильтров, затем в фильтрах №№1...4 трубопроводы разветвляются на линии фильтрации и просушки, а в трубопроводах распределительных головок вакуум-фильтра №1 дополнительно к этому предусмотрено разветвление для просушки с отдельным вакуумом.

Так как для каждой из ветвей в месте разветвления давление одно и то же, то и потери напора от фильтровальной перегородки до места разветвления оди-

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

наковы. Следовательно, достаточно выполнить расчет трубопровода на участках: от гидрозатвора до ресивера и от ресивера до фильтровальной перегородки по одному из разветвлений, чтобы определить пропускную способность трубопровода в целом.

Из зон фильтрования и просушки по одному трубопроводу от распределительных головок вакуум-фильтра до ресивера отводится фильтрат и воздух. Расчет пропускной способности на таких участках должен обеспечить такой диаметр трубопровода, который при существующих остальных параметрах, например, длине, перепаде высот и других пропустил бы требуемое количество фильтрата и воздуха. Определение площади сечения трубопровода проводится отдельно для каждого потока (фильтрата и воздуха) с последующим их суммированием.

На участках трубопроводов от ресивера до гидрозатвора необходимо обеспечить пропускную способность только фильтрата.

В основе расчета пропускной способности фильтрата используется уравнение Бернулли и формулы, определяющие потери напора по длине на прямолинейных участках труб и потери в местных сопротивлениях.

Выбрав для трубопровода фильтрата в качестве пар расчетных сечений, [4]: сечение трубопровода на уровне фильтровальной перегородки (1-1), сечение вблизи ресивера (2-2) и сечение на уровне свободной поверхности гидрозатвора (3-3) и приняв в этих сечениях скорости движения фильтрата и вакуум одинаковыми, получим уравнение Бернулли в упрощенном виде:

$$H = \sum_{i=1}^n h_{Ди} + \sum_{j=1}^m h_{Мj}, \quad (9)$$

где  $H$  – действующий напор фильтрата равный перепаду высот в начале и в конце трубопровода, м;  $n$  – количество прямолинейных отрезков труб постоянного диаметра, на каждом ( $i$ ) из которых потеря напора по длине составляет  $h_{Ди}$ ;  $m$  – количество местных сопротивлений, на каждом ( $j$ ) из которых потеря напора равна  $h_{Мj}$ .

Потери напора по длине и в местных сопротивлениях выражают по формулам Дарси и Борда:

$$h_{Ди} = \lambda \cdot \frac{l_i}{d_i} \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g}; \quad h_{Мj} = \zeta \cdot \frac{v_j^2}{2 \cdot g}, \quad (10)$$

где  $\lambda_i$  и  $\zeta_j$  – эмпирические безразмерные коэффициенты  $i$  – того сопротивления по длине и  $j$  – того местного сопротивления, которые зависят от режима движения гидросмеси (числа Рейнольдса), диаметра трубопровода, относительной шероховатости поверхности трубы и определяются из справочника [2];  $l_i$ ,  $d_i$  и  $v_i$  – длина (м), диаметр (м) и средняя скорость (м/с)  $i$  – того прямолинейного участка;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $v_j$  – средняя скорость в сечении, расположенном ниже по течению за данным местным сопротивлением, м/с.

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

Для случая воздуха  $\lambda$  определяется, например, по формуле из [5]:

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{d_g}, \quad (11)$$

Для случая фильтра зависимость  $\lambda$  от  $d_\phi$  определялась по таблицам из [2].

Сопrotивление каждого участка трубопровода вычислют по сумме потерь по длине и потерь на эквивалентных длинах в местных сопrotивлениях. Поэтому, вместо коэффициентов местных сопrotивлений  $\zeta$  колен трубопроводов с различными углами изменения направления потока определялись их эквивалентные длины по [2]. Действующий напор фильтра, выраженный через исходные данные: объемный выход фильтра в разветвлениях трубопровода, длину и диаметр прямолинейных отрезков, полученный из уравнений (9 и 10), примет вид:

$$H = \sum_{k=1}^r \frac{8 \cdot P_k^2}{g \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{ik} \cdot l_{ik}}{d_{ik}^5} + \frac{\sum_{j=1}^m \zeta_{jk}}{d_{jk}^4} \right), \quad (12)$$

