

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

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА С ГРУШЕОБРАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОЧИСТИТЕЛЯ МАЛОВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ**

*Запропонований розрахунок фільтроелементу, який забезпечує постійну швидкість руху рідини у проточних каналах очисника, що призводить до зменшення втрат напору та стабільності тонкості очистки рідини по всій поверхні фільтроелементу.*

**Ключові слова:** *очисник, фільтроелемент, технічна вода, тонкість очистки.*

*Предложен расчет фильтроэлемента, обеспечивающего постоянную скорость движения жидкости в проточных каналах очистителя, приводящую до снижения потерь напора и стабильности тонкости очистки жидкости по всей поверхности фильтроэлемента.*

**Ключевые слова:** *очиститель, фильтроэлемент, техническая вода, тонкость очистки.*

Проблема очистки технической воды от механических примесей является актуальной во многих отраслях промышленности.

На ТЭС, химических, металлургических и др. предприятиях применяется огромное разнообразие различных по типу и производительности очистителей. В настоящее время большое распространение получили самоочищающиеся очистители с обратной промывкой [1, 2, 3], и постепенно занимающие все большее место гидродинамические фильтры с неподвижным фильтроэлементом [4].

Принцип работы очистителя с обратной промывкой основан на механической задержке частиц загрязнения, размер которых больше размера ячеек сетки фильтроэлемента. В процессе работы очистителя, сетка фильтроэлемента постепенно забивается частицами загрязнения. Для очистки поверхности фильтроэлемента осуществляется обратная промывка сетки фильтратом, через пустотелый очиститель, соединенный со сливом. При этом очиститель постепенно перемещается по всей поверхности фильтроэлемента. Включение обратной промывки производится, как правило, автоматически по достижению критического перепада давления на фильтроэлементе [3].

Анализ работы подобных очистителей, позволил выявить ряд их недостатков, таких как: сложность в их изготовлении; износ и необходимость периодической замены трущихся узлов; наличие дополнительного привода для осуществления обратной промывки и необходимость в его обслуживании; нестабильный и достаточно большой перепад давления на фильтроэлементе в процессе работы очистителя; потеря части фильтрата для осуществления процесса обратной промывки фильтроэлемента.

Самоочищающаяся способность гидродинамических фильтров с неподвижным фильтроэлементом типа «цилиндр в цилиндре» основана на использовании гидродинамического эффекта смывной части жидкости, движущейся в серповидных каналах над фильтрующей поверхностью [4]. При этом очищается большая часть исходной жидкости, а оставшаяся – используется для самоочистки очистителя и обогащенная загрязнениями сливается в оборотный цикл, канализацию или подвергается рециркуляции. При очистке маловязких жидкостей она составляет не более 6-20% от объема исходной жидкости с загрязненностью до 3,5 г/л в зависимости от размера загрязнений, способности ее к очистке и производительности очистителя.

По сравнению с очистителями с обратной промывкой гидродинамические фильтры с неподвижным фильтроэлементом имеют ряд существенных преимуществ: простота в изготовлении; отсутствие или минимальные затраты на обслуживание; стабильный и достаточно низкий перепад давления на фильтроэлементе; надежность в работе из-за отсутствия подвижных узлов и т.д. Однако наряду с достоинствами, этим фильтрам также присущи и недостатки: противоречивая зависимость количества сливаемой жидкости от максимального размера загрязнения и наоборот; в момент пуска фильтра в работу, т.е. когда принцип гидродинамической очистки еще не работает, а размер ячейки сетки в несколько раз больше допустимого размера загрязнений в фильтрате, возможно кратковременное попадание в фильтрат загрязнений, размер которых не регламентирован техническими условиями; неравномерность тонкости очистки по всей поверхности фильтроэлемента.

Для устранения последнего недостатка, необходимо обеспечить линейное изменение площади сечения серповидных каналов, образованных наружной поверхностью фильтроэлемента и внутренней поверхностью корпуса очистителя. Авторами работ [5, 6] обоснована необходимость грушеобразного профиля фильтроэлемента гидродинамических фильтров с неподвижным фильтроэлементом типа «цилиндр в цилиндре».

