

*к.т.н. Чебан В.Г.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ОЧИСТИТЕЛЯ С КРУГОВЫМИ ЦИЛИНДРАМИ**

*Наведено розрахунок основних технічних параметрів гідродинамічного очисника з круговими циліндрами, призначеного для очищення рідини від твердих забруднень у потоці.*

***Ключові слова:** гідродинамічний фільтр, фільтроелемент, тонкість очищення.*

*Приведен расчет основных технических параметров гидродинамического очистителя с круговыми цилиндрами, предназначенного для очистки жидкости от твердых загрязнений в потоке.*

***Ключевые слова:** гидродинамический фильтр, фильтроэлемент, тонкость очистки.*

**Постановка проблемы и анализ последних достижений.** В современной металлургической и горной промышленности остро стоит проблема очистки технической воды, рабочих и смазочных жидкостей, эмульсий, керосина, бензина, дизтоплива и других маловязких жидкостей от механических примесей. Решение этой проблемы под силу гидродинамическим очистителям типа «цилиндр в цилиндре», у которых в цилиндрических корпусах расположен неподвижный фильтроэлемент с подачей жидкости поперек него. При этом фильтроэлемент может иметь грушеобразную боковую поверхность, что позволяет достичь линейного изменения площади поперечного сечения напорного канала [1], или цилиндрическую поверхность [2], что значительно упрощает конструкцию фильтроэлемента. Данные очистители относятся к средствам очистки непрерывного потока загрязненной жидкости и являются неполноточными, то есть в процессе очистки очищается большая часть потока, а меньшая его часть осуществляет непрерывную регенерацию фильтрующей поверхности фильтроэлемента без применения каких-либо дополнительных устройств или приспособлений.

Гидродинамический очиститель с грушеобразной формой боковой поверхности фильтроэлемента достаточно подробно представлен в работе [1], где отмечены его основные преимущества - низкие потери дав-

ления и постоянство тонкости очистки по всей проницаемой поверхности фильтроэлемента. Однако специфическая форма боковой поверхности фильтроэлемента резко усложняет его изготовление и повышает себестоимость. Опыт практического применения гидродинамических очистителей с круговыми цилиндрами показал, что при очистке технической воды перепад давления на очистителе также незначителен, а в большинстве случаев не превышает  $0,03 \text{ МПа}$  [3, 4]. Поэтому, отпадает целесообразность массового применения очистителей с грушеобразной формой боковой поверхности фильтроэлемента. В тоже время следует признать, что, например, при гранулометрическом разделении суспензий предпочтение следует отдавать именно этим очистителям.

Из сказанного становится понятно, почему гидродинамический очиститель с круговыми цилиндрами получил более широкое распространение. Но серийный выпуск таких очистителей пока не налажен, а имеющаяся ныне информация о них довольно скудная, носит в основном рекламный характер и дает только общее представление.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является стремление в какой-то мере заполнить имеющийся пробел в данном вопросе и дать возможность заинтересованным потребителям более детально ознакомиться с расчетом основных параметров гидродинамического очистителя с круговыми цилиндрами.

**Результаты исследований.** На рисунке 1 представлен гидродинамический очиститель с круговыми цилиндрами для очистки непрерывного потока загрязненной жидкости, который содержит цилиндрический корпус 1 с эксцентрично расположенным фильтроэлементом, входной патрубком 2 (вход), присоединяемый к подводящему загрязненную жидкость трубопроводу, выходной патрубком 3 (выход) – к питающему потребителей очищенной водой трубопроводу, сливной патрубком 4 (слив) - к канализационному или циркуляционному трубопроводам, а также может быть соединен с потребителями, не нуждающихся в чистой жидкости.

Вход 2 и слив 4 очистителя сообщаются между собой с помощью двух серповидных каналов 5, образованных наружной проницаемой поверхностью 6 фильтроэлемента и внутренней цилиндрической поверхностью корпуса 1 очистителя.