где  $P_k$  – объемный выход фильтра в  $k$  – той ветви разветвления трубопровода, м/с;  $\lambda_{ik}$ ,  $l_{ik}$  и  $d_{ik}$  – коэффициент сопrotивления по длине, длина и диаметр  $i$  – того прямолинейного участка  $k$  – той ветви разветвленного трубопровода;  $\zeta_{jk}$ ,  $d_{jk}$  – коэффициент и диаметр  $j$  – того местного сопrotивления  $k$  – той ветви разветвленного трубопровода.

Для определения зависимости пропускной способности  $P$  (м<sup>3</sup>/с) трубопровода от его диаметра  $d$  и действующего напора  $H$  необходимо выразить в формуле (12) величины  $P_k$  через величину  $P$  и, аналогично,  $d_{ik}$  через один из диаметров  $d$ .

После подстановок:

$$P_k = P \cdot a_k^{0,5}; \quad d_{ik} = \frac{d}{b_{ik}^{0,2}}; \quad d_{jk} = \frac{d}{c_{jk}^{0,25}}, \quad (13)$$

где  $a_{ik}$ ,  $b_{ik}$ , и  $c_{jk}$  – безразмерные коэффициенты, формула (12) примет окончательный вид:

$$H = \sum_{k=1}^r \frac{8 \cdot P^2 \cdot a_k^{0,5}}{g \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{b_{ik}^{0,2} \sum_{i=1}^n \lambda_{ik} \cdot l_{ik}}{d^5} + \frac{c_{jk}^{0,25} \sum_{j=1}^m \zeta_{jk}}{d^4} \right) \quad (14)$$

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

Зависимости пропускной способности от диаметра и действующего напора по каждому трубопроводу имеют в общем случае вид:

$$P^2 = \frac{\pi^2 \cdot g \cdot H \cdot d^5}{8 \cdot (a^k)^{0,5} \cdot (b_{ik}^{0,2} \cdot l_k^i \cdot \lambda_k^i + d \cdot c_{jk}^{0,5} \cdot \zeta_k^j)}, \quad (15)$$

где по неммым индексам,  $i, j, k$  проводится суммирование, [6].

Например, для вакуум-фильтра №1 в таблице видно, что для участка трубопровода №№1...14 при выходе фильтрата  $P=75$  м<sup>3</sup>/ч и действующем напоре фильтрата  $H_\phi=5,9$  м расчетный диаметр трубопровода составит  $d=0,112$  м, а выражение (15) после предварительных вычислений примет вид:

$$P = \pi \cdot \left[ \frac{2 \cdot g \cdot H}{\frac{33,60}{d^5} + \frac{12,7}{d^4}} \right]^{0,5} \quad (16)$$

Зависимость (16) представлена для фильтра №1 на рисунке в виде графика.

В том случае, когда расчет пропускной способности проводится для участка трубопровода с добавлением воздуха, к площади поперечного сечения фильтрата добавляется площадь необходимая для прохождения воздуха. При этом принимаем ограничение по скорости 50 м/с, соответствующее допустимой скорости воздуха для сетей водокольцевых вакуум-насосов, [5]. Тогда при 50 м<sup>3</sup>/мин отводимого воздуха на один вакуум-фильтр с максимально допустимой скоростью диаметр трубопровода составит 0,146 м. В этом случае уменьшение диаметра трубопровода с 0,2 до 0,15 м является недопустимым, так как такой трубопровод может пропустить только требуемое количество воздуха без фильтрата.

Диаметр участка трубопровода,  $d$  (м), обеспечивающий пропускную способность, не может быть выражен в явном виде из (16), поэтому при известном объемном выходе фильтрата  $P$  (м<sup>3</sup>/с) и действующем напоре  $H$  (м), он определяется численным методом и по графику.