В работе [6] показано, что грушеобразная перфорированная часть корпуса фильтроэлемента, покрытая фильтровальной сеткой, должен

иметь такие параметры поточного радиуса, который при круговом цилиндре корпуса очистителя обеспечит образование двух серповидных каналов, причем каждый с линейно изменяющейся шириной и постоянной высотой. После этого скорость жидкости в каналах станет стабильной и будет получен двойной эффект – минимальные потери давления жидкости и постоянство тонкости очистки по всей поверхности фильтроэлемента.

Но как достичь конкретных параметров такого профиля фильтроэлемента в работе [5] ничего не сказано, а в работе [6] показан только общий теоретический подход к этому вопросу.

Целью статьи является обоснование и предложение метода расчета гидродинамического фильтра с неподвижным фильтроэлементом с грушеобразным профилем, обеспечивающим стабильную по всей поверхности тонкость очистки.

Достижение этого во многом зависит от правильного расчета очистителя, в частности, его фильтроэлемента, построенного на основе теоретических и практических знаний, а сам расчет - от тонкостей подхода и должного понимания принципа гидродинамической очистки жидкости. Несмотря на огромные возможности вычислительной техники, простота расчета по-прежнему остается не менее актуальной, особенно это важно для четкого его восприятия при отсутствии специальных методических пособий по расчету таких очистителей.

Известно, что в основе большинства практических расчетов лежат исходные и рекомендательные параметры: отраслевые, нормативные, опытные, стандартные и т.п. Расчет должен учитывать то, что важно для конструкции и технологии очистки, и в данном случае, это исходные данные: производительность очистителя по входу  $Q$  [ $m^3/c$ ], что в начале одного серповидного канала составляет  $Q_{n1} = \frac{Q}{2}$  [ $m^3/c$ ]; количество сливаемой из очистителя жидкости  $Q_k$  [ $m^3/c$ ], принимаемое равным 6–20% от  $Q$ , что в конце каждого канала составляет  $Q_{k1} = n \cdot Q_{n1}$  [ $m^3/c$ ], где  $n = 0,06 \div 0,2$ ; производительность очистителя по фильтрату  $Q_0 = Q - Q_k$  [ $m^3/c$ ], с производительностью по фильтрату на один канал  $Q_{01} = Q_{n1} - Q_{k1}$  [ $m^3/c$ ]; тонкость очистки  $d_0$  [ $mm$ ]; максимальный размер частиц загрязнений в исходной жидкости  $d_{max}$  [ $m$ ] и степень загрязненности жидкости в г/л.

Так как гидродинамическая очистка жидкости предусматривает непрерывное удаление из очистителя загрязнений, то очевидно, что через очиститель должны пройти частицы загрязнений с размером  $d_{max}$ , поэтому самая малая ширина его канала должна быть больше размера частицы загрязнения. Учитывая то, что это имеет место в конце серпо-

видного канала прямоугольного сечения, из практических соображений, принимаем ширину в конце канала  $h_k = (1,1 \div 1,5) \cdot d_{\max}$ . Она является одним из основных параметров для продолжения расчета фильтроэлемента во взаимосвязи с его остальными параметрами. Поэтому, с учетом выше принятого соотношения расходов в начале и в конце канала и постоянства скорости в нем, ширина в начале канала должна быть равной  $h_n = \frac{h_k}{n}$ . Под понятием начало и конец серповидного канала приня-

то начало и конец перфорированной части половины профиля фильтроэлемента. При наличии всех выше перечисленных параметров и поставленной цели, состоящей в получении максимально возможной простоты расчета поточного радиуса профиля фильтроэлемента и его должного понимания, принимаем схему расчета, представленную на рисунке 1.