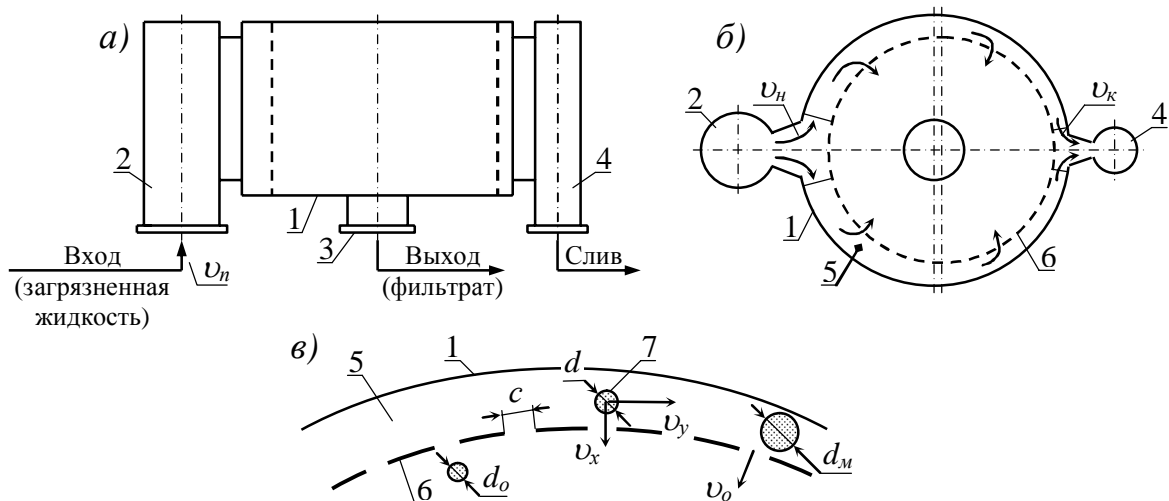


Рисунок 1 – Гидродинамический очиститель с круговыми цилиндрами  
 а) – вид сбоку; б) – поперечное сечение;  
 в) – схема гидродинамической очистки

Работа очистителя основана на реализации способа очистки жидкостей от механических примесей, детально описанного в работе [5]. Суть способа состоит в том, что в очистителе вокруг сетки 6 формируется движение загрязненной жидкости двумя встречными потоками таким образом, что скорость частичек 7 загрязнений всегда должна быть такой, при которой ее составляющая  $v_y$  больше составляющей  $v_x$  ( $v_o$ ). При этом скорость  $v_y$  должна быть настолько больше  $v_x$ , чтобы обеспечить безусловное их продвижение от входа до выхода из очистителя только вокруг сетки 6 и не дать им возможности проникнуть через ее ячейки размером  $c$ , даже если он больше размера  $d$  частички 7 загрязнений. Поэтому, частички 7 загрязнений вместе со смывающей частью загрязненной жидкости движутся к сливу 4 и покидают очиститель, не загрязняя сетку 6. Формирование таких потоков осуществляется с учетом скорости  $v_n$  загрязненной жидкости в подводящем трубопроводе, при этом скорость  $v_n$  в начале серповидного канала больше скорости  $v_k$  в конце его или одинаковы.

Очевидно, что чем большая часть потока загрязненной жидкости используется для регенерации сетки, тем выше степень ее регенерации и эффективность очистки жидкости. Поэтому, чтобы избежать лишних потерь жидкости и не навредить процессу регенерации определяются рациональные режимы процесса очистки жидкости для каждого конкретного случая.

Известно, что абсолютно чистых жидкостей в природе не существует и условно принято, что жидкость считается чистой, если размер

имеющихся в ней механических примесей не влияет отрицательно на работу оборудования. В связи с этим очистка ведется до заранее определенной допустимой крупности  $d_o$  частичек загрязнений.

Величина части загрязненной жидкости, направляемой на непрерывную регенерацию сетки, зависит как от максимального размера  $d_m$  частиц механических примесей в загрязненной жидкости, т.е. на входе в очиститель, так и от допустимого их размера  $d_o$  в очищенной жидкости, т.е. в фильтрате. И чем больше размер  $d_m$  и меньше размер  $d_o$ , тем больше потери жидкости со сливом, габариты очистителя и его стоимость.

Поэтому, при разработке очистителя не следует увлекаться необоснованно высокой тонкостью очистки конкретной жидкости и в то же время не следует, даже неосознанно, уменьшать или увеличивать диаметр  $d_m$  частиц загрязнений от реального их размера в загрязненной жидкости. Чем точнее эти и другие данные будут отражать состояние конкретной очищаемой жидкости, тем выше будут показатели работы очистителя.

В общем случае при одноступенчатой схеме очистки, потери жидкости со сливом составляют примерно  $6 \div 20\%$  от очищаемого ее объема. Визуально, это большие потери, но после реализации способа они в полной мере компенсируются преимуществами предлагаемых очистителей [3, 4].

Известно, что каждое производимое изделие характеризует его техническая характеристика. Для данного гидродинамического очистителя основными показателями являются:

Производительность по входу,  $Q, м^3/с$ .

Производительность по выходу,  $Q_o, м^3/с$ .

Количество сливаемой жидкости,  $Q_{сл}, м^3/с$ .

Максимальная крупность загрязнений в исходной жидкости, не более  $d_m, мм$ .

