

УДК 669:628.16.06

к.т.н. Чебан В.Г.,
Тумин А. Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛОННОГО УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО МОДУЛЯ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО КОНСТРУКЦИИ

Рулонный ультрафильтрационный модуль (РУФМ) стандартной конструкции характеризуется снижением продольной скорости очищаемой жидкости по длине напорного канала мембранного элемента (МЭ). Концентрация частиц в очищаемой жидкости при фильтрации в РУФМ непрерывно растет от входа в напорный канал до выхода из него. Поэтому становится очевидно что поддержание стабильной продольной скорости очищаемой жидкости по всей длине напорного канала МЭ с непрерывным сбросом части загрязненной жидкости будет способствовать повышению технических характеристик РУФМ во времени. Предложена конструкция РУФМ, позволяющая поддерживать относительно стабильную продольную скорость очищаемой жидкости по всей длине напорного канала МЭ.

Ключевые слова: вода, ультрафильтрация, рулонный модуль, мембранный элемент, ячейка, производительность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Металлургические предприятия являются огромными потребителями технической воды. Как правило, для водоснабжения предприятий используется только технический водопровод, по которому поступает вода из поверхностных водоисточников, прошедшая только грубую механическую очистку.

Традиционно на многих металлургических предприятиях вода из технического водопровода используется для систем охлаждения оборудования. Однако современные виды оборудования (например, компрессоры) для охлаждения требуют воды с характеристиками по взвешенным веществам и цветности, соответствующими воде питьевого качества.

Рулонный ультрафильтрационный модуль нашел применение практически во всех областях промышленности. Наиболее широко РУФМ используется в технологии водоподготовки и водоочистки для промышленных предприятий, для производства напитков и медицинских препаратов, в бытовых нуждах.

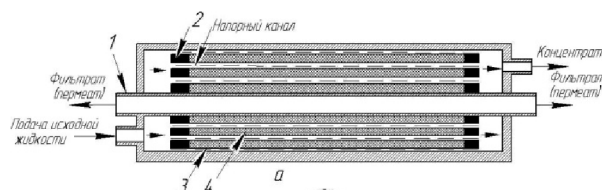
Ультрафильтрационная (УФ) очистка по сравнению с альтернативными технологиями водоподготовки для нужд промышленных предприятий имеет ряд преимуществ. Во-первых, установки УФ не требуют высокого давления для нормальной работы (необходимо создание давления до 10 атм); во-вторых, площадь помещения для размещения установки УФ гораздо меньше площади, занимаемой альтернативными системами фильтрации аналогичной производственной мощности. Соответственно, энергозатраты и себестоимость готовой продукции будут в разы ниже при выборе УФ способа водоподготовки технологической воды для нужд промышленных предприятий.

Существуют различные конструкции УФ модулей, но РУФМ давно признан самым оптимальным в технологическом и конструктивном плане, за счет высокой удельной поверхности мембран и отсутствия металлоёмких узлов в конструкции. Однако наряду с достоинствами РУФМ имеет и свои недостатки. Одним и самым важным, по нашему мнению, является снижение про-

дольной скорости очищаемой жидкости по длине напорного канала МЭ.

Постановка задачи. Целью данной работы является создание конструкции РУФМ с относительно стабильной продольной скоростью течения исходной жидкости по длине напорного канала МЭ за счет изменения площади поперечного сечения напорного канала путем нанесения на сетку турбулизатор непроницаемой перегородки и разделения центральной трубки на два участка.

Изложение материала и его результаты. РУФМ — плоские мембраны, свернутые вокруг центральной трубки. Плотность МЭ в таком модуле, может достигать $800 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [1]. Механическая прочность модуля достигается за счет специальной клейкой ленты, которой обматывают МЭ после их навивки на центральную трубку. Весь процесс сборки роботизирован.



а — РУФМ, *б* — МЭ;

1 — трубка отвода пермеата; 2 — фиксатор;

3 — мембрана; 4 — дренажный материал;

5 — турбулизирующая сетка

Рисунок 1 РУФМ стандартной конструкции

РУФМ стандартной конструкции (рис. 1) содержит МЭ, состоящий из двух УФ мембран 3 с расположенным между ними дренажным материалом 4, который в виде спирали накручивается на трубку 1. Вместе с МЭ накручивается сетка турбулизатор 5, образующая спиральный канал (напорный), в который под давлением подаётся очищаемая (исходная) жидкость. В процессе навив-

ки МЭ кромки его проклеивают для герметизации: мембраны и дренажный материал со стороны пермеата (фильтрата) склеены по трем краям, образуя конверт. Увеличение производительности РУФМ достигается максимальным развитием площади мембран за счет увеличения ширины и длины МЭ, а также присоединения к отводящей трубке нескольких МЭ (пакетов).

Принцип работы РУФМ стандартной конструкции заключается в следующем. Исходная жидкость подаётся в напорный канал РУФМ, где происходит её фильтрация. Часть жидкости, обогащенная загрязнениями, выходит с противоположного конца модуля и называется концентратом. Прошедший через мембраны пермеат (фильтрат) движется по спиральному дренажному материалу к отводящей трубке, по которой и выводится из РУФМ.

