

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ НАПОРНОМ КАНАЛЕ

В.Г. Чебан*, канд. техн. наук,

С.С. Антоненко**, канд. техн. наук,

**Донецкий государственный технический университет, г. Алчевск,*

***Сумский государственный университет, г. Сумы*

Предложен гидродинамический очиститель с плоским напорным каналом для очистки жидкости от твердых загрязнений, который вследствие особенностей его конструкции позволяет существенно расширить область использования гидродинамических фильтров и повысить эффективность их работы. Проанализированы различные схемы предложенного гидродинамического очистителя и определены направления дальнейшего исследования.

Ключевые слова: гидродинамический очиститель, напорный канал, жидкость.

Запропоновано гідродинамічний очисник із плоским напірним каналом для очищення рідини від твердих забруднень, який завдяки особливостям його конструкції дозволяє суттєво розширити область використання гідродинамічних фільтрів та підвищити ефективність їх роботи. Проаналізовано різні схеми запропонованого очисника та визначені напрямки подальшого дослідження.

Ключові слова: гідродинамічний очисник, напірний канал, рідина.

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в очистке жидкостей от твердых загрязнений с каждым годом становится все более актуальной. Наиболее очевидной для большинства она является в вопросе очистки как технической, так и питьевой воды. Уровень загрязненности ливневых, промышленных, коммунальных и других стоков достиг критической массы и существующие традиционные способы и средства очистки не в состоянии обеспечить постоянно ужесточающиеся требования усовершенствованных и новых технологий производства. Конец прошлого и начало нового века характеризуются все более возрастающим внедрением мембранного способа очистки воды, который, к сожалению, способен очищать ее только после так званой предварительной подготовки, предусматривающей получение промежуточного продукта с тонкостью очистки до 5 мкм. Но ничего нового для достижения столь высокой степени предварительной очистки пока не предложено.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Мировой экономической кризис резко затормозил внедрение новых технологий производства, особенно промышленного, использующего в громадных объемах техническую воду. В связи с этим начавшееся впервые в Украине и России в начале 21-го века внедрение гидродинамических фильтров для очистки больших потоков технической воды [1-3] не стало исключением. Но его масштабность и разнообразие показали, что гидродинамические фильтры достаточно эффективны в работе при очистке воды от твердых загрязнений размером до 20-500 мкм при исходной крупности около 30 мм. Причем тонкость очистки в 500 мкм определялась не возможностями фильтров, а потребностью производства. При этом использованы гидродинамические очистители типа «цилиндр в цилиндре» с двумя напорными серповидными каналами, выполненными с точки зрения наибольшей целесообразности

по рекомендациям, изложенным в работах [4, 5], причем для очистителей большой производительности. Для очистителя низкой производительности (до $100 \text{ м}^3/\text{час}$) и малой крупности загрязнений в жидкости (до 2 мм) рекомендуемое изготовление корпуса фильтроэлемента и крышек корпуса очистителя с коаксиальными посадочными местами для фильтроэлемента является достаточно сложным в сравнении с другими возможными вариантами конструкции гидродинамического очистителя. Нагляднее это проявляется в случаях потребности получения постоянной скорости жидкости в напорных каналах очистителей, обеспечивающей самое низкое их сопротивление и постоянство тонкости очистки по всей проницаемой поверхности фильтроэлемента, которые, в свою очередь, являются основой снижения потерь давления и количества жидкости, повышения производительности очистителей и расширения возможностей их использования.

Известно, что самой простой формой поверхности фильтрации является плоская поверхность. Она широко используется как в мембранных аппаратах, так и в гидродинамических фильтрах тонкой очистки [6-10], но их напорные каналы, в которых осуществляется гидродинамическая очистка, являются малоэффективными. Это выражается в повышенном сопротивлении, значительных потерях сливаемой части воды, недостаточной возможности очистки воды с более крупными по размеру загрязнениями, неравномерной тонкости очистки по поверхности фильтрации.