Допустимая крупность загрязнений в очищенной жидкости, не более  $d_o, мм$ .

Рабочее давление,  $МПа$ , не более.

Перепад давления на очистителе,  $МПа$ , не более.

Габаритные размеры,  $мм$ .

Масса,  $кг$ .

Три последних показателя являются определяемыми, а остальные, как технологические, задаются в исходных требованиях на разработку изделия, что не дает достаточной информации о технической сущности путей их достижения. Специалисту более показательными в конкретном случае, например, при очистке технической воды, являются следующие технологические показатели:

1. Скорость воды в подводящем трубопроводе

$$v_n = \frac{Q}{0,785 \cdot D_n^2} = 1,5 \div 3,5, \text{ м/с}$$

где  $D_n$  - диаметр подводящего трубопровода, м.

2 Скорость воды на входе в серповидный канал

$$v_H = \frac{Q_H}{S_H} = (1 \div 1,6) \cdot v_n, \text{ м/с}$$

где  $Q_H = \frac{Q}{2}$  - расход воды на входе в серповидный канал,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$S_H = H_n \cdot h_n$  - площадь сечения потока на входе в серповидный канал,  $\text{м}^2$ ;

$H_n$  и  $h_n$  - высота и ширина серповидного канала на входе, соответственно, м.

3. Скорость воды на выходе из серповидного канала

$$v_K = \frac{Q_K}{S_K} = (0,2 \div 0,6) \cdot v_n, \text{ м/с}$$

где  $Q_K = \frac{Q_{cl}}{2}$  - расход воды на выходе из серповидного канала,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$S_K = H_K \cdot h_K$  - площадь сечения потока на выходе из серповидного канала,  $\text{м}^2$ ;

$H_K$  и  $h_K$  - высота и ширина серповидного канала на выходе, соответственно, м.

4. Скорость фильтрации воды

$$v_o = \frac{Q_o}{S_o} = 0,05 \div 0,3 \text{ м/с}, \quad (v_o < 0,3 \cdot v_K)$$

где  $S_o = S \cdot k_o$  - площадь живого сечения фильтроэлемента,  $\text{м}^2$ ;

$S = L \cdot H_p$  - площадь сетки по всей окружности фильтроэлемента,  $\text{м}^2$ ;

$L = L_p + L_n$  - длина сетки, охватывающей наружную поверхность фильтроэлемента, м;

$L_p = \pi \cdot D_\phi - L_n$  - длина рабочей (проницаемой) части сетки фильтроэлемента, м;

$D_\phi$  - диаметр фильтроэлемента, м;

$L_n$  - длина непроницаемой части сетки фильтроэлемента, м;

$H_p = H - (0,02 \div 0,03)$  - высота рабочей (проницаемой) части сетки, м;

$H$  – стандартная ширина полотна сетки, м;

$k_o = k_c \cdot k_k$  - коэффициент живого сечения фильтроэлемента;

$k_c$  и  $k_k$  - коэффициент живого сечения сетки и корпуса фильтроэлемента, соответственно.

Особенно важно при расчете знать контрольные параметры:

1. Параметр контроля работоспособности очистителя по входу в серповидный канал

$$I_n = \frac{v_n}{v_o}, \quad (15 < I_n < 50).$$

2. Параметр контроля работоспособности очистителя по выходу из серповидного канала

$$I_k = \frac{v_k}{v_o}, \quad (3 < I_k < 15).$$

Из представленных выше соображений и ведется расчет гидродинамического очистителя. Расчетная схема гидродинамического очистителя с круговыми цилиндрами представлена на рисунке 2.

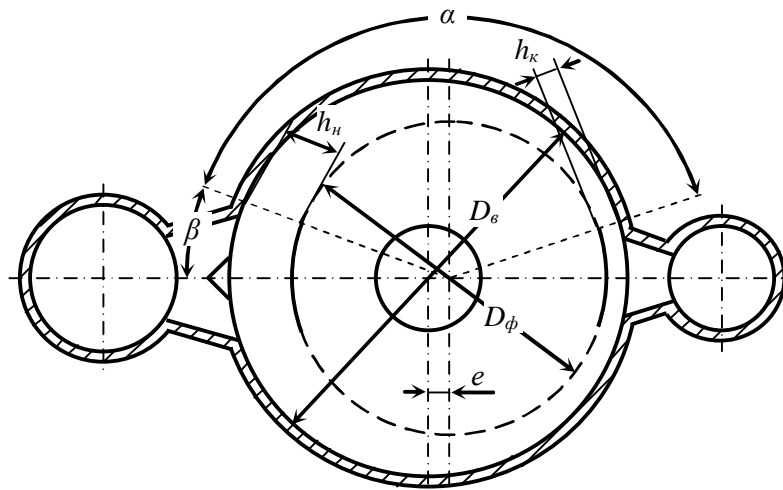


Рисунок 2 – Расчетная схема гидродинамического очистителя

Начинается он с расчета фильтроэлемента, выполненного в виде перфорированного кругового цилиндра [6] определенной высоты и охватывающей его боковую поверхность металлической сетки, закрепляемой по краям полотна к непроницаемой части цилиндра с помощью хо-

