

УДК 628.16.06

ОДНОКАНАЛЬНЫЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ОЧИСТИТЕЛЬ ТИПА «ЦИЛИНДР В ЦИЛИНДРЕ»**В. Г. Чебан**Донбасский государственный технический университет
просп. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204, Украина.**С. С. Антоненко**Сумский государственный университет
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: antonenko-ss@mail.ru

Рассмотрен одноканальный самоочищающийся очиститель воды от твердых загрязнений с цилиндрическим корпусом и расположенным в нем фильтроэлементом, проницаемая боковая поверхность которого вместе с внутренней поверхностью кругового цилиндра образуют напорный канал с линейно изменяющейся в направлении движения жидкости в нем шириной. Отмечены основные преимущества одноканального гидродинамического очистителя с постоянной скоростью жидкости в напорном канале над аналогами, позволяющие повысить эффективность работы очистителей или расширить область их применения. Рассмотренный вид очистителей способен очищать жидкость с крупными загрязнениями, обладает лучшими массогабаритными параметрами и экономическими характеристиками.

Ключевые слова: гидродинамический очиститель, фильтроэлемент, круговой цилиндр, напорный канал.

ОДНОКАНАЛЬНИЙ ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ОЧИСНИК ТИПУ «ЦИЛІНДР У ЦИЛІНДРІ»**В. Г. Чебан**Донбаський державний технічний університет
просп Леніна, 16, м. Алчевськ, 94204, Україна.**С. С. Антоненко**Сумський державний університет
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: antonenko-ss@mail.ru

Розглянуто одноканальний самоочисний очисник води від твердих забруднень з циліндричним корпусом і розташованим у ньому фільтроелементом, прониклива бокова поверхня якого разом з внутрішньою поверхнею колового циліндра утворюють напірний канал з лінійно змінюваною у напрямку руху рідини у ньому шириною. Відзначені основні переваги одноканального гідродинамічного очисника з постійною швидкістю в напірному каналі перед аналогами, що дозволяють підвищити ефективність роботи очисників або розширити сферу застосування. Розглянутий вид очисників здатен до очищення рідини з великими забрудненнями, має кращі массогабаритні параметри та економічні характеристики.

Ключові слова: гідродинамічний очисник, фільтроелемент, коловий циліндр, напірний канал.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Нынешняя экологическая обстановка в значительной степени характеризуется угрожающим физико-химическим состоянием ливневых, промышленных и коммунальных стоков, роль которых все заметнее становится определяющей в эффективности работы промышленных и коммунальных предприятий. Особенно это проявляется в случаях использования современных технологий производства, предъявляющих довольно жесткие требования к качеству технической и технологической воды. Удовлетворить такие требования современного производства в достаточной степени стало под силу пока только мембранным технологиям очистки воды. Одна из них осуществляется в выносных мембранных аппаратах. Но эта технология возможна лишь после предварительной подготовки очищаемой воды, в том числе предусматривающей и очистку воды от твердых загрязнений с размерами более 5 мкм. К сожалению, для достижения столь значительной степени предварительной очистки ничего альтернативного традиционным способам и средствам очистки пока не предложено. По-видимому, поэтому появилась мембранная биореакторная технология очистки воды, по сути своей более снисходительная к требованиям предварительной подготовки воды и включающая как минимум необходимость ее микрофльтрации,

например от 200 до 5 мкм, что позволило расширить возможность эффективного использования в схемах предварительной подготовки даже известных средств очистки.

Существующие же устаревшие технологии, например в металлургической промышленности, преимущественно довольствуются технической и технологической водой с тонкостью очистки от 20 до 200 мкм, что под силу гидродинамическим очистителям [1, 2].

Целью работы является изыскание возможности расширения упоминаемого интервала размеров загрязнений при неизменных других преимуществах гидродинамических очистителей данного типа.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Появившаяся в начале 21-го века широкомащтабная информация свидетельствует о том, что из всех известных технологий механической фильтрации воды так называемая тангенциальная фильтрация, осуществляемая в мембранных напорных модулях, получила наибольшее признание с точки зрения масштабности внедрения при очень высоком качестве продукта. Известно, что именно гидродинамическая очистка основана на принципе тангенциальной фильтрации. Поэтому является логическим поиск эффективных средств очистки и предварительной подготовки воды среди тех из них, кото-

рые основаны на гидродинамической очистке. Для очистки маловязких жидкостей, в том числе и воды, предпочтительны гидродинамические очистители с неподвижным фильтроэлементом, т.е. неполнопоточные.

Предпочтение ряда потребителей Украины и России в начале этого века отдано самоочищающимся гидродинамическим очистителям типа «цилиндр в цилиндре» [3, 4]. К известным их преимуществам [4, 5] следует добавить довольно широкий интервал между максимально допустимыми размерами загрязнений в очищаемой воде и фильтрате. Например, в некоторых случаях известных внедрений [3] размер загрязнений в очищаемой воде составлял 30 мм, а в фильтрате – 0,2 мм. В тоже время анализ предподготовки воды показывает, что чем больше этот интервал, тем выше эффективность предподготовки воды, основанная на сокращении числа промежуточных ступеней очистки.

Существует ряд приемов для достижения поставленной выше цели, но они требуют применения дополнительных средств очистки, одни из которых отмечены в работах [6–8], причем при этом появляются и недостатки.

Исследование конструкций очистителей типа «цилиндр в цилиндре» показал, что при эффективных потерях смывной части очищаемой воды именно наличие двух серповидных каналов, в которых осуществляется процесс ее гидродинамической очистки от твердых загрязнений, является основной причиной, сдерживающей возможность очистки воды с более крупными загрязнениями. И если же такая конструкция очистителя будет иметь только один напорный канал, причем с линейно изменяющейся шириной при постоянной его высоте, то это в два раза увеличит ширину выхода из канала при неизменном сливе. Это, в свою очередь, во столько же раз увеличит допустимый размер загрязнений в очищаемой воде без каких-либо ухудшений других параметров очистителя.

На рис. 1 и 2 представлен один из вариантов такого очистителя.

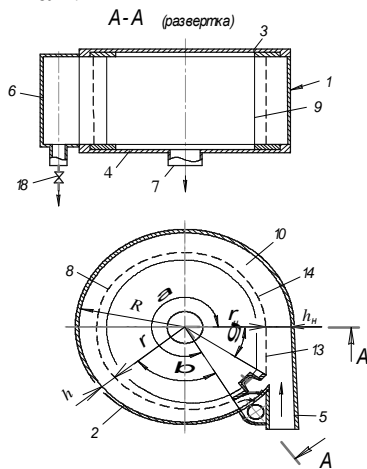


Рисунок 1 – Одноканальный гидродинамический очиститель

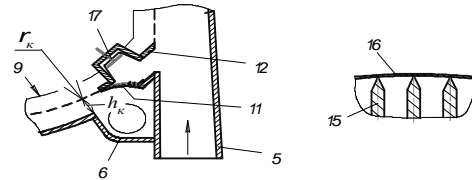


Рисунок 2 – Узлы гидродинамического очистителя

Он содержит цилиндрический корпус 1, образованный круговым цилиндром 2 с внутренней стенкой радиусом R и плоскими торцевыми крышками 3 и 4. Корпус 1 оборудован тангенциальным входным 5, радиальным сливным 6 и осевым выпускным 7 патрубками. Патрубки 5 и 6 расположены на цилиндрической стенке как можно ближе друг к другу с целью максимального использования для очистки воды боковой поверхности 8 фильтроэлемента 9, расположенного в корпусе 1 таким образом, что они вместе образуют напорный канал 10, в котором смонтирован запорно-направляющий элемент 11, контактирующий со стенками 2–4 корпуса 1 и боковой поверхностью 8 фильтроэлемента 9, отделяющий сливной патрубок 5 от входного патрубка 6 и направляющий смывную часть воды в первый из них.

При этом, расположенный между входным 5 и сливным 6 патрубками участок 12 боковой поверхности 8 фильтроэлемента 9, выполнен непроницаемым и постоянного радиуса ρ_k , а расположенный со стороны подачи воды в канал 10 ее участок 13, ограниченный углом γ , выполнен проницаемым, плоским и перпендикулярным поперечной оси корпуса 1. Основной же участок 14 этой поверхности, ограниченный углом α , выполнен проницаемым и такой формы, которая вместе с внутренней поверхностью радиусом R цилиндра 2 корпуса 1 обеспечивают образование канала 10 с линейно изменяющейся шириной h . Высота канала 10 постоянна, т.к. образована плоскими параллельными крышками 3 и 4 корпуса 1.

Загрязненную воду под давлением и непрерывным потоком подают во входной патрубок 5, откуда она поступает в канал 10 и движется в нем вдоль проницаемой поверхности 8 фильтроэлемента 9 в сторону сливного патрубка 6. При этом с помощью дросселя 18 большая по объему ее часть в виде фильтрата, сначала проникает через поверхность 8 в полость фильтроэлемента 9, а далее через выходной патрубок 7 покидает очиститель и направляется потребителю. Меньшая же часть воды, называемая смывной, продолжает движение в канале 10, где она постепенно обогащается загрязнениями, а затем вместе с ними сначала попадает в сливной патрубок 6, а затем покидает очиститель. Соотношение этих частей воды дросселируется из расчета, что ее скорость в канале 10 должна обеспечивать движение частиц загрязнений только вдоль поверхности 8 и исключать возможность их проникновения через нее вместе с фильтратом, о чем подробно изложено в работах [9, 10].

Известно, что напорные каналы, как и канал 10, с линейно изменяющейся в направлении движения жидкости в нем шириной при постоянной его высо-

те, т. е. с линейно изменяющейся площадью поперечного сечения, обеспечивают постоянство скорости этого движения. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что канал 10 будет иметь низкое сопротивление, поэтому и потери давления воды в нем будут незначительные, а фильтрация воды осуществляется с постоянной тонкостью очистки по всей поверхности 8 фильтроэлемента 9, что не менее важно, например, при гранулометрическом разделении суспензий.

Наличие одного напорного канала 10 в рассматриваемом очистителе в сравнении с двухканальными очистителями этого же типа, при одинаковых потерях сливаемой части воды и неизменных других параметрах обеспечивает увеличение ширины выхода из него в 2 раза. А это означает, что в таком очистителе можно очищать воду с размерами загрязнений во столько же раз большими. Или же при одинаковой ширине выхода из канала в предлагаемом очистителе достигается снижение в два раза упоминаемых выше потерь воды и за счет этого значительное повышение производительности очистителя по фильтрату. Как первое, так и второе качество, в свою очередь, резко расширяют возможности использования одноканальных очистителей.

Каким должен быть очиститель с упоминаемыми выше качествами показано на рис. 1, а в работе [10] в полной мере зложено, как получить канал с линейно изменяющейся площадью поперечного сечения и с постоянной скоростью движения воды в нем. Если же кратко, то все зависит от упоминаемой выше формы проницаемого участка 14 поверхности 8, представленной на рис. 1, которая в обязательном порядке должна быть образована поточным радиусом, определяемым из следующего выражения

$$r = r_k - h_k \cdot \frac{1-n}{a} \cdot b ; \quad (1)$$

где $r_k = R - h_k$ – поточный радиус боковой поверхности фильтроэлемента на выходе из канала (рис. 2); R – радиус внутренней стенки кругового цилиндра корпуса; h_k – ширина выхода из канала с линейно изменяющейся шириной, определяемая с учетом максимального размера частиц загрязнений в исходной жидкости; n – отношение сливной части воды на выходе из канала к ее количеству на входе в канал с линейно изменяющейся шириной; a – угол, определяющий длину канала с линейно изменяющейся шириной; β – переменная часть угла a в направлении от выхода канала в сторону его входа, то есть от 0 до a .

Но, в случае реализации преимущества одноканального очистителя, заключающегося в повышении производительности, принятый в работе [10] интервал $n = 0,06 \div 0,2$ следует принимать в 2 раза меньшим. Кроме того, в любом случае общая длина L проницаемой поверхности 8 должна определяться с учетом длины L_n ее плоского проницаемого участка 13, ограниченного углом γ , которая при точном расчете может быть определена из рис. 1 по известной формуле

$$L_n = \sqrt{r_k^2 - r_n^2} = r_k \cdot \sin \gamma = r_n \cdot \operatorname{tg} \gamma ; \quad (2)$$

где $r_n = R - h_n$ – поточный радиус боковой поверхности фильтроэлемента на входе в канал, с линейно изменяющейся шириной, т.е. в начале участка 14 проницаемой поверхности 8; h_n – ширина входа в канал с линейно изменяющейся шириной, определяемая с учетом допустимых скоростей течения жидкости в напорных каналах с постоянной продольной скоростью [10].

При предварительном же расчете общую длину L проницаемой поверхности 8 проще определять, как описано в работе [10], т.е. по известной формуле при среднем значении поточного радиуса, но с учетом угла γ

$$L = p \cdot r_{cp} \cdot \frac{a+g}{180} = p \cdot (r_k + r_n) \cdot \frac{a+g}{2 \cdot 180} ; \quad (3)$$

Рекомендуется за счет наклона наружной боковой стенки входного патрубка 5 ширину тангенциального подвода воды на длине плоского участка 13 поверхности 8 фильтроэлемента 9 принимать линейно изменяющейся, а для облегчения изготовления предложенной формы боковой поверхности 8 использовать описанный в работе [11] известный апробированный опыт. Он предусматривает изготовление корпуса фильтроэлемента 9, изображенного на рис. 1 и 2, из опорных колец, стяжных стоек и продольных полос 15, расположенных с зазором между собой. Готовый корпус покрывают фильтрующим рукавом 16, плотно облегающим кромки полос 15 за счет использования натяжного устройства 17, расположенного в корыте непроницаемой части 12 боковой поверхности корпуса фильтроэлемента 9.

Многочисленные расчеты показывают, что наличие одного канала 10 в сравнении с двумя увеличивает проницаемую поверхность фильтроэлемента 9 примерно на 8–12 %, что позволяет увеличить производительность очистителя или уменьшить его габариты и снизить себестоимость.

ВЫВОДЫ. Из изложенного выше очевидно, что одноканальные гидродинамические очистители типа «цилиндр в цилиндре» в сравнении с такими же двухканальными очистителями, имеющими одинаковую производительность по входу, более гибкие в использовании, потому что в зависимости от конкретной производственной ситуации они могут быть:

- более производительными по фильтрату;
- способными очищать жидкость с более крупными загрязнениями;
- меньшими по габаритам и более низкими по себестоимости.

Изложенная информация об одноканальных гидродинамических очистителях данного типа, причем с постоянной скоростью жидкости в напорном канале, за последние годы пока является единственной, поэтому будет полезной проектировщикам предприятий и студентам учебных заведений и может стать основанием для открытой и широкой дискуссии на данную тему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидродинамическая очистка жидкостей в Польше / З.Л. Финкельштейн, З. Васыльченко // Вестник МАНЭБ. – 2002. – № 7 (55). – С. 95–97.

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

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

4. Описание, преимущества и внедрение гидродинамических фильтров [Электронный ресурс] / ООО ПКП «Вектор». – Режим доступа: [www URL: http://pkpvector.ru/product/info.php](http://pkpvector.ru/product/info.php).

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

6. Схемы подключения гидродинамических фильтров [Электронный ресурс] / ООО «Донполиком ЛТД». – Режим доступа: [www URL: http://donpolicom-ltd.prom.ua/promo_docs](http://donpolicom-ltd.prom.ua/promo_docs).

7. Пат. № 48715 Україна, МПК В01D29/00, 29/76, 35/22. Самоочищний фільтр / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – № 2001117881; заявл. 19.11.01; опубл. 15.08.02, Бюл. № 8.

8. Пат. № 80483 Україна, МПК В01D29/00, 29/88, 35/22 Очистник потоку рідини від механічних домішок / Чебан В.Г., Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Чебан В.Г., Бондаренко В.П. – № а200511223; заявл. 28.11.05; опубл. 25.09.07, Бюл. № 15.

9. Пат. № 64598 Україна, МПК 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.

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.

11. Пат. № 64599 Україна, МПК В01D29/11 Фільтроелемент очисника рідин // Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – № 2003076547; заявл. 14.07.03; опубл. 15.12.05, Бюл. № 12.

SINGLE-CHANNEL HYDRODYNAMIC FILTER OF «CYLINDER IN A CYLINDER» TYPE

V. Cheban

Donbass State Technical University
prosp. Lenina, 16, Alchevsk, 94204, Ukraine.

S. Antonenko

Sumy State University

vul. Rimsky-Korsakov, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: antonenko-ss@mail.ru

A single-channel cylindrical self-cleared water solid pollution filter with a filtering element inside is considered. The penetrable side surface of the filter and the inside surface of a circular cylinder make together a delivery channel with a linear width coinciding with a liquid flow direction in it. The main advantages of a single-channel hydrodynamic filter, where a liquid moves at a constant speed in the delivery channel, in comparison with analogues are defined with those specified, which allow to increase overall performance efficiency and expand the implementation range of the filters. Such filters can decontaminate heavy polluted liquid, and have better mass-volume and economic characteristics.

Key words: hydrodynamic filter, filtering elements, circular cylinder, delivery channel.

REFERENCES

1. Hydrodynamic clearing of liquids in Poland / Z.L. Finkelstein, Z. Vasylechko // *The bulletin IASES*. – 2002. – № 7 (55). – PP. 95–97. [in Russian]

2. Perfection of ways of the sewage treatment dumped in reservoirs / Z.L. Finkelstein, V.A. Davidenko, I.N. Kuchin // *The bulletin IASES*. – 2003. – V. 8, № 5 (65). – PP. 83–85. [in Russian]

3. Experience of application of filters of ultrahigh productivity for clearing of industrial drains / Z.L. Finkelstein, L.Z. Finkelstein // *The bulletin IASES*. – 2003. – V. 8, № 5 (65). – PP. 94–97. [in Russian]

4. The Description, advantages and introduction of hydrodynamic filters [Electronic resource] / LLC ICE «Vector». – An access mode: [www URL: http://pkpvector.ru/product/info.php](http://pkpvector.ru/product/info.php). [in Russian]

5. Cheban V.G. Advantages, lacks and prospects of self-cleared filters of liquids // *The collection of proceedings of DonSTU*. Release 30. – Alchevsk: DonSTU, 2010. – PP. 177–183. [in Russian]

6. Schemes of connection of hydrodynamic filters [Electronic resource] / LLC «Donpolicom of LTD». – An access mode: [www URL: http://donpolicom-ltd.prom.ua/promo_docs](http://donpolicom-ltd.prom.ua/promo_docs). [in Russian]

7. The Patent № 48715 Ukraine, IPQ B01D29/00, 29/76, 35/22. *The self-cleared filter* / Bondarenko V.P.; The applicant and the owner of the patent Bondarenko V.P. – № 2001117881; it is declared 19.11.01; it is published 15.08.02, the bulletin № 8. [in Ukrainian]

8. The Patent. № 80483 Ukraine, IPQ B01D29/00, 29/88 35/22 *The filter of a stream of a liquid from mechanical impurity* / Cheban V.G., Bondarenko V.P.; the

applicant and the owner of the patent Cheban V.G., Bondarenko V.P. – № 200511223; it is declared 28.11.05; it is published 25.09.07, the bulletin № 15. [in Ukrainian]

9. The Patent № 64598 Ukraine, IPQ B01D37/00. *A way of clearing of a liquid from mechanical impurity in a stream* / Bondarenko V.P.; the applicant and the owner of the patent Bondarenko V.P. – № 2003076535; it is declared 14.07.03; it is published 15.07.05, the bulletin № 7. [in Ukrainian]

10. Cheban V.G. Practical calculation of filtering element with a profile of a filtering surface similar to a pear for a cleaner of liquids with small viscosity // *The collection of proceedings of DonSTU*. Release 31. – Alchevsk: DonSTU, 2010. – PP. 115–126. [in Russian]

11. The Patent № 64599 Ukraine, IPQ B01D29/11 *The filtering element of the filter of liquids* // Bondarenko V.P.; the applicant and the owner of the patent Bondarenko V.P. – № 2003076547; it is declared 14.07.03; it is published 15.12.05, the bulletin № 12. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 24.04.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Масловим О.Г.