Теоретическое исследование РУФМ стандартной конструкции [2] показало, что в случае тупиковой фильтрации продольная скорость загрязненной жидкости, подаваемой на модуль, падает по длине напорного канала (рис. 2).

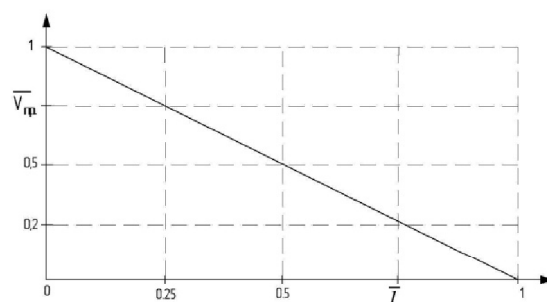


Рисунок 2 Изменение продольной скорости загрязненной жидкости по длине напорного канала РУФМ при тупиковой фильтрации

Существует критическое значение продольной скорости загрязненной жидкости в напорном канале РУФМ, при котором осадок на поверхности мембран не образуется [3].

Процесс фильтрации загрязненной жидкости в РУФМ часто сравнивают с процессом очистки в гидродинамических очистителях. Известно, что для тонкости очистки

загрязненной жидкости, равной $1/3$ размера ячейки, в неполнопоточном гидродинамическом очистителе необходимо сбрасывать от 5 до 20 % подаваемой жидкости, чтобы добиться гидродинамического эффекта очистки проницаемой поверхности по всей длине напорного канала [4, 5, 6]. Отсюда следует, что разработка конструкции РУФМ с непрерывным сбросом части загрязненной жидкости и с относительно стабильной продольной скоростью очищаемой жидкости по всей длине напорного канала МЭ имеет приоритетное значение.

Для достижения лучших условий очистки жидкости ее скорость в напорном канале должна быть постоянной [4, 6].

Поставленная задача достигается за счет изменения площади поперечного сечения напорного канала РУФМ путем нанесения на сетку турбулизатор непроницаемой перегородки и деления центральной трубки на два участка.

Предложенная конструкция РУФМ (см. рис. 3) состоит из центральной трубки 6 с радиальными отверстиями, которая разделена непроницаемой перегородкой 4 на два участка (напорный AB и сливной AC), и одного или нескольких мембранных пакетов 3, состоящих из двух мембран с расположенной между ними сеткой турбулизатором 2, отделяемых друг от друга дренажным листом 1.

Определение оптимальных координат непроницаемых перегородок 4 и 5 в РУФМ (рис. 3) для обеспечения наилучших показателей скорости течения исходной жидкости по всей длине напорного канала РУФМ описано в работе [7].

Принцип работы РУФМ предложенной конструкции заключается в следующем. Подача исходной жидкости Q_0 в напорный канал МЭ осуществляется через радиальные отверстия, выполненные в центральной трубке 6 (рис. 3). Центральная трубка разделена на два участка x_0 и $(b - x_0)$ непроницаемой перегородкой 4 так, чтобы продольная скорость течения разделяемой жидкости в начале напорного канала AB

была равна продольной скорости течения разделяемой жидкости в конце сливного канала AC . Благодаря непроницаемой перегородке 5, нанесенной на сетку турбулизатор 2, с фиксированными начальной и конечными координатами удается поддерживать относительно стабильную продольную скорость течения разделяемой жидкости по всей длине напорного канала МЭ РУФМ [7]. Часть разделяемой жидкости, соответствующая выбранному режиму работы, пройдя через сечение AC , сливается через радиальные отверстия, выполненные в центральной трубке 6. Отвод фильтрата Q_ϕ осуществляется по дренажному материалу через торцы МЭ РУФМ.

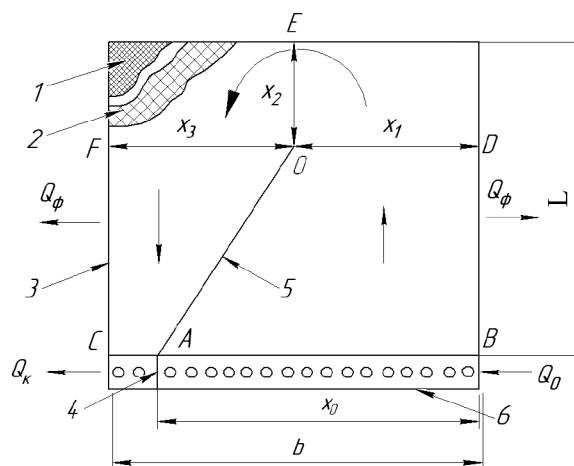


Рисунок 3 Схема предложенного РУФМ

Для проверки проведенных теоретических исследований кафедра ПГМ ДонГТУ приступила к созданию подобной УФ ячейки. После многочисленных экспериментов удалось создать рабочую УФ ячейку (рис. 4, 5), работающую в режиме тупиковой фильтрации, и снять показатели ее работы (рис. 6).

В опытах была использована УФ мембрана фирмы Desal membrane (рис. 7), предоставленная кафедре ПГМ заводом «Металлы и полимеры» (г. Алчевск).

