

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

## **ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОЧИСТИТЕЛЯ ЖИДКОСТИ ТИПА «ЦИЛИНДР В ЦИЛИНДРЕ»**

*Запропоновані шляхи підвищення конкурентоспроможності гідродинамічного очисника рідин від твердих забруднень.*

*Ключові слова: очисник, рідина, напірний канал, плоска поверхня, циліндричний фільтроелемент.*

*Предложены пути повышения конкурентоспособности гидродинамического очистителя жидкостей от твердых загрязнений.*

*Ключевые слова: очиститель, жидкость, напорный канал, плоская поверхность, цилиндрический фильтроэлемент.*

**Постановка проблемы и анализ последних достижений.** Из года в год промышленные стоки приобретают все более угрожающий для экологии характер. Не исключением являются и предприятия металлургического комплекса. Для снижения загрязнений, способных попасть в окружающую среду, предпринимают ряд мер, одним из этапов которых является реализуемое в различного рода фильтрах разделение этих стоков на жидкую и твердую фазы для дальнейшего использования, переработки или захоронения [1].

Мечта об идеальном фильтре всегда будоражила умы специалистов. Для этого, по мнению авторов работы [2], он должен соответствовать следующим основным требованиям: непрерывная очистка жидкости с четко ограниченной верхней границей крупности; неограниченная грязеемкость; низкий и постоянный перепад давления; значительная пропускная способность при малых габаритах; неограниченный срок службы; отсутствие сменных или регенерируемых фильтроэлементов; отсутствие потребности в техническом обслуживании; возможность встройки непосредственно в гидросистему; независимость степени очистки от содержания (в пределах разумного) механических примесей в поступающей на очистку жидкости, как по массовому, так и по гранулометрическому составу; независимость от рода жидкостей; низкая стоимость, практически не зависящая от тонкости очистки того же количества жидкости.

Наиболее близкими к нему стали фильтры [3], в которых осуществляется очистка жидкости от твердых загрязнений с так называемыми перекрестными потоками или тангенциальная очистка. В прошлом веке она была названа гидродинамической очисткой, реализуемой в то время в гидродинамических фильтрах типа «конус в цилиндре» или «цилиндр в конусе» с максимальной производительностью до  $18 \text{ м}^3/\text{час}$  для очистки рабочей или смазочной жидкости [4]. За рубежом в то же самое время более широкое признание получили гидродинамические фильтры типа «цилиндр в цилиндре» на много большей производительности для очистки технической воде. По причинам, изложенным в работе [3], использование последних к концу века резко снизилось и лишь благодаря успешным разработкам в Украине в самом конце прошлого и в начале нового века, несмотря на кризисный период, они получили новый толчок к широкому использованию [5]. И так как, по сути, в них осуществляется не фильтрация, а очистка жидкости, то их назвали очистителями. Столь резкому увеличению внедрения очистителей типа «цилиндр в цилиндре» способствовал значительный ряд их преимуществ [3] в сравнении даже с самыми близкими на то время конкурентами - современными самоочищающимися посредством обратной промывки фильтрами. А именно, они: просты в изготовлении; удобны и минимально затратные в обслуживании и, в простом исполнении, вообще не нуждающиеся в обслуживании в течение ряда лет; имеют самые низкие потери давления и не плавающий, стабильный в ходе очистки, перепад давления; высоко надежны в работе из-за отсутствия регулирующих, вращающихся и трущихся узлов; пожаро- и взрывобезопасны в работе, что без дополнительных мер и затрат обеспечивает их использование в таких местах; не нуждаются в дополнительных видах энергии, что без дополнительных затрат обеспечивает их использование в любом месте; могут очищать жидкости с более высокой температурой; намного дешевле своих основных конкурентов; при снижении производительности по фильтрату повышают степень очистки жидкости; в ходе очистки жидкости имеют возможность, при необходимости, изменять тонкость очистки.

Из проведенных ранее исследований [3] очевидно, что гидродинамический очиститель типа «цилиндр в цилиндре» явно уступает по производительности гидродинамическому очистителю жидкости типа «шар в шар» при одинаковых габаритах их фильтроэлементов. Это вызвано тем, что площадь фильтрующей поверхности у очистителей первого типа практически в 1,5 раза меньше чем второго. В связи с этим возникла задача по увеличению площади фильтрующей поверхности, то есть производительности, без увеличения габаритов и сделать исследуемый очиститель более конкурентоспособным.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является увеличение производительности гидродинамического очистителя типа «цилиндр в цилиндре» за счет совершенствования конструкции фильтроэлемента без увеличения его габаритов.

**Результаты исследований.** В работе [6] предложено увеличение площади фильтрации за счет дополнительного фильтроэлемента, что почти в два раза увеличивает габариты очистителя и значительно повышает его стоимость. К тому же, имеющий место в таком очистителе напорный канал постоянной ширины от входа к выходу при постоянной его высоте ухудшает условия ведения процесса гидродинамической очистки жидкости в сравнении с напорным каналом, уменьшающимся по высоте в направлении движения в нем жидкости. Очевидно, что данный способ повышения производительности очистителя не может быть эффективным. Информации о других решениях поставленной задачи не обнаружено.

Результатом проведенных исследований стал вариант усовершенствованного гидродинамического очистителя жидкости от твердых загрязнений [7], представленный на рисунке 1.

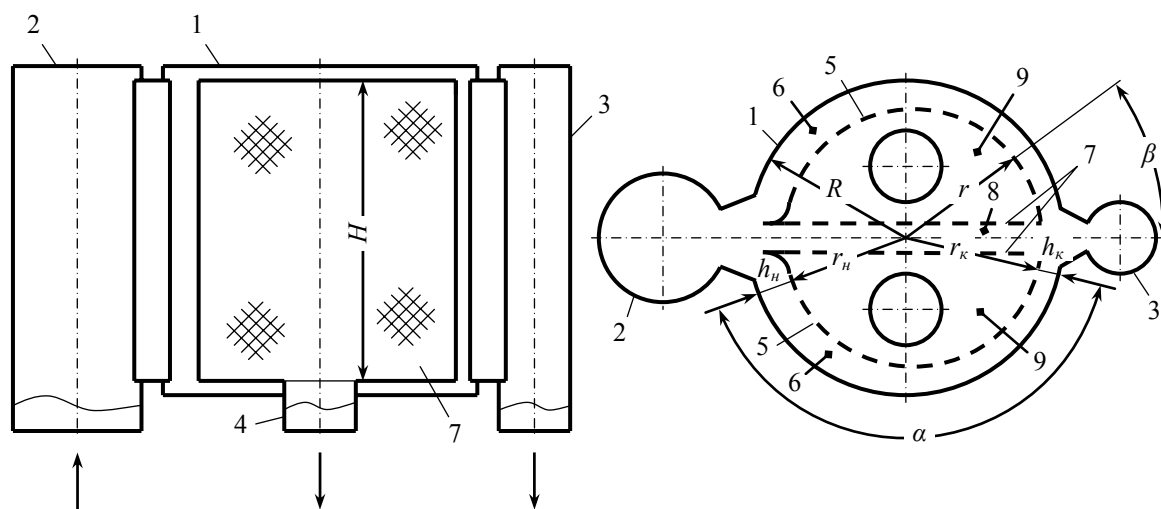


Рисунок 1 – Гидродинамический очиститель жидкости типа «цилиндр в цилиндре»

Очиститель содержит вертикальный корпус 1 в виде кругового цилиндра с расположенными на диаметрально противоположных боках входным 2 и сливным 3 патрубками и с присоединенными к одному из торцов двумя выходными патрубками 4. В корпусе 1 установлен фильтроэлемент, две проницаемые дугообразные поверхности 5 которого, определяемые углом  $\alpha$  и поточным радиусом  $r$ , совместно с внутренней поверхностью кругового цилиндра корпуса 1 радиусом  $R$  образуют два

серпообразных напорных канала 6 постоянной высоты. Две плоские проницаемые поверхности 7 фильтроэлемента, расположенные вертикально и симметрично вдоль продольной оси очистителя, образуют между собой сквозной напорный канал 8 постоянной высоты, который так же как и серпообразные каналы соединяет между собой входной 2 и сливной 3 патрубки. При этом образуются две симметричные относительно продольной оси очистителя приемные камеры 9 фильтрата, сообщенные каждая с соответствующим выходным патрубком 4 и через перфорации в поверхностях 5 и 7 с напорными каналами 6 и 8.

Очиститель работает следующим образом. Подлежащую очистке жидкость под давлением и непрерывным потоком подают во входной патрубок 2, откуда она поступает одновременно в два серпообразных 6 и один клинообразный 8 напорные каналы. В них жидкость движется вдоль проницаемых поверхностей 5 и 7, через перфорации которых большая ее часть в виде фильтрата сначала проникает в приемные камеры 9, а потом покидает очиститель по выходным патрубкам 4. Другая же часть жидкости, так называемая смывная жидкость, вместе с загрязнениями движется к выходам из напорных каналов 6 и 8 и затем поступает в сливной патрубок 3, через который оставляет очиститель и направляется по назначению. Количество смывной жидкости определяется регулирующим дросселем, установленным на выходе сливного патрубка 3.

Наличие в предлагаемом очистителе двух плоских проницаемых дополнительных поверхностей 7 и образуемого ими напорного канала 8 значительно увеличивает производительность очистителя или при одинаковой производительности со сравниваемым очистителем значительно уменьшает его габариты и стоимость при условии, что все проницаемые поверхности 5 и 7 выполнены с одинаковым коэффициентом живого сечения. Конкретнее, если учесть, что в среднем при угле  $2 \cdot \alpha = 300^\circ$  длина двух проницаемых дугообразных поверхностей 5 составляет  $0,83 \cdot \pi \cdot D = 2,6 \cdot D$ , а длина двух плоских проницаемых поверхностей 7 равна  $2 \times (0,9 \cdot D) = 1,8 \cdot D$ , то очевидно, что при одинаковой высоте  $H$  поверхностей 5 и 7 общая проницаемая поверхность очистителя увеличится в 1,7 раза в сравнении с прототипом, что даже превышает возможности гидродинамического очистителя типа «шар в шаре» с фильтроэлементом диаметром  $D$ .

Известно, что для достижения минимальных потерь давления жидкости в очистителе и равномерности фильтрации по всей фильтрующей поверхности его фильтроэлемента скорость течения жидкости в напорных каналах должна быть постоянной. А это возможно только в том случае, когда напорные каналы 6 и 8 постоянной высоты  $H$  будут иметь линейно уменьшающуюся в направлении движения жидкости

ширину. Поэтому, для достижения этого, плоские проницаемые поверхности 7 приемных камер 9 расположены между собой под острым углом с вершиной на продольной оси очистителя и канала 8 со стороны сливного патрубка 3, а проницаемая дугообразная поверхность 5, ограниченная углом  $\alpha$  и образующая серповидный канал 6, выполнена поточным радиусом  $r$ , который определяется по формуле

$$r = r_k - \left( h_k \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n} \right) \cdot \beta, \text{ м} \quad (1)$$

где  $r_k = R - h_k$  - радиус боковой поверхности фильтроэлемента на выходе из серпообразного канала с линейно изменяющейся шириной, м;  
 $R$  - радиус внутренней поверхности цилиндрического корпуса, м;  
 $h_k$  - ширина конца серпообразного канала с линейно изменяющейся шириной, м;

$n$  - доля сливной части жидкости от количества жидкости в начале серпообразного канала с линейно изменяющейся шириной;

$\alpha$  - угол, определяющий длину канала с линейно изменяющейся шириной, град;

$\beta$  - изменяющаяся часть угла  $\alpha$  в направлении от сливного патрубка в сторону начала серпообразного канала, то есть от 0 до  $\alpha$ , град.

Если учесть, что для данного типа очистителей потока жидкостей  $n = 0,06 \div 0,2$ , а  $\alpha = 150 \pm 5^\circ$ , то в формуле (1) остаются неизвестными внутренний радиус корпуса  $R$  и ширина конца напорного канала  $h_k$ .

Так как гидродинамическая очистка жидкости предусматривает незамедлительное удаление из очистителя загрязнений, то вполне очевидно, что через очиститель должны пройти беспрепятственно загрязнения с максимально допустимым в ней диаметром  $d_{max}$ , обычно указываемым в исходных данных на разработку очистителя. Поэтому, самая малая ширина его канала, а именно ширина его конца  $h_k$ , должна быть несколько большей максимального диаметра загрязнений. Учитывая, что это имеет место в конце прямоугольного в сечении канала, то ширину его в этом месте принимают равной  $h_k = (1,1 \div 1,5) \cdot d_{max}$ . Ширина конца канала является одним из основных параметров для продолжения расчета фильтроэлемента и очистителя вообще. Тогда ширина начала канала при известной доле  $n$  сливаемой части жидкости будет равна  $h_n = h_k / n$ . Под понятием начало и конец напорных каналов 6 и 8 понимают как начало так и конец проницаемой части поверхностей 5 и 7 бокового профиля приемной камеры 9, первая из которых ограничена углом  $\alpha$ .

Если учесть, что  $r_k = R - h_k$ , то, зная ширину  $h_k$  конца напорного канала  $b$ , осталось найти радиус  $R$  корпуса очистителя. Но, следует отметить, что одного знания значения этого радиуса без учета особенностей его определения не достаточно для того, чтобы утверждать о том, что гидродинамический очиститель с рассчитанным по нему фильтроэлементом будет работоспособным. Суть сказанного заключается в особенностях гидродинамических очистителей, для более четкого представления которых ниже даются некоторые конкретные значения параметров и сопровождающих их пояснения. Она состоит в том, что очистители этого типа работоспособны только в том случае, если значение отношения продольной скорости  $v$  жидкости в канале над проницаемой поверхностью к ортогональной скорости  $v_o$  фильтрата через эту поверхность будет равно значению, отвечающему очистке конкретной очищаемой жидкости или группе жидкостей и устанавливаемому предварительно опытным путем, т.е.  $v/v_o = i$ . При этом в очистителях жидкости этого типа с постоянной продольной скоростью в их каналах значение последней принимают равным  $v = 0,5 \div 1,5$  м/с, хотя не исключаются и иные значения для конкретного случая очистки жидкости.

Так, например, опытами установлено [8], что, в случае очистки потока технической воды от твердых загрязнений, отношение  $i > 3$  при загрязненности до  $3,5$  г/л и в зависимости от этого и ряда других факторов оно лежит в пределах от 3 до 12. И условно можно считать, что если  $i = 4 \div 6$ , то надежность работы очистителя обеспечена при очистке малозагрязненной воды ( $0,75 \div 1,25$  г/л), если  $i = 6 \div 8$ , то это будет иметь место при очистке воды средней степени загрязненности ( $1,5 \div 2,5$  г/л), а если  $i = 8 \div 12$ , то - при высокой ее загрязненности ( $2,75 \div 3,5$  г/л). Если же  $i = 3 \div 4$ , то работа очистителя находится в зоне риска или он будет работоспособен при очень низкой загрязненности воды, например, до  $0,5$  г/л. При значении  $i > 12$  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 жидкости в потоке является отношение  $i = v/v_o$ .

Следует так же иметь в виду, что понятие загрязненности оборотной воды на производстве довольно неадекватное, так как в полной мере зависит от соблюдения норм и методов отбора проб воды на анализ, средств отбора и квалификации пробоотборщика, что по состоянию на данный момент требует значительного совершенства. Но даже наличие стандартизированных средств отбора проб и соблюдение норм и методов их отбора не могут дать реальной картины загрязненности такой воды при отсутствии соблюдения нормативного ее загрязнения перед

подачей в сеть водоводов. Поэтому, 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 параметр  $i$  можно только за счет изменения ортогональной скорости  $v_o$  фильтрата путем изменения живого сечения пропускаемой поверхности фильтроэлемента  $k_\phi$ , количества сливаемой из одного серповидного канала жидкости  $Q_k^1$ , поточного радиуса за счет изменения радиуса  $R$  корпуса очистителя, высоты  $H$  пропускаемой части дугообразной поверхности. Т.е., параметры  $k_\phi$ ,  $Q_k^1$ ,  $R$  и  $H$  взаимосвязаны между собой и зависят от параметра  $i$ .

Коэффициент живого сечения фильтроэлемента, выполненного в виде перфорированного корпуса без покрытия пропускаемым 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  $k_\phi = k_k \cdot k_c$ . С этих соображений интерес представляет фильтроэлемент [9], корпус которого имеет очень высокий коэффициент живого сечения. Принцип изготовления этого фильтроэлемента обеспечивает возможность и простоту построения поверхностей 5 и 7, особенно дугообразных.

Если учесть, что:

$Q$  – производительность очистителя по входу,  $m^3/c$ ;

$Q_1$  – расход жидкости на входе в клинообразный канал,  $m^3/c$ ;

$Q_2 = Q - Q_1$  – расход жидкости на входе в два серпообразных канала,  $m^3/c$ ;

$Q_{n.1} = Q_2/2$  – расход жидкости на входе одного серпообразного канала,  $m^3/c$ , то в конце одного канала слив составит  $Q_{k.1} = n \cdot Q_{n.1}$ ,  $m^3/c$ .

При известных параметрах  $Q_{n.1}$ ,  $h_k$ ,  $n$  и  $v$ , высота пропускаемой части фильтроэлемента равна  $H = \frac{n \cdot Q_{n.1}}{h_k \cdot v}$  и является величиной постоянной.

Ортогональная скорость фильтрата через пропускаемую поверхность определяется из выражения

$$v_o = Q_{o.1} / S_{o.1}, m/c$$

где  $Q_{o.1}$  – расход жидкости, прошедший через одну проницаемую дугообразную поверхность,  $м^3/с$ ;

$S_{o.1} = L_1 \cdot H \cdot k_\phi$  – площадь живого сечения одной проницаемой дугообразной поверхности,  $м^2$ ;

$L_1$  – длина дугообразной поверхности, соответствующая углу  $\alpha$ ,  $м$ .

Расчет длины  $L_1$  делается по среднему значению формирующих ее поточных радиусов. При этом, учитывая линейный характер изменения ширины серпообразного канала, оно может определяться не из всей массы значений поточных радиусов на дуге угла  $\alpha$ , а только по двум из них – в начале и в конце канала по формуле

$$r_{cp} = R - h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n}, м. \quad (2)$$

Принимая это значение за радиус по известной формуле, находим длину проницаемой части одной дугообразной поверхности

$$L_1 = \pi \cdot r_{cp} \cdot \frac{\alpha}{180}, м. \quad (3)$$

Зная  $L_1$ ,  $H$  и  $k_\phi$ , получим выражения для нахождения:

площади живого сечения проницаемой дугообразной поверхности

$$S_{o.1} = L_1 \cdot H \cdot k_\phi, м^2 \quad (4)$$

ортогональной скорости фильтрата, с учетом (2), (3) и (4)

$$v_o = \frac{Q_{o.1}}{S_{o.1}} = \frac{180 \cdot Q_{o.1}}{\pi \cdot \alpha \cdot \left( R - h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n} \right) \cdot H \cdot k_\phi}, м/с$$

и соотношения ее с продольной скоростью

$$i = \frac{v}{v_o} = \frac{v \cdot \pi \cdot \alpha \cdot \left( R - h_k \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n} \right) \cdot H \cdot k_\phi}{180 \cdot Q_{o.1}}. \quad (5)$$

Из выражения (5) находим внутренний радиус корпуса очистителя



$$R = \frac{180 \cdot Q_{o.1} \cdot i}{\nu \cdot \pi \cdot \alpha \cdot H \cdot k_{\phi}} + h_{\kappa} \cdot \frac{1+n}{2 \cdot n}, \text{ м.}$$

Задаваясь значением отношения  $i$ , соответствующим заданной в исходных данных загрязненности исходной жидкости, определяем радиус  $R$  корпуса очистителя. Затем, по известным параметрам, изменяя значение угла  $\beta$  от 0 до  $\alpha$ , по формуле (1) вычисляем ряд значений точного радиуса профиля фильтроэлемента, используемых в дальнейшем при разметке дугообразной поверхности фильтроэлемента.

Так как в формуле для определения длины  $L_1$  используются значения в градусах, а в формуле (1) угол  $\beta$  является величиной переменной, то при расчете удобнее всего углы выражать в градусах. Опытном проектировании установлено, что угол  $\alpha$ , определяющий длину канала и проницаемую часть поверхности фильтроэлемента, равен примерно  $150 \pm 5^\circ$ . Также следует учитывать, что раз речь идет о гидродинамическом очистителе, то фильтрующую сетку следует выбирать из условия, что размер ее ячейки должен быть в 2–3 раза больше максимально допустимого значения диаметра частицы загрязнения в фильтрате, т.е.  $C = (2 \div 3) \cdot d_o$ . Это обеспечивает уменьшение габаритов очистителя и его стоимости. Однако, в особых случаях, размер ячейка сетки может быть как меньше  $C < d_o$ , так и больше  $C = (3 \div 10) \cdot d_o$  рекомендуемого значения. При этом, в первом случае, исключается вероятность попадания в фильтрат более крупных частиц загрязнения чем допустимые, например, в момент запуска в работу очистителя. Это приводит к увеличению габаритов очистителя. Во втором случае резко снижаются габариты и стоимость очистителя, но возникает необходимость в увеличении скоростей течения жидкости в канале, что сопровождается увеличением потерь давления.

Расчет любого изделия должен способствовать высокой степени стандартизации, т.е. обеспечивать конструктору возможность как можно больше использовать стандартных 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 очистителя, возможна еще и его корректировка. Об этом и практическом расчете фильтроэлемента более детально изложено в работе [10].

Расчет клинообразного канала не представляет трудностей, так как при этом достаточно определить ширину канала в начале и конце.

При этом ширина конца этого канала должна быть не меньшей ширины конца серповидного канала.

Также известно, что работу любого гидродинамического очистителя можно сделать более эффективной, если часть сливаемой жидкости использовать в циркуляционном режиме совместно с очищаемой жидкостью. И так как количество смывной жидкости в очистителях тонкой очистки составляет не более 25% от общего количества очищаемой жидкости, то для циркуляции ее части целесообразней использовать струйный эжектор с подключением его по схеме, приведенной на рисунке 2.

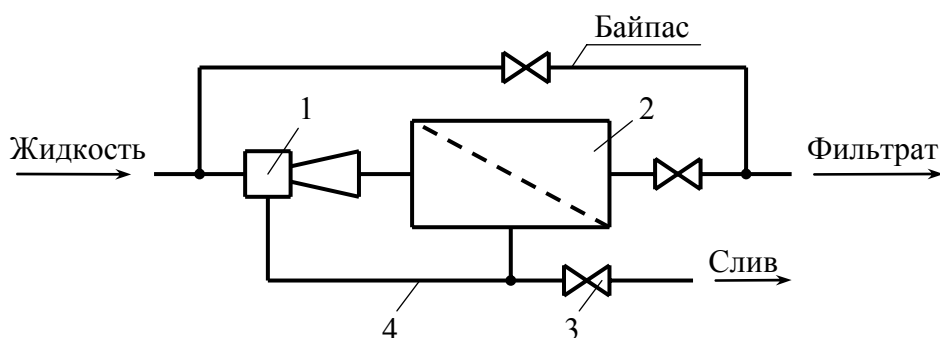


Рисунок 2 – Схема очистителя с эжектором на входе

Эжектор 1 (см. рис. 2) смонтирован перед входным патрубком очистителя 2, сливной патрубок которого перед регулирующим дросселем 3 соединен циркуляционным трубопроводом 4 с камерой пониженного давления эжектора 1, а выходной патрубок подсоединен к трубопроводу потребителя. В результате очищаемую жидкость подают на вход эжектора 1, где она создает разрежение в камере пониженного давления, благодаря чему часть смывной жидкости, определяемая дросселем 3, по трубопроводу 4 поступает в эжектор 1, а затем вместе с основной жидкостью попадает во входной патрубок очистителя. Вторая часть смывной жидкости через дроссель 4 покидает очиститель. Таким образом часть смывной жидкости постоянно циркулирует в системе очиститель – эжектор – циркуляционный трубопровод, а другая часть постоянно сливается из очистителя в канализацию, направляется в оборотный цикл или имеющему возможность ее использования потребителю. Это позволяет увеличить скорость жидкости в напорных каналах и еще более улучшить процесс ее очистки, повысить производительность и надежность работы очистителя.

**Выводы.** Таким образом, наличие в предлагаемом очистителе жидкости двух дополнительных проницаемых поверхностей, образующих клинообразный напорный канал постоянной высоты с линейно изменяющейся в направлении потока жидкости в нем шириной, обеспечи-

вает повышение производительности очистителя по фильтрату примерно в 1,7 раза в сравнении с аналогом, снижение потерь давления жидкости и равномерность фильтрации по всей фильтрующей поверхности фильтроэлемента. При одинаковой же производительности усовершенствованный очиститель будет иметь значительно меньшие габариты и стоимость.

### **Библиографический список**

1. *Список внедренных установок по водоподготовке и очистке воды.* [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.epcs.ru/works>.

2. *Гидродинамические фильтры.* [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.technique.com.ua/rus/articles/67/128>.

3. Чебан В.Г. *Преимущества, недостатки и перспективы самоочищающихся очистителей жидкости* // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 30. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С.177-183.

4. Финкельштейн З.Л. *Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин* / З.Л. Финкельштейн. – М. : Недра, 1986. – 232с.

5. ООО ПКП «Вектор». *Описание и внедрение гидродинамических фильтров «цилиндр в цилиндре»* [Электронный ресурс] / Режим доступа : [http:// www.pkpvector.ru/product/info.php](http://www.pkpvector.ru/product/info.php).

6. Заявка №0332277, МКИ4 В01D45/12, В04С5/28, 9/00. *Опубл. в РЖ «Изобретения в СССР и за рубежом», № 37, 1989.*

7. Пат. 61117 Україна, МПК(2011.01) В01D27/00. *Очистник потоку рідини* / Чебан В.Г. ; заявник і патентовласник ДонДТУ –№и201014807 ; заявл. 10.12.10 ; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. – 5 с.

8. Пат. 64598 Україна, МПК<sup>6</sup> В01D37/00. *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.

9. Пат. 64599 Україна, МПК<sup>6</sup> В01D29/11. *Фільтроелемент очистника рідин* / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. –№2003076547; заявл. 14.07.03; опубл. 15.12.05. Бюл. № 12.

10. 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.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А.М.*