мутов. Следовательно, цилиндрическая поверхность фильтроэлемента по окружности состоит из проницаемой поверхности, определяемой углом  $2\cdot\alpha$ , и непроницаемой поверхности, определяемой углом  $(360^\circ - 2\cdot\alpha)$ , которая обеспечивает оптимальный вход загрязненной жидкости в серповидные каналы и выход ее из них, о чем более подробно изложено в работах [5, 6].

Для установления размеров проницаемой части поверхности фильтроэлемента определяется его живое сечение. Оно должно быть достаточным, чтобы через него могло проникнуть заданное количество жидкости  $Q_o$  с заданной скоростью  $v_o$

$$S_o = \frac{Q_o}{v_o} = \frac{Q_o}{0,05 \div 0,3}, \text{ м}^2.$$

Коэффициент живого сечения  $k_o$  фильтроэлемента в свою очередь определяется коэффициентом живого сечения  $k_k$  корпуса фильтроэлемента и коэффициентом живого сечения  $k_c$  охватывающей его стандартной сетки:

$$k_o = k_c \cdot k_k.$$

Опыт проектирования корпусов фильтроэлементов и анализ ряда известных их корпусов показывают, что коэффициент их живого сечения  $k_k = 0,4 \div 0,85$ . Наибольшее значение этого коэффициента имеет живое сечение корпуса фильтроэлемента, специально разработанного для очистителей данного типа высокой производительности [6]. Необходимо отметить, что при выборе сетки, наряду с коэффициентом ее живого сечения  $k_c$ , особое внимание следует уделять размеру  $c$  ячейки сетки. Это связано с особенностью способа очистки жидкостей от механических примесей, как в предлагаемом очистителе, так и во всех неполнопоточных гидродинамических очистителях. Для них допускается значение  $c = (2 \div 4) \cdot d_o$ . Отсюда следует, что размер  $c$  ячейки сетки всегда (кроме особых случаев) больше максимально допустимого значения диаметра  $d_o$  загрязнений в очищенной жидкости (фильтрате), значение которого задается в исходных требованиях или оно регламентируется нормативными актами. Указанная особенность способа резко увеличивает живое сечение сетки, снижает возможность ее засорения, уменьшает гидравлическое сопротивление и габариты, повышает надежность работы очистителя и увеличивает его производительность.

Только в особых случаях, когда в ходе очистки категорически не допускается попадание даже ничтожно малого количества загрязнений в

фильтрат, принимают  $c < d_o$ . Это вызвано тем, что при запуске очистителей данного типа в работу и до установления стабильного рабочего режима очистки жидкости при  $c > d_o$  в очищенную жидкость могут попасть загрязнения с размерами, превышающими допустимые.

Зная  $S_o$  и  $k_o$ , определяется общая площадь боковой поверхности фильтроэлемента (сетки):

$$S = \frac{S_o}{k_o} = L \cdot H_p, \text{ м}^2. \quad (1)$$

Зная площадь  $S$  боковой поверхности фильтроэлемента, можно определить и его диаметр. Так как эта поверхность имеет форму кругового цилиндра диаметром  $D_\phi$ , то длина этой поверхности равна  $L = \pi \cdot D_\phi$ . Практика проектирования многочисленного ряда очистителей показала, что с целью упрощения расчета по определению диаметра фильтроэлемента целесообразно воспользоваться условием, приведенным ниже:

$$\frac{D_\phi}{H_p} = q = 1,2 \div 2,2. \quad (2)$$

После подстановки (2) в выражение (1) площадь боковой поверхности фильтроэлемента будет равна

$$S = \pi \cdot D_\phi \cdot \frac{D_\phi}{q} = \pi \cdot \frac{D_\phi^2}{q}, \text{ м}^2. \quad (3)$$

Затем определяют диаметр фильтроэлемента из выражения (3) и высоту рабочей части сетки:

$$D_\phi = \sqrt{\frac{q \cdot S}{\pi}}, \text{ м} \quad \text{и} \quad H_p = \frac{D_\phi}{q}, \text{ м}.$$