Поэтому повышение эффективности гидродинамического очистителя с плоскими фильтрующими поверхностями возможно, если он будет лишен всех вышеперечисленных недостатков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Очевидно, что упоминаемые выше недостатки гидродинамических очистителей с плоскими фильтрующими поверхностями связаны только с недостатком их конструкции, а именно - наличием напорных каналов с постоянной площадью поперечного сечения, так как известно, что наиболее эффективным из всех известных является напорный канал с линейно уменьшающейся в направлении потока жидкости в нем площадью поперечного сечения. Самым простым в исполнении является напорный канал, образованный двумя плоскими параллельными поверхностями, то есть канал постоянной высоты. Исследования показали, что напорный канал постоянной высоты, выполненный двумя соосными и параллельно расположенными дисковыми поверхностями, как минимум одна из которых проницаемая и как минимум одна из них выполнена с центральным отверстием, имеет поперечное сечение с линейно уменьшающейся площадью в направлении от периферии к центру. Поэтому логическим является суждение о том, что если в таком напорном канале в этом же направлении сформировать поток очищаемой жидкости, то его скорость в нем будет постоянной. Более наглядно это представлено на рис. 1, на котором изображен одноканальный гидродинамический очиститель для реализации способа гидродинамической очистки с постоянной скоростью очищаемой жидкости в плоском напорном канале. Такой канал имеет дискообразную форму.

Очиститель содержит цилиндрический корпус 1 с входным патрубком 2 и плоской крышкой 3, выполненной в виде диска с плоской внутренней поверхностью. В корпусе 1 расположен цилиндрический фильтроэлемент 4 с выходным 5 и сливным 6 патрубками и перфорированной плоской дисковой поверхностью 7 с центральным отверстием 8, покрытой фильтрующим материалом, например сеткой с центральным отверстием. При этом образованы направляющие каналы 9 и 10 и плоский

загрязнениями по сливному патрубку 6 в виде концентрата покидает очиститель. Количественное соотношение фильтрата и концентрата устанавливается задвижками 12 и 13, как правило, являющимися атрибутами гидродинамических очистителей.

На рис. 1 показан вариант одноканального гидродинамического очистителя для грубой и тонкой очистки жидкостей от твердых загрязнений. В нем плоский напорный канал 11 выполнен одной проницаемой 7 и одной непроницаемой 3 плоскими поверхностями в виде соосных дисков, только одна из которых с центральным отверстием 8.

С целью повышения производительности или уменьшения габаритов целесообразным является вариант одноканального очистителя, в котором обе образующие напорный канал плоские поверхности были бы проницаемыми и как минимум одна из них с центральным отверстием. При этом не исключены варианты таких очистителей с несколькими напорными дискообразными каналами.

Особенностью дискообразного напорного канала 11 является также то, что при постоянной его высоте h площадь выхода из него диаметром d_k значительно меньше площади входа в него диаметром d_n и при одинаковой скорости жидкости в них имеет место такое же уменьшение ее количества на выходе. Это свидетельствует о резком снижении потерь жидкости на саморегенерацию и повышении производительности очистителя.

Если в наиболее распространенных гидродинамических очистителях, выполненных по типу «цилиндр в цилиндре» [4] потери воды на сброс для осуществления саморегенерации фильтроэлемента составляют от 10 до 20% от производительности по входу, то в гидродинамических очистителях с подобным выходом [11] потери воды снижаются до 5-6% и менее.

К тому же если оставить потери жидкости без снижения, то очевидным является увеличение высоты напорного канала при неизменной производительности, следствием этого станет возможным очистка жидкости с большими по размеру загрязнениями.

Перечисленные достоинства гидродинамических очистителей с дискообразным напорным каналом 11 обеспечивают расширение возможностей их использования.

Для определения кинематических параметров плоского напорного канала с параллельными поверхностями гидродинамического очистителя, представленного на рис. 1, был проведен анализ. Исследуемый гидродинамический очиститель имел диаметр входа $d_n = 1,67$ м, диаметр выхода $d_k = 0,1$ м, производительность по входу $Q_n = 900$ м³/час.

На рис. 2 представлены графики изменения продольной скорости v_{np} жидкости над проницаемой поверхностью фильтроэлемента и отношения продольной скорости v_{np} к ортогональной скорости v_o фильтрата через эту поверхность ($i = \frac{v_{np}}{v_o}$) от безразмерной величины, равной отношению текущего диаметра d проницаемой поверхности фильтроэлемента к диаметру d_n входа в плоский напорный канал. При этом текущий диаметр d изменяется от диаметра входа d_n до диаметра выхода d_k .

Отношение скоростей $i = \frac{v_{np}}{v_o}$ является важнейшей характеристикой, определяющей не только эффективность гидродинамической очистки, но и саму работоспособность гидродинамического очистителя. Необходимое значение i зависит от свойств и степени загрязненности исходной жидкости [4].