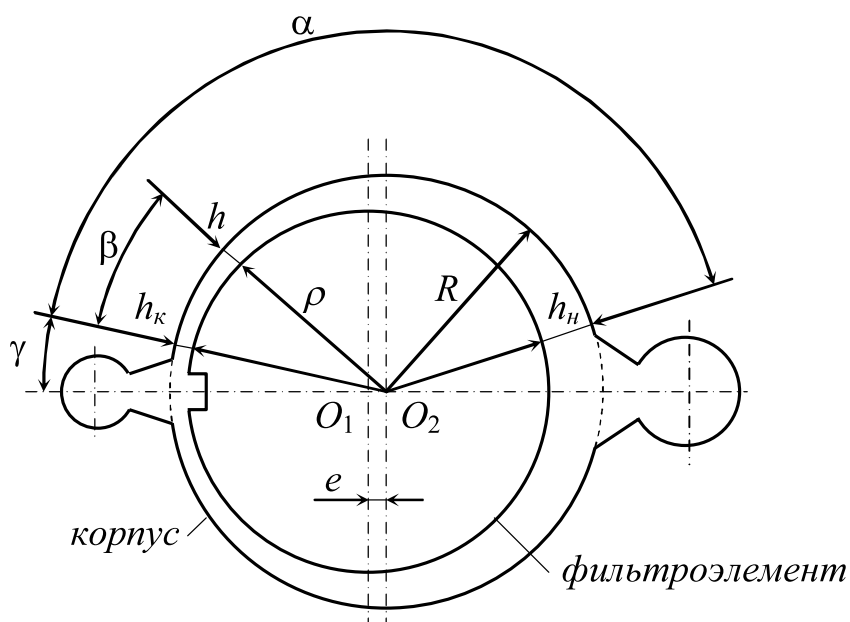


Рисунок 1 – Схема расчета

Она отличается от расчетной схемы представленной в работе [6] тем, что начало поточного радиуса  $\rho$ , формирующего грушеобразный профиль поверхности фильтроэлемента, предусмотрено не из центра  $O_1$  этого профиля, а из центра  $O_2$  корпуса очистителя радиусом  $R$ , что позволило получить простую формулу для расчета его значения

$$\rho = R - h, \text{ м} \quad (1)$$

или, с учетом линейности изменения ширины  $h$  канала и показанной выше зависимости ширины в начале  $h_n$  и в конце  $h_k$  канала, выражение (1) для определения поточного радиуса примет следующий вид:

$$\rho = R - h_k - h_k \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n} \cdot \beta, \text{ м} \quad (2)$$

а для составления программы расчета

$$\rho = A - B \cdot \beta, \text{ м} \quad (3)$$

где  $A = R - h_k, \text{ м}; \quad B = h_k \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n}, \text{ м/град};$

$\alpha$  – угол, определяющий длину проницаемой части поверхности фильтроэлемента одного канала с линейно изменяющейся шириной  $h$ ;

$\beta$  – переменная величина угла  $\alpha$  от конца канала в сторону его начала, т.е. от 0 до  $\alpha$ .

Из выражения (3) видно, что для определения поточных радиусов, формирующих требуемый профиль поверхности фильтроэлемента, необходимо знать радиус  $R$  корпуса очистителя.

Но, одного знания значения этого радиуса без учета особенностей его определения не достаточно для того, чтобы утверждать о том, что очиститель с рассчитанным по нему фильтроэлементом будет работоспособным. Суть сказанного скрывается в особенностях всех типов гидродинамических очистителей. Она заключается в том, что они работоспособны только в том случае, если значение отношения продольной скорости  $v$  жидкости в канале над проницаемой поверхностью фильтроэлемента к ортогональной скорости  $v_0$  фильтрата через эту поверхность будет равно значению  $i = \frac{v}{v_0}$ , отвечающему очистке конкретной очи-

щаемой жидкости или группе жидкостей, предварительно устанавливаемому опытным путем. При этом, в очистителях жидкости этого типа, но с постоянной продольной скоростью в каналах очистителя, значение последней принимают равным  $v = 0,5 \div 1,5 \text{ м/с}$ .