Очевидно, что нахождение диаметра  $D_\phi$  и рабочей высоты  $H_p$  должно выполняться методом приближенного расчета, когда при задаваемых значениях  $q$  из рекомендуемого предела от 1,2 до 2,2 определяется ряд значений  $D_\phi$  и  $H_p$ . Из рассчитанного ряда значений высоты рабочей части сетки  $H_p$  из, например, [7] выбирают то ее значение, которое ближе к значению ширины ее полотна, лежащей в пределах от 1000 до 1300 мм (использование сеток другой ширины полотна требует со-



гласования с заводом изготовителем сеток или требует разреза стандартной сетки). При этом необходимо учитывать, что сетка выпускается с отрицательным допуском по ширине полотна  $\Delta H$ , а края полотна (примерно  $20 \div 30$  мм) будут использованы для закрепления сетки хомутами на непроницаемой части боковой поверхности корпуса фильтроэлемента. Сказанное вместе с рабочей высотой  $H_p$  проницаемой части сетки составляют потребную для ее заказа высоту  $H$ , равную

$$H = H_p + \Delta H + (0,02 \div 0,03), \text{ м.}$$

Отсюда

$$H_p = H - \Delta H - (0,02 \div 0,03), \text{ м.}$$

Если рассчитанная высота сетки резко отличается от стандартной высоты, то сетку обрезают с учетом оговариваемых выше допусков. При высоких производительностях очистителей конструктивно можно выделить несколько вариантов исполнения их фильтроэлементов в зависимости от ширины полотна серийно выпускаемых сеток, но лучшими из них являются те, которые не предусматривают продольное разрезание полотна сетки. Если рассчитанная высота сетки значительно больше стандартной, то сетку на поверхности корпуса фильтроэлемента располагают в два яруса по его высоте (двухъярусный фильтроэлемент).

Определением рабочей высоты  $H_p$  фильтрующего элемента (сетки) заканчивается расчет его корпуса и начинается расчет корпуса очистителя.

Так как высота рабочей части фильтроэлемента представляет собой высоту серповидного канала, которая является постоянной по всей его длине, то очевидно, что

$$H_p = H_n = H_k,$$

где  $H_n$  и  $H_k$  – высота серповидного канала на входе и выходе, соответственно, м.

Из выражения  $v_n = (1 \div 1,6) \cdot v_n$  принимают скорость загрязненной воды на входе в канал и при заданном значении ее расхода  $Q_n = \frac{Q}{2}$  определяют площадь входного сечения в серповидный канал

$$S_n = \frac{Q_n}{v_n}, \text{ м}^2.$$

Зная площадь  $S_n$  и высоту  $H_n$  канала, определяют ширину входного сечения серповидного канала

$$h_n = \frac{S_n}{H_n}, \text{ м.}$$

Таким же образом из выражения  $v_k = (0,2 \div 0,6) \cdot v_n$  принимают скорость загрязненной воды на выходе из канала и по известным  $Q_k = Q_{сл}/2$  и  $H_k$  определяют площадь выходного сечения серповидного канала

$$S_k = \frac{Q_k}{v_k}, \text{ м}^2.$$

Зная площадь  $S_k$  и высоту  $H_k$  канала, определяют ширину выходного сечения серповидного канала

$$h_k = \frac{S_k}{H_k}, \text{ м.}$$

Полученное значение  $h_k$  необходимо соизмерить с максимальной крупностью загрязнений в исходной жидкости. Согласно рекомендациям, изложенным в работе [1]  $h_k = (1,15 \div 1,5) \cdot d_m$ .

Анализ многочисленных расчетов очистителей данного типа показывает, что значение ширины  $h_n$  входа в серповидный канал, расположенного под углом менее  $20^\circ$  к продольной оси корпуса очистителя, незначительно отличается от значения ширины зазора по этой оси со стороны входа корпуса очистителя. Значение же ширины  $h_k$  выхода из него, расположенного под углом менее  $10^\circ$  к той же оси, еще более незначительно отличаются от значения ширины зазора по этой же оси со стороны выхода корпуса очистителя. Поэтому, с допустимой погрешностью можно принять, что для определенного выше диаметра фильтроэлемента  $D_\phi$  внутренний диаметр корпуса очистителя будет равен

$$D_e = D_\phi + h_n + h_k, \text{ м.}$$

С целью стандартизации элементов, сравниваем найденное значение  $D_e$  с размерами внутренних диаметров серийно выпускаемых труб и принимаем его равным близлежащему значению диаметра трубы по действующему стандарту. Если они значительно отличаются друг от

друга, то корректируем диаметр  $D_{\phi}$  фильтроэлемента, а при необходимости или возможности и размеры  $h_n$  и  $h_k$  серповидных каналов.