В расчетах сетей разреженного воздуха применяют весовой расход  $G$  (кг/с), так как масса воздуха не зависит от температуры и давления. После преобразований потери напора воздуха на трение по длине на одном прямолинейном отрезке трубопровода и на одном местном сопротивлении примут вид:

$$H_B = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{G^2}{H_{B,cp}} \cdot R \cdot T \cdot \left( \frac{\lambda \cdot L}{d^5} + \frac{\zeta}{d^4} \right), \quad (17)$$

где  $H_B$  – потери напора воздуха, Па;  $G$  – массовый выход фильтрата, кг/с;  $H_{B,cp}$  – среднее давление воздуха на расчетном участке трубопровода, которое принимаем равным 0,065 МПа;  $R$  – газовая постоянная, зависящая только от рода га-

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

за, для воздуха она равна 287,14 Дж/кг·°К, [6];  $T$  – температура воздуха, которую принимаем 293 °К;  $L = l + l_{\text{экв}}$  – сумма длины отрезка трубы и эквивалентной длины прилегающего к ней местного сопротивления, м;

Из формулы (17) находим зависимость пропускной способности  $G$  от диаметра при фиксированном действующем напоре  $H_B$ . Зависимость пропускной способности от диаметра и действующего напора для вакуум-фильтра №1, после предварительных вычислений, имеет вид:

$$G = \left[ \frac{H_B \cdot H_{B.сп}}{68264} \cdot \left( \frac{\lambda \cdot L}{d^5} + \frac{\zeta}{d^4} \right)^{-1} \right]^{0,5}, \quad (18)$$

где  $H_B$  – действующее давление воздуха, принимаемое для нормально работающего вакуум-насоса (при подаче воздуха в количестве 50 м<sup>3</sup>/мин) – 0,07 МПа.

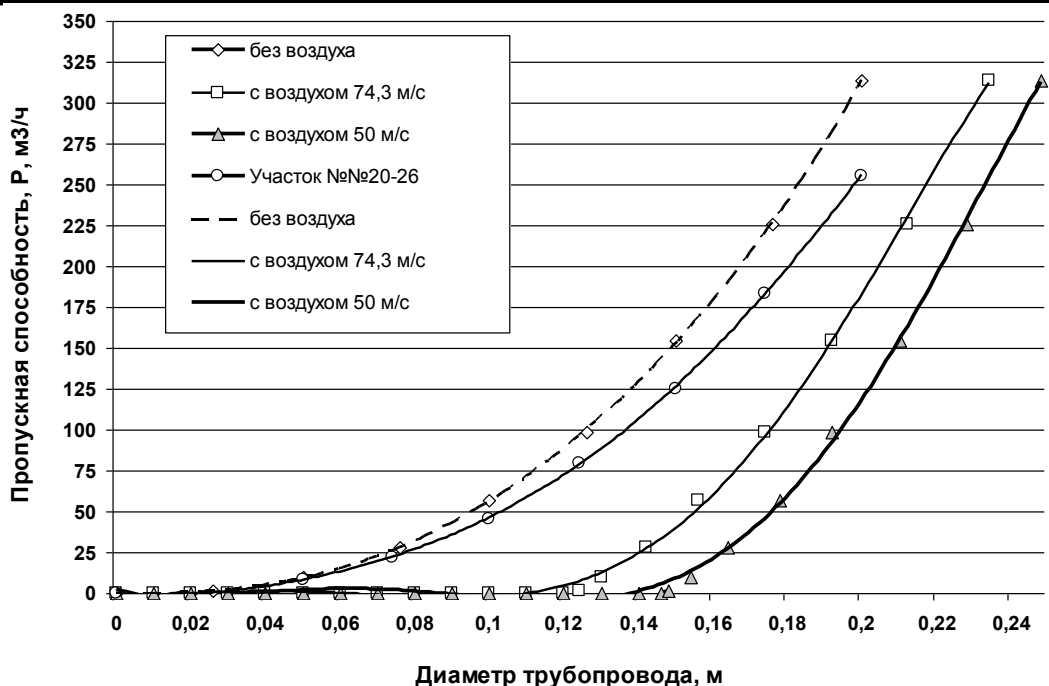
В таблице приведен порядок расчета параметров для получения диаграммы пропускной способности трубопроводов вакуумной системы фильтрата с учетом воздуха для существующего участка с отрезками труб №1...14 от вакуум-фильтра №1 до ресивера.