Опытами установлено [7], что в случае очистки потока технической воды от твердых загрязнений с загрязненностью до  $3,5 \text{ г/л}$ , отношение  $i > 3$ , и в зависимости от степени загрязненности и ряда других факторов оно лежит в пределах от 3 до 12. Условно можно считать, что если  $i = 4 \div 6$ , то надежная работа очистителя будет обеспечена при очистке воды с малой степенью загрязненности, равной  $0,75 \div 1,25 \text{ г/л}$ ; если  $i = 6 \div 8$  – при очистке воды со средней степенью загрязненности, равной

1,5÷2,5 г/л; а если  $i = 8÷12$  – при очистке воды с высокой степенью загрязненности, равной 2,75÷3,5 г/л. Если же  $i = 3÷4$ , то работа очистителя находится в зоне риска или он будет работоспособен при очень низкой степени загрязненности воды, например, до 0,5 г/л. При значениях  $i > 12$  будут иметь место завышенные потери давления, габариты и стоимость очистителя. Остальные значения загрязненности воды носят переходной характер. Поэтому, вторым важным параметром в расчетах гидродинамических очистителей является отношение  $i = \frac{v}{v_0}$ .

Понятие загрязненности технической воды на производстве довольно сложное, так как в полной мере зависит от соблюдения норм и методов отбора проб воды на анализ, средств отбора и квалификации исполнителя, что по состоянию на данный момент требует значительно совершенства. Но даже при наличии стандартизированных средств отбора проб и соблюдении норм и методов их отбора, невозможно получить реальной картины загрязненности такой воды при отсутствии соблюдения нормативного ее загрязнения перед подачей в сеть водоводов. Поэтому, следует иметь в виду, что указанные выше пределы загрязненности воды обозначены без учета веса крупных загрязнений в ней, загрязнений растительного происхождения и прочих, т.е. не попавших в пробу, и в каждом конкретном случае требуют дополнительного осмысления или апробирования.

Очевидно, что при постоянной продольной скорости  $v$  жидкости в канале изменить значение  $i$  можно за счет изменения ортогональной скорости  $v_0$  фильтра путем изменения следующих параметров: коэффициента живого сечения проницаемой поверхности фильтроэлемента  $k_\phi$ ; количества сливаемой жидкости  $Q_{к1}$ ; поточного радиуса за счет изменения радиуса  $R$  корпуса очистителя; высоты  $H$  проницаемой части грушеобразной поверхности фильтроэлемента. Т.е., параметры  $k_\phi$ ,  $Q_{к1}$ ,  $R$ ,  $H$  взаимосвязаны между собой и зависят от параметра  $i$ , поэтому их значения должны определяться с учетом предварительно принимаемого его значения.

Коэффициент живого сечения фильтроэлемента, выполненного в виде перфорированного корпуса без покрытия проницаемым материалом определяется количеством перфораций на его боковой поверхности, выполненных в виде отверстий, и принимается как  $k_\phi$ . Если же фильтроэлемент выполнен в виде перфорированного корпуса с живым сечением  $k_k$  боковой поверхности, прокрытой, например, тканой сеткой с живым сечением  $k_c$ , то его общий коэффициент живого сечения будет равен  $k_\phi = k_k \cdot k_c$ .

Количество сливаемой жидкости  $Q_{к1}$  задано в исходных данных.

При известных значениях  $Q_{н1}$ ,  $h_k$ ,  $n$ ,  $v$  высота проницаемой части фильтроэлемента является величиной постоянной и может быть определена по выражению:

$$H = \frac{n \cdot Q_{н1}}{h_k \cdot v}, \text{ м.}$$

Ортогональная скорость фильтрата через проницаемую поверхность фильтроэлемента определяется из следующего выражения:

$$v_0 = \frac{Q_{01}}{S_{01}}, \text{ м/с}$$

где  $S_{01} = L_1 \cdot H \cdot k_\phi$  – площадь живого сечения проницаемой поверхности одного серповидного канала фильтроэлемента,  $\text{м}^2$ ;

$L_1$  – дугообразная длина этой поверхности,  $\text{м}$ .