Используя в дальнейшем ходе расчета конструктивные схемы исполнения, значения размеров стандартных элементов, ряд технологических и конструктивных рекомендаций и другие соображения, завершение расчета не представляет труда.

По окончании расчета и полного определения конструкции разрабатываемого очистителя, настоятельно рекомендуется проведение контрольного расчета по завершающим параметрам. Он сводится к определению контрольных параметров  $I_n$  входа в серповидный канал и  $I_k$  выхода из него. Они должны находиться в пределах, значения которых указаны выше или определены опытным путем для конкретной очищаемой жидкости. В принципе, это обратный расчет очистителя, но с уже более полным его представлением.

Если результаты контрольного расчета удовлетворительны, то расчет на этом заканчивается, а если имеются какие-то разногласия, то все начинается с начала - изменяется скорость фильтрации, высота каналов, диаметр фильтроэлемента и т.д. до получения необходимых результатов.

При изготовлении очистителя необходимо знать конкретное значение эксцентриситета  $e$  (рисунок 2). Анализ десятков проектов очистителей данного типа показывает, что при значении угла  $\alpha = 150 \pm 5^\circ$ , определяющего длину проницаемой части боковой поверхности фильтроэлемента одного напорного канала, и угла  $\beta = 20 \pm 5^\circ$ , определяющего положение начала этой проницаемой части со стороны входа в очиститель, значение эксцентриситета  $e$  с довольно высокой точностью расчета можно определить из выражения

$$e = \frac{h_n - h_k}{2}, \text{ м.}$$

**Пример расчета основных параметров гидродинамического очистителя воды.** Пример расчета очистителя дает более полное представление о выше сказанном.

Для расчета, прежде всего, требуются достоверные исходные данные, необходимые для выполнения настоящего расчета.

*Исходные данные:*

$Q = 1000 \text{ м}^3/\text{час} = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$  - производительность по входу;

$Q_o = 850 \text{ м}^3/\text{час} = 0,236 \text{ м}^3/\text{с}$  - производительность по выходу;

$Q_{сл} = 150 \text{ м}^3/\text{час} = 0,042 \text{ м}^3/\text{с}$  - количество сливаемой жидкости;

$D_n = 0,406 \text{ м}$  – условный диаметр подающего трубопровода;

$d_m = 15 \text{ мм}$  - максимальный размер частиц загрязнений в исходной воде;

$d_o = 0,5 \text{ мм}$  - максимально допустимый размер частиц загрязнений в фильтрате.

#### *Порядок расчета*

Определяем количество загрязненной воды, поступающей на вход и выход одного серповидного канала

$$Q_n = \frac{Q}{2} = \frac{0,278}{2} = 0,139 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_k = \frac{Q_{сл}}{2} = \frac{0,042}{2} = 0,021 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задаем скорость фильтрации, считая ее одинаковой по всей проницаемой поверхности фильтроэлемента и равной  $v_o = 0,1 \text{ м/с}$  (можно задаваться рядом ее значений, а расчет свести в таблицу) и определяем площадь живого сечения фильтрующей поверхности фильтроэлемента для прохождения через него расхода  $Q_o = 0,236 \text{ м}^3/\text{с}$

$$S_o = \frac{Q_o}{v_o} = \frac{0,236}{0,1} = 2,36 \text{ м}^2.$$

Находим тип сетки в качестве фильтрующей поверхности, для чего размер ячейки сетки принимаем равным

$$c = 3 \cdot d_o = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ мм}.$$

Из стандарта [7] выбираем сетку № 1,6:

размер ячейки -  $c = 1,6 \times 1,6 \text{ мм}$ ;

диаметр проволоки -  $0,4 \text{ мм}$ ;

коэффициент живого сечения -  $k_c = 0,64$ ;

ширина полотна сетки - от  $1000$  до  $1300 \text{ мм}$ ;

материал сетки - сталь нержавеющая.

При этом учитывается, что материал и толщина проволоки сетки определяют срок службы очистителя.

Принимаем исполнение корпуса фильтроэлемента, описанное в работе [6], с коэффициентом живого сечения равным  $k_k = 0,85$  (для гарантии можно задаваться и меньшими значениями). Тогда коэффициент живого сечения фильтроэлемента в целом составит

$$k_o = k_c \cdot k_\kappa = 0,64 \cdot 0,85 = 0,544.$$

Зная значения  $S_o$  и  $k_o$ , находим общую площадь поверхности сетки, расположенной над перфорированным по высоте  $H_p$  корпусом фильтроэлемента (или всю поверхность фильтроэлемента на высоте перфораций его корпуса)