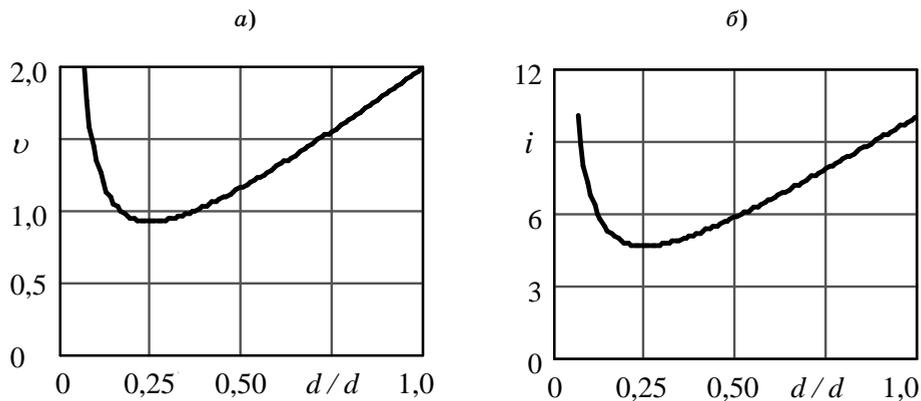


Рисунок 2 - График изменения продольной скорости (а) и отношения скоростей (б) для плоского канала с параллельными поверхностями

Анализ графиков показывает, что при движении потока жидкости от входа к выходу в плоском напорном канале происходит значительное изменение как продольной скорости, так и отношения скоростей. При этом на большей части пути движения жидкости происходит падение скорости и отношения скоростей. Это обусловлено неравномерным изменением количества фильтрата, покидающего напорный канал через проницаемую фильтрующую поверхность при изменении диаметра d .

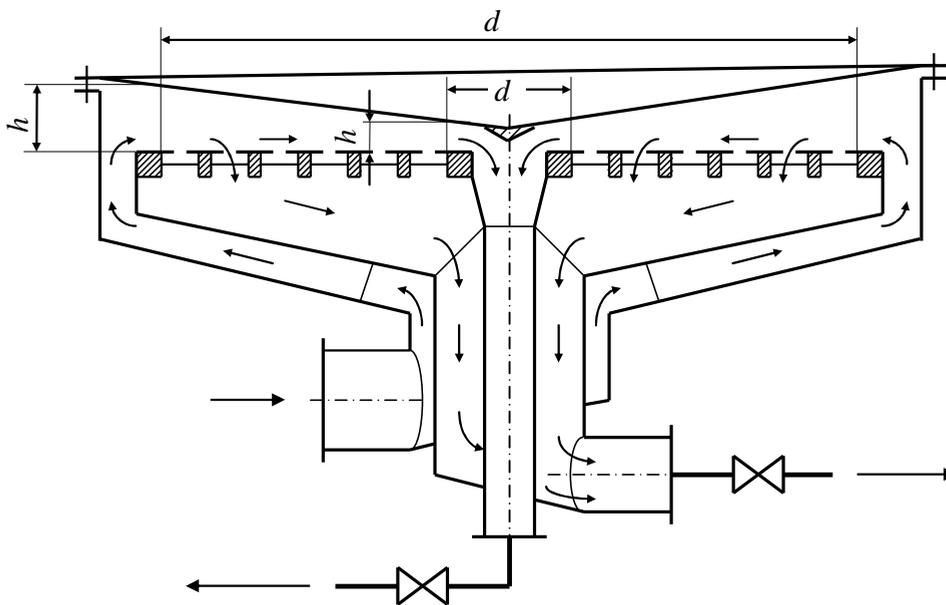


Рисунок 3 – Гидродинамический очиститель с напорным каналом, образованным крышкой в виде обратного конуса

Для изучения влияния формы напорного канала на улучшение условий гидродинамической очистки были рассмотрены гидродинамические очистители с крышкой в виде обратного конуса и с фильтрующей поверхностью в виде прямого конуса. Гидродинамический очиститель, напорный канал которого образован плоской фильтрующей поверхностью и крышкой в виде обратного конуса, и его кинематические

параметры представлены на рис. 3 и 4 соответственно. Гидродинамический очиститель, напорный канал которого образован плоской крышкой и фильтрующей поверхностью в виде прямого конуса, и его кинематические параметры представлены на рис. 5 и 6 соответственно.

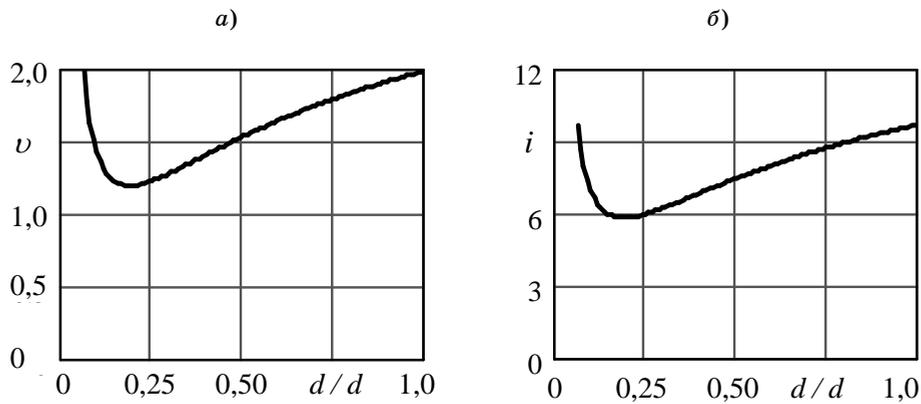


Рисунок 4 - График изменения продольной скорости (а) и отношения скоростей (б) для напорного канала, образованного крышкой в виде обратного конуса

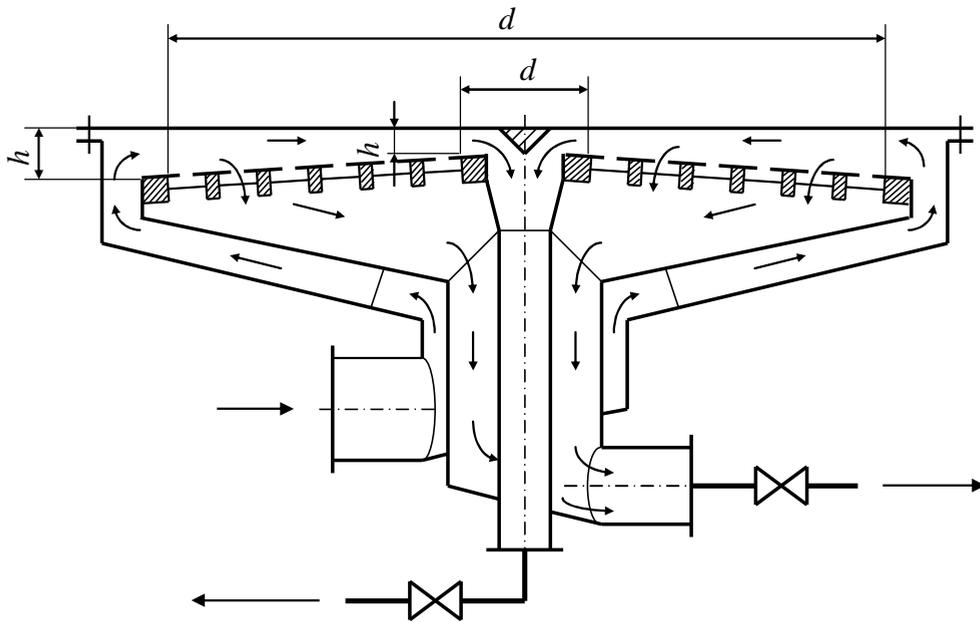


Рисунок 5 – Гидродинамический очиститель с напорным каналом, образованным фильтрующей поверхностью в виде прямого конуса

Анализ графиков, представленных на рис. 4 и 6, говорит об улучшении условий, необходимых для гидродинамической очистки, которые заключаются в снижении изменения продольной скорости и отношения скоростей. При этом можно сделать вывод, что при одинаковых углах конусности как крышки, так и фильтрующей поверхности графики получаются практически одинаковыми, а так как

конусную крышку сделать легче, чем конусную фильтрующую поверхность, то с практической точки зрения более выгодно разрабатывать гидродинамические очистители с напорным каналом, который образован крышкой в виде обратного конуса.

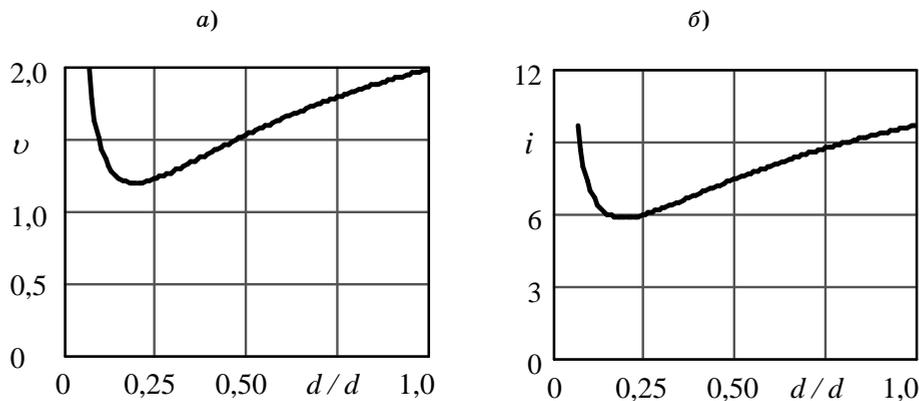


Рисунок 6 - График изменения продольной скорости (а) и отношения скоростей (б) для напорного канала, образованного фильтрующей поверхностью в виде прямого конуса

ВЫВОДЫ

Предложенная конструкция гидродинамического очистителя с плоским напорным каналом, образованного двумя соосными плоскими дисковыми поверхностями, как минимум одна из которых проницаемая, и предусмотренная при этом подача загрязненной жидкости от периферии к центру с выводом ее меньшей части через центральное отверстие в одной из них обеспечивает повышение эффективности очистки в конкретных случаях за счет:

- снижения потерь жидкости на слив и повышения производительности по фильтрату;
- расширения возможностей использования очистителей для очистки исходной жидкости с более крупными по размеру загрязнениями.

Анализ кинематических параметров подобного очистителя вывел его недостаток, заключающийся в неравномерности продольной скорости и отношения скоростей, что не обеспечивает постоянство тонкости очистки по всей фильтрующей поверхности. Применение крышки в виде обратного конуса или фильтрующей поверхности в виде прямого конуса позволило улучшить картину течения. При этом с практической точки зрения при одинаковых конечных результатах более выгодно изготовление именно конусной крышки.

Для обеспечения постоянной продольной скорости и отношения скоростей, а следовательно, стабильной тонкости очистки, необходимо рассчитать крышку, которая будет иметь специальную форму внутренней поверхности. Эта задача будет решаться в следующих работах.

Перечисленные достоинства совместно с простотой конструкции описываемых выше гидродинамических очистителей с точки зрения использования могут составить серьезную конкуренцию гидродинамическим очистителям с неподвижным цилиндрическим фильтроэлементом производительностью менее $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и тонкостью очистки от 20 до 500 мкм.

SUMMARY

HEIGHTENING OF EFFICIENCY OF HYDRODYNAMIC CLEARING OF A FLUID IN THE FLAT PRESSURE HEAD CHANNEL

Cheban V.G., Antonenko S.S.***

**Donetsk State Technical University, Alchevsk;*

***Sumy State University, Sumy*

The hydrodynamic filter with the flat pressure head channel for clearing a fluid of solid pollution is offered which owing to features of its construction allows to expand area of use of hydrodynamic filters and to raise efficiency of their operation. The different schemes the offered hydrodynamic filter are analyzed and the directions of the further examination are defined.

Key words: *the hydrodynamic filter, pressure head channel, fluid.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Финкельштейн З.Л. 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.
2. Финкельштейн З.Л. Опыт применения фильтров сверхвысокой производительности для очистки промышленных стоков [Текст] / З.Л. Финкельштейн, Л.З. Финкельштейн // Вестник МАНЭБ. – 2003. - Т. 8, № 5 (65). – С. 94–97.
3. Описание, преимущества и внедрение гидродинамических фильтров [Электронный ресурс] / ООО ПКП «Вектор». – Режим доступа: \www/ URL: <http://pkpvector.ru/product/info.php>
4. Спосіб очищення рідин від механічних домішок у потоці: пат. 64598 Україна : МПК6 В01D37/00 / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076535; заявл. 14.07.03 ; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7.
5. Фільтроелемент очисника рідин: пат. 64599 Україна : МПК6 В01D29/11 / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076547; заявл. 14.07.03; опубл. 15.12.05, Бюл. № 12.
6. Пат. 4169057 США МПК В01D35/22, 35/16, 35/02, 1980.
7. Заявка 56-28570 Япония МПК В01D31/00, 1982.
8. Пат. 4105547 США МПК В01D13/00, 31/00, 1979.
9. Заявка 2553099 ФРГ МПК В01D37/00, 1976.
10. Пат. 2183133 РФ МПК В01D29/01, 63/08, 2002.
11. Чебан В.Г. Преимущества, недостатки и перспективы самоочищающихся очистителей жидкости / В.Г. Чебан // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. - Вып. 30 – С.177–183.

Поступила в редакцию 18 октября 2010 г.