Расчет дугообразной длины  $L_1$  делается по среднему значению формирующих ее поточных радиусов. При этом, учитывая линейный характер изменения ширины канала, среднее значение поточного радиуса определяется не из всей массы значений поточных радиусов на дуге угла  $\alpha$ , а только по двум из них – в начале и конце канала по выражению:

$$\rho_{cp} = R - h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n}, \text{ м.}$$

Принимая это значение поточного радиуса, находим длину проницаемой части дугообразной поверхности одного канала:

$$L_1 = \pi \cdot \rho_{cp} \cdot \frac{\alpha}{180}, \text{ м.}$$

Зная значения  $L_1$ ,  $H$ , и  $k_\phi$ , находим:  
площадь живого сечения проницаемой поверхности одного серповидного канала фильтроэлемента

$$S_{01} = L_1 \cdot H \cdot k_\phi, \text{ м}^2$$

ортогональную скорость фильтрата через проницаемую поверхность фильтроэлемента

$$v_0 = \frac{Q_{01}}{S_{01}} = \frac{180 \cdot Q_{01}}{\pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_{\phi} \cdot \rho_{cp}}, \text{ м/с}$$

отношение продольной и ортогональной скоростей

$$i = \frac{v}{v_0} = \frac{v \cdot \pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_{\phi} \cdot \rho_{cp}}{180 \cdot Q_{01}} = \frac{v \cdot \pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_{\phi} \cdot \left[ R - h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n} \right]}{180 \cdot Q_{01}}. \quad (4)$$

Из выражения (4) находим радиус корпуса очистителя

$$R = \frac{180 \cdot Q_{01} \cdot i}{v \cdot \pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_{\phi}} + h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n}, \text{ м} \quad (5)$$

где  $i = 3 \div 12$  в зависимости от степени загрязненности воды, которая задается заказчиком в исходных данных.

Задавая конкретным значением отношения  $i$ , соответствующим заданной в исходных данных степени загрязненности жидкости, определяем радиус  $R$  корпуса очистителя. Далее, по известным постоянным параметрам и переменном от  $0$  до  $\alpha$  угле  $\beta$ , по выражениям (2) или (3) определяем ряд поточных радиусов профиля фильтроэлемента. Например, делаем это через каждые  $10^0$  и результаты сводим в таблицу, используемую в дальнейшем при разметке грушеобразного профиля на основаниях корпуса фильтроэлемента при его сборке.

Так как в выражении для определения длины  $L_1$  используются значения в градусах, а в формулах (2) и (3) угол  $\beta$  является величиной переменной, то при расчете удобнее все углы выражать в градусах. Опытном проектировании так же установлено, что угол  $\alpha$ , определяющий длину канала и проницаемую часть поверхности фильтроэлемента, примерно равен  $150 \pm 5^0$ . Остальные два участка половины длины профиля фильтроэлемента выполняются непроницаемыми и играют не менее важную роль в работе очистителя. Один из них расположен перед входом в канал и должен обеспечивать вхождение жидкости в него по касательной к поточному радиусу, т.е. обеспечивать условия гидродинамической очистки, а другой – после выхода из него, определяется углом  $\gamma$  и должен исключать отсос фильтрата из фильтроэлемента в слив. При этом угол  $\gamma$  обычно не превышает  $10^0$  от продольной оси очистителя. Наряду с этим, эти участки профиля фильтроэлемента рационально используются и для других не менее важных целей [8].



Для изготовления корпуса фильтроэлемента необходимо знать положение центра  $O_1$  его профиля относительно центра  $O_2$  профиля корпуса очистителя, т.е. эксцентриситет  $e$ , который при этом определяется по выражению:

$$e = 90 \cdot h_k \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n} = 90 \cdot B, \text{ м} \quad (6)$$

Так как речь идет о гидродинамическом очистителе, следует всегда учитывать, что при его разработке фильтрующую сетку следует выбирать из условия, что размер ее ячейки может быть, например, в 2–3 раза больше максимально допустимого значения диаметра частицы загрязнения в фильтрате, т.е.  $c = (2 \div 3) \cdot d_0$ . Это обеспечивает уменьшение габаритов очистителя и его стоимости. В особых случаях размер ячейки сетки может иметь значения как меньше размера допустимого диаметра частицы загрязнения  $c < d_0$ , так и больше рекомендуемого диапазона  $c = (3 \div 10) \cdot d_0$ . Первый случай исключает вероятность попадания в фильтрат частиц загрязнения, крупнее допустимого, в момент нарушения гидродинамических условий очистки, но приводит к увеличению габаритов очистителя. Второй случай – резко снижает габариты и стоимость очистителя, но требует высоких скоростей жидкости в канале или больших ее потерь.