		Параметры воздуха						Параметры фильтрата		Диаметр трубопровода
Обозначение и размерность	Значение параметра	$d_e$ , м	$\lambda$	$G$ , кг/сек	$P_e$ , м <sup>3</sup> /мин	$v$ , м/сек	$d_{ep}$ , м	$d_{\phi}$ , м	$P_{\phi}$ , м <sup>3</sup> /ч	$\sqrt{d_{ep}^2 + d_{\phi}^2}$ , м
$R$ , Дж/(кг·град)	287,14	0,025	0,0565	0,008	0,6	21,1	0,146	0,025	1,8	0,148
$T$ , градус	293	0,05	0,0345	0,060	4,7	39,6	0,146	0,05	10,1	0,154
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	0,77	0,075	0,0272	0,183	14,2	53,6	0,146	0,075	27,7	0,164
$\zeta$ ,	2,7	0,1	0,0235	0,399	31,0	65,8	0,146	0,1	56,5	0,177
$\Delta P_{\text{вн-50}}$ , Па	70000	0,125	0,0213	0,723	56,1	76,3	0,146	0,125	98,3	0,192
$\Delta P_{cp}$ , Па	65000	0,15	0,0198	1,168	90,7	85,6	0,146	0,15	154,4	0,209
$l + l_{\text{экв}}$ , м	166,6	0,175	0,0188	1,743	135,4	93,8	0,146	0,175	225,7	0,228
		0,2	0,0180	2,455	190,7	101,2	0,146	0,2	313,6	0,248
<b>Расчетные значения:</b>		0,12	0,0217	0,649	<b>50,4</b>	74,3	<b>0,146</b>	<b>0,112</b>	<b>75,1</b>	<b>0,184</b>

Из таблицы видно, что при пропускной способности по воздуху 50 м<sup>3</sup>/мин и по фильтрату – 75 м<sup>3</sup>/ч диаметры трубопровода вакуум-фильтра №1 составляют, соответственно, 0,12 и 0,11 м, что для общей площади сечения трубопровода составит 0,164 м при скорости воздуха 74,3 м/с, а при расчете с ограничением по скорости – 50 м/с – 0,184 м. Поэтому можно сделать вывод, что для вакуум-фильтра №1 на участке трубопровода 7...14, имеющем диаметр 0,2 м, замена этого трубопровода на трубы диаметром 0,15 м является недопустимой. Для данного трубопровода возможна замена отрезков труб с номерами 10...14 трубами диаметром не менее 0,2 м или диаметром 0,15 м в две линии. Диаграмма для определения пропускной способности трубопроводов вакуум-фильтра №1 для участка №№1...14 от фильтра до ресивера и трубопроводов вакуум-фильтров №1...3 для участка №№20...26 от ресивера до гидрозатвора приведена на рисунке. По каждому участку трубопроводов вакуум-фильтров №1...6 были приведены необходимые рекомендации.



## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство



Графики пропускной способности участка трубопровода:

– от вакуум-фильтра №1 до ресивера на отрезках труб №№1-14 при перепаде высот 5,9 м и вакууме 65%:

— — — — без добавления воздуха

———— с воздухом со скоростью 74,3 м/с;

———— с воздухом со скоростью 50 м/с;

– от ресивера до гидрозатвора на отрезках труб №20-26 при перепаде высот 8,6 м

### Выводы

1 Приведены некоторые рекомендации по улучшению эффективности работы дисковых вакуум-фильтров и детальная методика расчета вакуумной системы трубопроводов фильтра.

### Список литературы

1. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина: 2-е изд. – М.: Недра, 1984 – 614 с.
2. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. – М-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 352 с.
3. Оборудование для обогащения угля: Справочное пособие / Под редакцией Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1979. – 335 с.
4. Емцев Т.Б. Техническая гидромеханика. – М.: Машиностроение, 1978. – 463 с.
5. Зверевич В.В., Перов В.А. Водовоздушное хозяйство обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1976. – 199 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных сотрудников и инженеров – М.: Наука, 1973. – 495 с.

© Спинеєв В.А., Спинеєва Н.А., 2012

Надійшла до редколегії 17.04.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом