

- координація дій, що спрямовані на зміцнення інформаційної інтеграції організацій - суб'єктів екологічного моніторингу, розташованих в полі дії Карпатської конвенції.

Таким чином розроблення в межах ОСМД підсистеми «Моніторинг Буковинських Карпат», спрямованої на вдосконалення мереж спостереження, забезпечить запобігання надзвичайних ситуацій, а також забруднення довкілля в межах водозборів, що знижує ризики розвитку цих явищ відповідних водозбірних басейнів.



Рис.3. Схема удосконалення системи моніторингу Буковинських Карпат та Передкарпаття.

Список літератури: 1. Воропай Л.І. Ландшафтна карта Чернівецької області: навч. Посібник / Воропай Л.І., Гуцуляк В.М., Дутчак, М.В. – Чернівецький національний університет, 2007. - 13 с. 2. Голубець М.А. Концептуальні засади сталого розвитку гірського регіону. – Львів: Поллі, 2007. – 288 с. 3. Концепція збереження біологічного різноманіття України / Затв. Постановою КМУ № 439 від 12.05.1997 р. – К., 1997. – 28 с. 4. Завдання моніторингу антропогенно-природних загроз та плани заобіжних і екстрених заходів інтегрованого управління басейнами Північної Буковини [Текст]: Матеріали доповідей міжнар. наук.-практ. конф. Основи ведення сталого лісового господарства: (Україна, Івано-Франківськ, вересень, 28-30.2005 р.). / редкол. Лавров В.В., Солодкий В.Д. – Івано-Франківськ: Екор, 2005. – С. 164-167. 5. Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки / Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. № 577-р. – 12 с. 6. Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року // Відомості Верховної Ради України, 2011, № 26. – С. 218–234. 7. Рамкова Конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього природного середовища –10-тий т.- Чернівці: Зелена Буковина, 2004 – С.311-315. 8. Стратегія виконання Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 січня 2007 р. N 11-р (968-164)

Поступила в редакцію 15.02.2012

УДК 628.16.06

В.Г. ЧЕБАН, канд.техн.наук, доц., ДонГТУ, Алчевск,
А.А.БРЕВНОВ, канд.техн.наук, доц., ДонГТУ, Алчевск

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТЕЙ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ОЧИСТИТЕЛЕ С ПЛОСКИМ КАНАЛОМ

Запропонований спосіб підвищення ефективності очистки рідин від твердих забруднень в гідродинамічному очиснику з плоским каналом. Знижені втрати тиску та кількості рідини, що зливається. Покращені умови очистки за рахунок досягнення постійної швидкості.

Ключові слова: гідродинамічний очисник, напірний канал, рідина.

Предложен способ повышения эффективности очистки жидкостей от твердых загрязнений в гидродинамическом очистителе с плоским каналом. Снижены потери давления и количество сливаемой жидкости. Улучшены условия очистки за счет достижения постоянной скорости.

Ключевые слова: гидродинамический очиститель, напорный канал, жидкость.

The method of increase of efficiency of cleaning of fluids from solid pollution in the hydrodynamic filter with a flat channel is offered. The losses of pressure and amount of the poured out fluid are lowered. Conditions of clearing at the expense of constant speed achievement are improved.

Keywords: the hydrodynamic filter, pressure head channel, fluid.

1. Введение

Гидродинамическая, так иногда называемая тангенциальная или с поперечными потоками, очистка жидкостей от загрязнений и в начале 21-го века продолжает свое лидерство, обусловленное возможностью реализации способа очистки в многообразных формах конструкций изделия с высоким качеством продукта. Она уже сегодня способна войти в каждый дом и квартиру потребителя в виде выносных мембранных аппаратов для получения питьевой и иной технологической воды бытового назначения. Не секрет также, что в настоящее время пищевая промышленность в уже достаточной мере оснащена такими аппаратами, а внедрение новейших технологий в других производствах, даже таких как металлургическое и химическое, предъявляет довольно высокие требования к качеству жидкостей, в том числе и технической воде, масштабы использования которой огромны. Кроме того, также известно, что мембранная очистка жидкостей в выносных аппаратах, то есть напорных, предусматривает наличие предварительной очистки в очистителях других типов или в их комплексах с тонкостью очистки не более 5 мкм. А проведенные рядом авторов исследования [1] показали, что и погружные мембранные аппараты работают более эффективно в предварительно очищенной в других очистителях воде. Следовательно, внедрение мембранной технологии и развитие других технологий очистки жидкостей взаимосвязаны между собой.

2. Постановка проблемы и анализ последних достижений

Практикой последних лет многократно подтверждено [2, 3], что гидродинамические очистители жидкостей с фильтроэлементом, покрытым металлической сеткой, способны без проблем очищать, в частности, маловязкие жидкости, к которым относится и техническая вода, от твердых загрязнений крупностью свыше 20-30 мкм, причем высоко эффективно и в значительных объемах. И это не предел их возможностей. Они также стали широко востребованы в начале века, но мировой экономический кризис внес свои коррективы в масштабы использования как мембранных аппаратов, так и гидродинамических очистителей, в последних из которых так же, как и в напорных мембранных аппаратах, принцип гидродинамической очистки осуществляется в напорных каналах различного типа.

Проведенные исследования показывают, что для осуществления гидродинамической очистки используются более десятка различных типов напорных каналов, каждый из которых образован поверхностями двух геометрических фигур. При этом, чем выше предъявляемые требования к напорному каналу, тем сложнее оказывается форма как минимум одной из образующих его поверхностей.

В большинстве же случаев требования к напорному каналу довольно простые и заключаются в основном в том, что он должен обеспечивать:

- минимальные потери давления и сброс жидкости;
- равномерность тонкости очистки по всей проницаемой поверхности фильтроэлемента.

Данные требования вполне выполнимы, если площадь напорного канала на выходе будет как можно меньше площади на входе, а отношение продольной и ортогональной скоростей потока в нем будет постоянным.

Так, в работе [4] доведено, что получение напорного канала, отвечающего указанным требованиям, в виде двух расположенных друг в друге цилиндров, возможно в случае, если боковая поверхность внутреннего цилиндра будет иметь грушеобразную форму. В результате образуются два охватывающих эту грушеобразную поверхность серповидных напорных каналов, способных формировать поток жидкости вокруг такой по форме поверхности двумя встречными на выходе потоками. Но наличие двух каналов на выходе не обеспечивает выполнение первого требования, поэтому потери жидкости не будут минимальными. В связи с этим более предпочтительным в таком случае является напорный канал, описанный в одноканальном очистителе [5] типа «цилиндр в цилиндре».

В случае же коаксиального расположения цилиндров или цилиндра в конусе и при подаче жидкости вдоль образующей внутреннего проницаемого цилиндра, оптимальной формой внутренней поверхности наружного элемента является сложный в исполнении параболаид, который с целью упрощения приближенно выполняют в виде как минимум двух конусов. Но, даже оптимальная форма одной из поверхностей напорного канала обеспечивает выполнение только второго требования, предъявляемого к напорным каналам. Выход из такого канала не обеспечивает в достаточной мере выполнение первого требования к каналу, так как при этом резко уменьшается диаметр проницаемого цилиндра и резко возрастает его высота и очистителя в целом.

Известен напорный канал [6], образованный двумя плоскими поверхностями в виде дисков, одна из которых с центральным отверстием для слива концентрата. Казалось бы, что еще может быть проще. Причем, и площадь выхода такого канала значительно меньше площади его входа и выход только один. Но, для получения постоянства отношения скоростей жидкости в таком канале, его проницаемая поверхность должна быть выполнена с постепенно увеличивающейся, а затем уменьшающейся к центральному отверстию площадью живого сечения, что является не оптимальным вариантом для изготовления такой поверхности.

Известен так же и плоскоконический напорный канал [7], который может быть выполнен как с плоской проницаемой поверхностью в виде диска с центральным отверстием и непроницаемой конической поверхностью, так и наоборот. Он как теоретически, так и практически мало исследован. Более широкой информации о нем не обнаружено. Вполне очевидным является лишь то, что он в наиболее полной мере, в сравнении с другими известными на данный момент напорными каналами, отвечает первому требованию к напорным

каналам, так как диаметр его выхода значительно меньше диаметра входа, причем при больших производительностях и высота его выхода меньше высоты входа. Но, в связи с выше сказанным о конической поверхности, возникают сомнения в том, что непроницаемая конусная поверхность в данном случае сможет в полной мере обеспечить выполнение второго требования к напорному каналу. Поэтому, пока остается не вполне ясным вопрос - какой все же должна быть оптимальная форма непроницаемой поверхности такого напорного канала, обеспечивающая постоянство соотношения продольной и ортогональной скоростей жидкости при постоянном коэффициенте живого сечения плоской проницаемой поверхности.

3. Постановка задачи

Целью данной работы является разработка способа повышения эффективности очистки жидкостей от твердых загрязнений в гидродинамическом очистителе за счет расчета оптимальной формы непроницаемой поверхности плоского напорного канала.

4. Результаты исследований

Из разреза плоскоконического напорного канала [7] очевидно, что форма конической поверхности такого канала определяется его высотой от входа к выходу, конкретная величина которой зависит от конкретного, соответствующего ей, диаметра. Предварительные практические расчеты такого напорного канала, проведенные с учетом результатов работы [8], показали, что для исследуемого канала расчетная схема должна иметь вид, представленный на рисунке 1.

Напорный канал 1 образован внутренней поверхностью крышки 2 корпуса 3 очистителя и плоской проницаемой поверхностью 4 с центральным отверстием фильтроэлемента 5. При этом корпус 3 и фильтроэлемент 5 расположены концентрично с зазорами 6 и 7 между собой. Корпус 3 очистителя снабжен входным патрубком 8, а фильтроэлемент 5 - сливным 9 и выходным 10 патрубками. Вход напорного канала 1 в виде боковой поверхности цилиндра диаметром d_n и высотой h_n определяется началом перфораций в плоской проницаемой поверхности

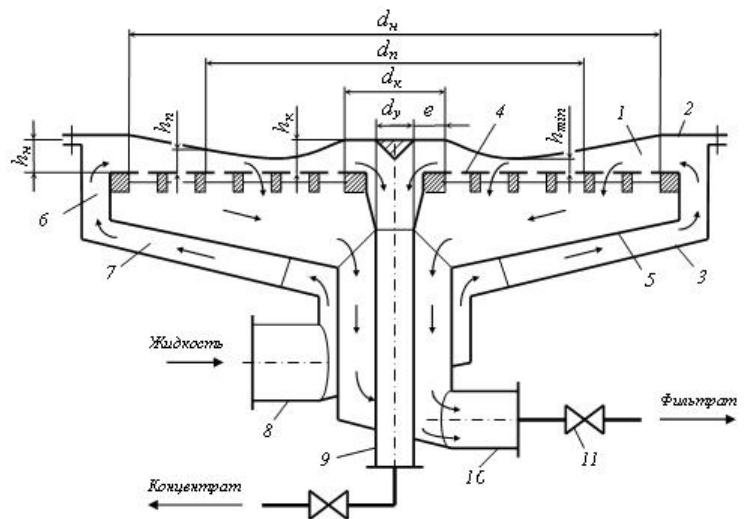


Рис. 1. Расчетная схема к определению профиля напорного канала Основу расчета составляют исходные данные:

$Q_{вх}$ - производительность по входу, $м^3/с$;

Q_o - производительность по фильтрату, $м^3/с$;

$Q_{сл}$ - количество слива, $м^3/с$; $v_{пр}$ - продольная

скорость, $м/с$; v_o - ортогональная скорость

(скорость фильтрации), $м/с$; d_{max} -

максимальный размер загрязнений в исходной жидкости, $м$;

$k_{ф}$ - коэффициент живого сечения проницаемой поверхности фильтроэлемента.

фильтроэлемента 5 в сторону центрального отверстия, а выход в виде боковой поверхности цилиндра диаметром d_k и высотой h_k определяется окончанием перфораций.

Принимаем $\frac{Q_{сл}}{Q_{вх}} = m$, а $\frac{v_{np}}{v_o} = i = const$.