Расчет любого изделия должен способствовать высокой степени стандартизации при проектировании изделия, т.е. обеспечивать конструктору возможность как можно больше использовать стандартно выпускаемых изделий. В данном случае, при расчете фильтроэлемента, должны быть учтены стандарты на сетки и профили металла, причем сам фильтроэлемент должен обеспечить возможность использования стандартных изделий и при последующем проектировании корпуса очистителя, куда он будет монтироваться, таких как: трубы, днища, крышки, фланцы, прокладки и прочее. Поэтому, даже после удовлетворительного расчета фильтроэлемента, возможна еще и его корректировка.

На конкретном примере убедимся, что предложенная методика расчета проста, доступна и не столь объемна. Сделаем это на примере расчета фильтроэлемента гидродинамического очистителя для очистки непрерывного потока технической воды от твердых загрязнений при следующих исходных данных: производительность по входу в очиститель  $Q = 2000 \text{ м}^3/\text{час}$  или  $0,556 \text{ м}^3/\text{с}$ , что в начале одного канала составляет  $Q_{н1} = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$ ; количество сливаемой из очистителя жидкости – 10%, т.е.  $n = 0,1$ ; производительность очистителя по фильтрату  $Q_0 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , что на один канал составляет  $Q_{01} = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}$ ; максималь-

ный размер частиц загрязнений в исходной воде  $d_{\max} = 0,012$  м; тонкость очистки  $d_0 = 0,300$  мм; степень загрязненности воды – до 2 г/л.

С учетом выше изложенного и средней загрязненности воды, принимаем отношение  $i = 7$ , а продольную скорость  $v = 1,0$  м/с. Ширину в конце канала находим из условия, что  $h = (1,1 \div 1,5) \cdot d_{\max} = (1,1 \div 1,5) \cdot 0,012 = 0,013 \div 0,018$  м. Принимаем  $h_k = 0,015$  м. По известным значениям расхода, скорости и ширине в конце канала определяем его высоту  $H = \frac{n \cdot Q_{н1}}{h_k \cdot v} = \frac{0,1 \cdot 0,278}{0,015 \cdot 1,0} = 1,85$  м.

Так как стандартные сетки, например, по ГОСТ 3826-82 предусмотрены шириной  $1,0 \div 1,3$  м, то корпус фильтроэлемента по высоте будет покрыт двумя сетками шириной  $1,0$  м. В такой ситуации обрезка сеток не целесообразна. Поэтому, учитывая это и необходимость крепления сеток на корпусе фильтроэлемента, принимаем рабочую часть каждой сетки равной  $0,96$  м. Тогда общая высота рабочей части фильтроэлемента, т.е. высота канала  $H = 1,92$  м, а не  $1,85$  м, а скорость воды в канале  $v = 0,96$  м/с.

Исходя из выше сказанного, определяем размер ячейки сетки  $c = (2 \div 3) \cdot d_0 = (2 \div 3) \cdot 0,300 = 0,6 \div 0,9$  мм, принимаем  $c = 0,9$  мм. Из таблицы ГОСТ 3826-82 очевидно, что сетка с такой ячейкой выпускается и коэффициент ее живого сечения при диаметре проволоки  $0,36$  мм составляет  $k_c = 0,51$ .

В работе [9] показано, а практикой изготовления фильтроэлементов доказано, что при определенных условиях изготовления таких корпусов, их боковая перфорированная поверхность может иметь очень высокий коэффициент живого сечения  $k_k = 0,84 \div 0,86$ . Принимаем  $k_k = 0,85$  и находим общий коэффициент живого сечения проницаемой поверхности фильтроэлемента  $k_\phi = k_k \cdot k_c = 0,51 \cdot 0,85 = 0,434$ .

При наличии имеющихся данных по выражению (5) определяем радиус корпуса очистителя:

$$R = \frac{180 \cdot Q_{01} \cdot i}{v \cdot \pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_\phi} + h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n} =$$

$$= \frac{180 \cdot 0,25 \cdot 7}{0,96 \cdot 3,14 \cdot 150 \cdot 1,92 \cdot 0,434} + 0,015 \cdot \frac{1+0,1}{2 \cdot 0,1} = 0,918 \text{ м.}$$

Из таблиц ГОСТ 28759.2-90 на фланцы очевидно, что самым близким к этому радиусу является фланец с диаметром  $1800$  мм, поэто-

му принимаем  $R = 0,9$  м. При этом перерасчет показывает, что отношение  $i = 6,88$ , т.е. очиститель с таким радиусом корпуса и фильтроэлементом при заданных исходных данных остается работоспособным.

Для изготовления фильтроэлемента с известной высотой для корпуса очистителя с известным радиусом необходимо еще найти формирующие его грушеобразный профиль поточные радиусы и эксцентриситет. Для этого определяем значения составляющих из выражения (3)

$$A = R - h_k = 0,9 - 0,015 = 0,885 \text{ м};$$

$$B = h_k \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n} = 0,015 \cdot \frac{1-0,1}{150 \cdot 0,1} = 0,0009 \text{ м/град},$$

с помощью которых, по выражению (3) находим ряд значений поточных радиусов на дуге с углом  $\alpha = 150^\circ$

$$\rho = 0,885 - 0,0009 \cdot \beta, \text{ м}$$

например, через каждые  $10^\circ$ , и сводим их в таблицу (не показана), а по выражению (6) определяем эксцентриситет

$$e = 90 \cdot B = 90 \cdot 0,0009 = 0,081 \text{ м}.$$

Следует обратить внимание на то, что в расчете при средней загрязненности воды в 2 г/л приняты также среднее значение скорости в канале  $v = 0,96$  м/с и среднее значение отношения скоростей  $i = 7$ , но слив воды при этом принят ближе к минимальному значению – 10%. Это противоречие позволяет иметь запас работоспособности очистителя в случае непредвиденного повышения степени загрязненности воды на производстве или случайно заниженной ее загрязненности при отборе проб для исходных данных, обусловленной временным понижением степени загрязнения или недостоверностью проб воды.

Таким образом, очевидно, что предложенный расчет является простым в исполнении и доступным в понимании. Он может быть полезным для инженерно-технических работников предприятий, конструкторов проектных организаций, студентов вузов и учащихся техникумов, а также послужить основой для разработки очистителей жидкостей с другими свойствами и не только от твердых загрязнений.

### **Библиографический список**

1. *Высокоскоростные самоочищающиеся фильтры ЕРЖ и ЕЗЖ Кемеровского химмаша.* <http://www.kemhimmash.ru>.

2. *Высокоскоростные самоочищающиеся фильтры ФРГ.*  
<http://www.taprogge.ru/en> IN - TA - ST® - Filtration - PR-BW-100.

3. *Автоматизированные фильтры ООО «Океанмашэнерго».*  
<http://www.oceanmas.dp.ua>.

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

5. *UK Patent Application GB 2110554 A. Fig 6, 7. B01D 29/20, 35/02, pub. 22 Jun 1983.*

6. *Денищик С.С. Определение профиля поверхности фильтроэлемента для обеспечения постоянства тонкости очистки / Денищик С.С., Финкельштейн Л.З. – Всеукраїнський науково-технічний журнал "Промислова гідравліка і пневматика", № 4, 2006. - С. 45-47.*

7. *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.*

8. *Пат. 46507 Україна, МПК<sup>б</sup> B01D 29/23, 35/02. Очистник потоку рідин / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2001075440; заявл. 31.07.01; опубл. 15.02.05. Бюл. № 2.*

9. *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.*

**Рекомендовано к печати проф. В.Н. Ульянцким**