$$S = \frac{S_o}{k_o} = \frac{2,36}{0,544} = 4,34 \text{ м}^2.$$

Из формул  $D_\phi = \sqrt{\frac{q \cdot S}{\pi}}$  и  $H_p = \frac{D_\phi}{q}$  по найденному значению  $S$  определяем диаметр  $D_\phi$  фильтроэлемента и высоту  $H_p$  рабочей части поверхности сетки при различных значениях  $q$  в пределах от 1,2 до 2,2. Полученные значения сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные значения размеров фильтроэлемента

q	1,2	1,3	1,4	<b>1,5</b>	1,6
$D_\phi$ , м	1,29	1,34	1,39	<b>1,44</b>	1,49
$H_p$ , м	1,07	1,03	0,99	<b>0,96</b>	0,93

Учитывая, что:

$H_p$  - это рабочая высота той части металлической сетки и корпуса фильтроэлемента, через которую осуществляется фильтрация жидкости; для закрепления сетки вдоль обоих краев ширины ее полотна на поверхности этого корпуса нужно еще примерно 30 мм;

сетки серийно изготавливаются с отрицательным допуском по ширине, поэтому в сумме с заделкой это составит примерно 40 мм;

если принять в работу сетку шириной полотна 1000 мм, выпускаемую серийно [7], то ее рабочая часть по ширине полотна составит:  $H_p = 0,96 \text{ м}$ .

Из таблицы 1 видно, что рабочая ширина  $H_p = 0,96 \text{ м}$  полотна сетки соответствует варианту расчета при  $q = 1,5$ , при котором диаметр фильтроэлемента  $D_\phi = 1,44 \text{ м}$ .

При постоянной высоте каналов, получаем:

$$H_p = H_n = H_\kappa = 0,96 \text{ м}.$$

Для определения ширины серповидного канала на его входе и выходе находим скорость  $v_n$  жидкости в подающем трубопроводе по за-

данным в исходных данных расходу  $Q = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$  и диаметру подводящего трубопровода  $D_e = 0,406 \text{ м}$

$$v_n = \frac{Q}{0,785 \cdot D_n^2} = \frac{0,278}{0,785 \cdot 0,406^2} = 2,15 \text{ м/с.}$$

Используя зависимости  $v_n$  и  $v_k$  от  $v_n$ , приведенные выше и в работе [5], находим

$$v_n = 1,3 \cdot v_n = 1,3 \cdot 2,15 = 2,8 \text{ м/с,}$$

$$v_k = 0,37 \cdot v_n = 0,37 \cdot 2,15 = 0,8 \text{ м/с.}$$

По известным значениям расходов воды на входе и выходе канала с учетом выше найденных величин скоростей определяем площади сечений серповидного канала на входе и выходе

$$S_n = \frac{Q_n}{v_n} = \frac{0,139}{2,8} = 0,0496 \text{ м}^2,$$

$$S_k = \frac{Q_k}{v_k} = \frac{0,021}{0,8} = 0,0263 \text{ м}^2$$

и ширину серповидного канала в этих местах

$$h_n = \frac{S_n}{H_n} = \frac{0,0496}{0,96} = 0,052 \text{ м,}$$

$$h_k = \frac{S_k}{H_k} = \frac{0,0263}{0,96} = 0,027 \text{ м.}$$

Определяем внутренний диаметр цилиндра корпуса очистителя

$$D_e = D_\phi + h_n + h_k = 1,44 + 0,052 + 0,027 = 1,519 \text{ м.}$$

Согласно действующим стандартам труба такого диаметра не выпускается. Поэтому цилиндр корпуса очистителя изготавливаться будет по чертежу разработчика и может быть любого диаметра. Но, учитывая дальнейшую необходимость использования стандартных изделий, таких

как фланцы и прокладки к ним, днища плоские и эллиптические, принимаем  $D_e = 1500$  мм, что меньше расчетного.

Для уверенности, следовало бы принять  $D_e = 1600$  мм, но это приведет к увеличению габаритов и стоимости очистителя. Так как диаметр цилиндра корпуса довольно большой по значению, и в расчете имеется резерв по ширине канала на выходе из него, равной  $h_k = 27$  мм в сравнении с допускаемыми размерами серповидных каналов, то решение принять  $D_e = 1500$  мм, может оказаться правильным. С учетом рекомендаций, обоснованных в работе [1], принимаем ширину в конце канала  $h_k = (1,15 \div 1,5) \cdot d_m = 20$  мм, ширину в начале канала  $h_n = 50$  мм и уточняем диаметр фильтроэлемента  $D_\phi = 1430$  мм. Из рисунка 2 видно, что длина  $L$  боковой поверхности фильтроэлемента состоит из двух проницаемых и двух непроницаемых участков. В данном случае интересуют только проницаемые участки, длина которых определяется углом  $\alpha$ . Известно [1], что в таких конструкциях очистителей можно принять  $\alpha = 150^\circ$ . Следовательно, общая длина поверхности сетки

$$L = \pi \cdot D_\phi = 3,14 \cdot 1,43 = 4,49 \text{ м},$$

а общая длина двух проницаемых ее участков

$$L_p = L \cdot \frac{\alpha}{180} = 4,49 \cdot \frac{150}{180} = 3,74 \text{ м},$$

что при постоянной высоте  $H_p = 0,96$  м дает возможность получить общую площадь фильтрации, равную

$$S_p = L_p \cdot H_p = 3,74 \cdot 0,96 = 3,59 \text{ м}^2.$$

При  $k_o = 0,544$  живое сечение фильтроэлемента составит

$$S_o = S_p \cdot k_o = 3,59 \cdot 0,544 = 1,95 \text{ м}^2,$$

а скорость фильтрации

$$v_o = \frac{Q_o}{S_o} = \frac{0,236}{1,95} = 0,12 \text{ м/с}.$$

Скорости воды на входе в канал и выходе из него соответственно будут равны

$$v_n = \frac{Q_n}{H_n \cdot h_n} = \frac{0,139}{0,96 \cdot 0,05} = 2,9 \text{ м/с},$$

$$v_k = \frac{Q_k}{H_k \cdot h_k} = \frac{0,021}{0,96 \cdot 0,02} = 1,1 \text{ м/с}.$$

Определяем контрольные параметры

$$I_n = \frac{v_n}{v_o} = \frac{2,9}{0,12} = 24 > 15,$$

$$I_k = \frac{v_k}{v_o} = \frac{1,1}{0,12} = 9 > 3.$$

Оценка полученных выше значений контрольных параметров свидетельствуют о том, что расчет выполнен правильно и надежность работы очистителя обеспечена при соблюдении заданных исходных данных.

Для возможности изготовления очистителя с полученными параметрами определяем эксцентриситет при известных ширине входа в напорный канал  $h_n = 0,050$  м и ширине выхода из него  $h_k = 0,020$  м

$$e = \frac{h_n - h_k}{2} = \frac{0,050 - 0,020}{2} = 0,015 \text{ м}.$$

Полученные в результате проделанного расчета параметры позволяют изготовить гидродинамический очиститель заданной производительности.

**Выводы.** Начиная с 2001 года, гидродинамические очистители с круговыми цилиндрами начали внедряться на отечественных и зарубежных предприятиях. Однако массовое их использование сдерживается отсутствием полной информации и методики расчета, необходимой для их проектирования.

Данная работа и представленные в ней сведения позволят расширить круг информации о рассматриваемых гидродинамических очистителях, будут полезны техническому персоналу предприятий, проектировщикам, студентам технических заведений и другим заинтересованным лицам.

Результаты данной работы будут использованы при составлении инженерной методики расчета гидродинамических очистителей с круговыми цилиндрами.



### **Библиографический список**

1. Чебан В.Г. Практический расчет фильтроэлемента с грушеобразным профилем фильтрующей поверхности очистителя маловязких жидкостей // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 31 – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С.115-126.

2. Пат. 46507 Україна, МПК<sup>б</sup> B01D29/23, 35/02. Очисник потоку рідин / Бондаренко В.П., ; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2001075440 ; заявл. 31.07.01 ; опубл. 15.02.05, Бюл. № 2.

3. Финкельштейн З.Л. Опыт применения фильтров сверхвысокой производительности для очистки промышленных стоков / З.Л. Финкельштейн, Л.З. Финкельштейн // Вестник МАНЭБ. Т. 8, № 5 (65). – С–Пб, 2003. – С. 94-97.

4. Финкельштейн З.Л. Совершенствование способов очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы / З.Л. Финкельштейн, В.А. Давиденко, И.Н. Кучин И.Н. // Вестник МАНЭБ. Т. 8, № 5 (65). – С–Пб, 2003. – С.83-85.

5. Пат. 64598 Україна, МПК<sup>б</sup> B01D37/00. Спосіб очищення рідин від механічних домішок у потоці / Бондаренко В.П. ; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076535 ; заявл. 14.07.03 ; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7.

6. Пат. 64599 Україна, МПК<sup>б</sup> B01D29/11. Фільтроелемент очисника рідин / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076547; заявл. 14.07.03; опубл. 15.12.05. Бюл. № 12.

7. ГОСТ 3826-82 «Сетка тканая проволочная с квадратными ячейками».

**Рекомендована к печати к.т.н., проф. Уляницьким В.Н.**