Из заданных условий находим

$$Q_{сл} = Q_k = \pi \cdot d_k \cdot h_k \cdot v_{np},$$

$$Q_{сл} = Q_{вх} \cdot m = \pi \cdot d_n \cdot h_n \cdot v_{np} \cdot m,$$

где d_n и d_k - диаметр канала на входе и выходе, соответственно, м;

h_n и h_k - высота канала на входе и выходе, соответственно, м.

Отсюда получим выражение для определения высоты напорного канала на входе:

$$h_n = \frac{d_k \cdot h_k}{d_n \cdot m}, \text{ м} \quad (1)$$

Из условий

$$Q_o = (1 - m) \cdot Q_{вх} = (1 - m) \cdot S_n \cdot v_{np}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_o = S_o \cdot v_o, \text{ м}^3/\text{с}$$

получим соотношение

$$S_o \cdot v_o = (1 - m) \cdot S_n \cdot v_{np},$$

откуда

$$S_o = (1 - m) \cdot \frac{v_{np}}{v_o} \cdot S_n = (1 - m) \cdot i \cdot S_n, \text{ м}^2$$

где $S_n = \pi \cdot d_n \cdot h_n$ - площадь напорного канала на входе, м^2 ;

S_o - площадь живого сечения проницаемой поверхности фильтроэлемента, м^2 .

С другой стороны

$$S_o = S_{общ} \cdot k_\phi = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_k^2) \cdot k_\phi, \text{ м}^2$$

где $S_{общ}$ - общая площадь проницаемой поверхности фильтроэлемента, м^2 .

Приравняем правые части выражений для определения S_o

$$(1 - m) \cdot i \cdot \pi \cdot d_n \cdot h_n = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_k^2) \cdot k_\phi,$$

откуда получим

$$h_n = \frac{(d_n^2 - d_k^2) \cdot k_\phi}{4 \cdot (1 - m) \cdot i \cdot d_n}, \text{ м} \quad (2)$$

Сравнивая выражения (1) и (2)

$$\frac{d_k \cdot h_k}{d_n \cdot m} = \frac{(d_n^2 - d_k^2) \cdot k_\phi}{4 \cdot (1 - m) \cdot i \cdot d_n}$$

находим

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot (1-m) \cdot i \cdot d_k \cdot h_k}{m \cdot k_\phi} + d_k^2}, \text{ м} \quad (3)$$

где диаметр канала на выходе определяется из выражения

$$d_k = \frac{m \cdot Q_{\text{вх}}}{\pi \cdot h_k \cdot v_{\text{пр}}}, \text{ м} \quad (4)$$

а высота канала на выходе из условия, что

$$h_k = (1,8 \div 4,0) \cdot d_{\text{max}}, \text{ м} \quad (5)$$

При этом большее значение интервала принимают при незначительных диаметрах загрязнений, а меньшее - при крупных загрязнениях.

С учетом выражений (1), (3) и (4) можно определить высоту и диаметр канала на входе и по другим известным параметрам

$$h_n = \sqrt{\frac{Q_{\text{вх}} \cdot k_\phi \cdot h_k^2}{4 \cdot i \cdot (1-m) \cdot \pi \cdot h_k^2 \cdot v_{\text{пр}} + k_\phi \cdot m^2 \cdot Q_{\text{вх}}}}, \text{ м} \quad (6)$$

$$d_n = \sqrt{\frac{Q_{\text{вх}} \cdot [4 \cdot i \cdot (1-m) \cdot \pi \cdot h_k^2 \cdot v_{\text{пр}} + k_\phi \cdot m^2 \cdot Q_{\text{вх}}]}{k_\phi \cdot \pi^2 \cdot h_k^2 \cdot v_{\text{пр}}^2}}, \text{ м} \quad (7)$$

где h_k определяется из выражения (5).

Определив из выражения (4) диаметр d_k канала на выходе, следует проверить его соответствие конструктивным возможностям. Из рисунка 1 очевидно, что он должен быть незначительно больше условного диаметра d_y сливного патрубка 9, определяемого из условия

$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{сл}}}{\pi \cdot v_y}} > 3 \cdot d_{\text{max}},$$

где $v_y = 1,5 \div 3,0$ – скорость потока в сливном патрубке, м/с.

Следовательно, оптимальным является значение

$$d_k \geq d_y + 2 \cdot e$$

где e - размер участка перехода от условного диаметра сливного патрубка 9 к выходу из напорного канала.

Если же из выражения (4) значение диаметра канала на выходе оказалось меньшим, чем определено по последнему выражению или значительно большим, то его корректируют изменениями в пределах принятого интервала (1,8 ÷ 4,0).

Для построения оптимального профиля внутренней поверхности крышки 2 корпуса 3 очистителя при найденных высотах канала на входе h_n и выходе h_k , отвечающим соответственно диаметрам d_n и d_k , остается определить значения промежуточных высот h_n , соответствующих промежуточным диаметрам d_n . При этом отношение продольной $v_{\text{пр}}$ и ортогональной v_o скоростей потока должно оставаться постоянным на всей длине канала, а коэффициент живого сечения k_ϕ одинаков по всей плоской проницаемой поверхности.

Сравнивая выражения

$$Q_n = Q_{\text{вх}} - Q_{o(\text{вх}-n)} = Q_{\text{вх}} - S_{(\text{вх}-n)} \cdot k_\phi \cdot v_o,$$

$$Q_n = S_n \cdot v_{np},$$

получим

$$S_n \cdot v_{np} = Q_{ex} - S_{(ex-n)} \cdot k_{\phi} \cdot v_o$$

или

$$\pi \cdot d_n \cdot h_n \cdot v_{np} = Q_{ex} - \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_n^2) \cdot k_{\phi} \cdot v_o,$$

где Q_n - расход жидкости в текущем промежуточном сечении канала, $м^3/с$;

$Q_{o(ex-n)}$ - количество фильтрата, прошедшего через проницаемую поверхность на участке от входа в напорный канал до текущего промежуточного сечения, $м^3/с$;

$S_{(ex-n)}$ - площадь проницаемой поверхности от входа в напорный канал до текущего промежуточного сечения, $м^2$;

S_n - площадь текущего промежуточного сечения напорного канала, $м^2$.

Из последнего выражения находим высоту канала в промежуточном сечении

$$h_n = \frac{Q_{ex} - \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_n^2) \cdot k_{\phi} \cdot v_o}{\pi \cdot d_n \cdot v_{np}}, \text{ м}$$

или при $Q_{ex} = \pi \cdot d_n \cdot h_n \cdot v_{np}$ и $\frac{v_{np}}{v_o} = i$

$$h_n = h_n \cdot \frac{d_n}{d_n} - \frac{(d_n^2 - d_n^2) \cdot k_{\phi}}{4 \cdot i \cdot d_n}, \text{ м} \quad (8)$$

Из выражения (8) для текущих значений промежуточных сечений, определяемых диаметром d_n , изменяющимся в интервале от d_n до d_k , находим соответствующие им значения промежуточных высот напорного канала h_n и сводим их в таблицу для использования при конструкторской разработке или при построении графика.

На рисунке 2 представлен график зависимости высоты h_n напорного канала от соотношения d_n/d_n , построенный для следующих исходных данных: $Q_{ex} = 0,25$

$м^3/с$; $k_{\phi} = 0,544$; $m = 0,05$; $i = 10 = const$; $v_{np} = 2 \text{ м/с}$;

$v_o = 0,2 \text{ м/с}$.

Из рисунка 2 очевидно, что, при плоской проницаемой поверхности фильтроэлемента гидродинамического очистителя жидкости, вторая непроницаемая поверхность, образующая вместе с первой напорный канал с постоянными продольной и

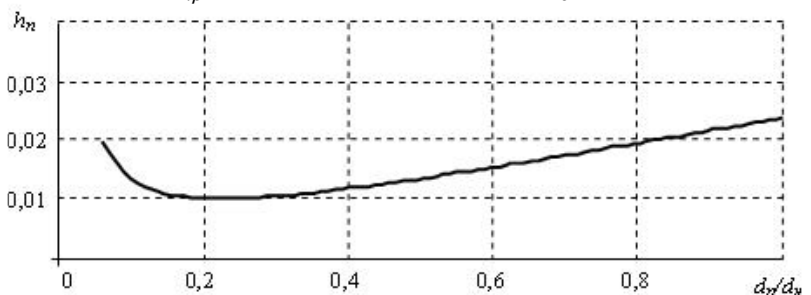


Рис. 2. График зависимости высоты h_n канала от d_n/d_n

ортогональной скоростями жидкости, должна иметь форму наружной поверхности параболоида. При этом в некотором промежуточном сечении напорного канала имеет место сужение, представленное на рисунке 1 величиной

h_{\min} , которая учтена при определении высоты в конце напорного канала по выражению (5), причем как и в щелевом напорном канале $h_{\min} \geq (1,15 \div 1,5) \cdot d_{\max}$.

5. Выводы

Определена оптимальная форма непроницаемой поверхности плоского напорного канала, обеспечивающая стабильную по величине продольную скорость течения жидкости, а при постоянной ортогональной скорости и неизменное соотношение данных скоростей. Движение жидкости в данном канале с постоянной скоростью существенно снизит гидравлические потери, что обеспечит минимальный перепад давления на очистителе. Слив же смывающей части жидкости из напорного канала через выход диаметром d_k со значительно меньшей площадью, в сравнении с площадью входа диаметром d_n , обеспечит минимальные потери жидкости (2-8%), величина которых зависит от степени ее загрязненности, размера и состава загрязнений, вязкости жидкости и т.д.

Так как скорость фильтрации (v_o) жидкости через проницаемую поверхность с одинаковым коэффициентом живого сечения условно можно считать постоянной, то при постоянной продольной скорости (v_{np}) отношение этих скоростей ($\frac{v_{np}}{v_o} = i$) также является постоянным, что в свою очередь обеспечит

постоянство тонкости очистки жидкости по всей проницаемой поверхности. В результате этого улучшатся условия фильтрации из-за отсутствия застойных зон на проницаемой поверхности, а также откроется возможность дополнительного использования очистителей, например для гранулометрического разделения суспензий.

Список литературы: 1. Прутьянова Ю.О. Усовершенствование мембранной технологии доочистки сточных вод с применением гидроциклона [Электронный ресурс / Режим доступа : <http://nauka.kz/diss/detail.php?ID=440712>. 2. Финкельштейн З.Л. Совершенствование способов очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы [Текст] / З.Л. Финкельштейн, В.А. Давиденко, И.Н. Кучин // Вестник МАНЭБ, 2003 – Т. 8, № 5 (65). - С.83-85. 3. 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. 4. Чебан В.Г. Практический расчет фильтроэлемента с грушеобразным профилем фильтрующей поверхности очистителя маловязких жидкостей [Текст] // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 31 – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С.115-126. 5. Очистник потоку рідини [Текст] : пат. 56352 Україна, МПК⁹ B01D27/00, 29/11. / Чебан В.Г. ; заявник і патентовласник ДонДТУ. - №u201008134 ; заявл. 29.06.10 ; опубл. 10.01.11, Бюл. № 1. 6. Спосіб розділення рідини на фільтрат і концентрат [Текст] : пат. 54061 Україна, МПК⁹ B01D37/00, 61/14. / Чебан В.Г. ; заявник і патентовласник ДонДТУ. - № u201004969 ; заявл. 26.04.10 ; опубл. 25.10.10, Бюл. № 20. 7. Гідродинамічний фільтр [Текст] : пат. 54092 Україна, МПК⁹ B01D29/00, 35/30. / Чебан В.Г. ; заявник і патентовласник ДонДТУ. - № u201005308 ; заявл. 30.04.10 ; опубл. 25.10.10, Бюл. № 20. 8. Чебан В.Г. Повышение эффективности гидродинамической очистки жидкости в плоском напорном канале [Текст] / В.Г. Чебан, С.С. Антоненко // Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки», № 3. - Суми: Видавництво СумДУ, 2010. – С.155-162.

Поступила в редколлегию 15.02.2012