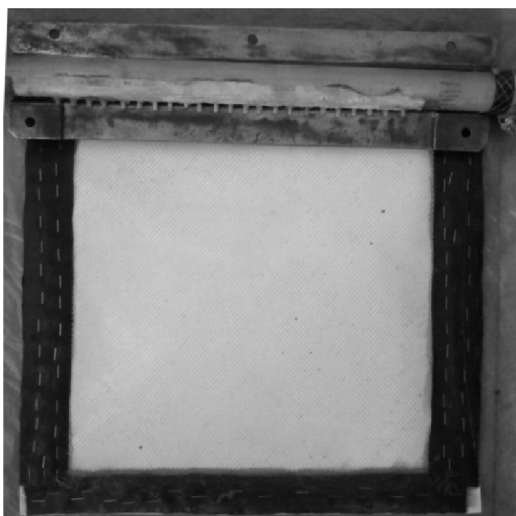


Рисунок 4 Часть МЭ экспериментальной УФ ячейки

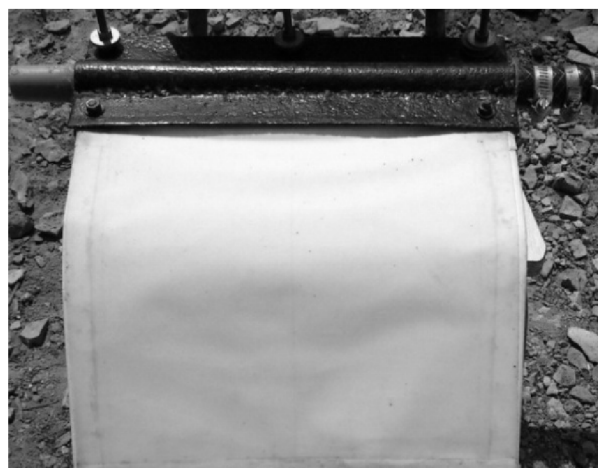
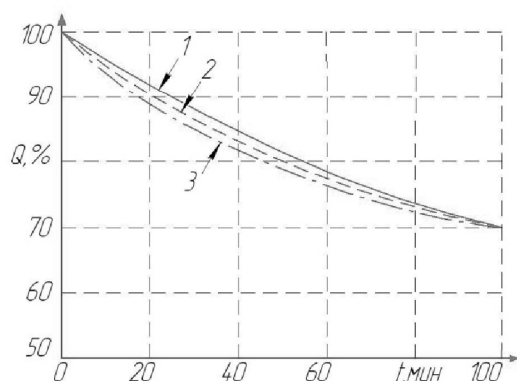


Рисунок 5 Экспериментальная УФ ячейка в сборе без напорного корпуса



1,2,3 – номер экспериментальной ячейки

Рисунок 6 Падение производительности экспериментальной УФ ячейки в режиме тупиковой фильтрации

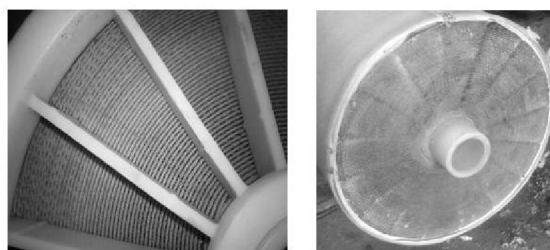


Рисунок 7 Разборка РУФМ

Выводы и направление дальнейших исследований.

Предложенная конструкция РУФМ позволяет обеспечить относительно стабильное значение продольной скорости течения исходной жидкости по всей длине на-

порного канала РУФМ, что в конечном итоге приведет к повышению надежности и эффективности работы РУФМ.

На данном этапе идет создание подобной УФ ячейки, которая будет работать в режиме тангенциальной фильтрации.

Библиографический список

1. Способ изготовления мембранного рулонного элемента [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru-patent.info/20/65-69/2069085.html>.
2. Тумин, А. Н. Теоретическое исследование характера течения воды в рулонном ультрафильтрационном модуле [Текст] / А. Н. Тумин // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2014: материалы международной конференции. - Днепропетровск, 2014.
3. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и УФ [Текст] / Ю. И. Дытнерский. - 1978. - 328 с.

4. Бревнов, А. А. Совершенствование гидродинамических фильтров за счет закрутки потока в кольцевой области снаружи фильтроэлемента [Текст]: дис.... канд. техн. наук / Бревнов Александр Аркадьевич; СумДУ. – Сумы, 2009. – 166 с.
5. Коваленко, В. П. Смазочные и гидравлические масла для угольной промышленности [Текст]: справочник / В. П. Коваленко, З. Л. Финкельштейн. – М.: Недра, 1991. – 294 с.
6. Чебан, В. Г. Практический расчет фильтроэлемента с грушеобразным профилем фильтрующей поверхности очистителя маловязких жидкостей [Текст] / В. Г. Чебан // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Алчевск, 2010. – Вып. 31. – С. 115-126.
7. Тумин, А. Н. Изменение конструкции рулонного ультрафильтрационного модуля для стабилизации продольной скорости течения разделяемой жидкости по всей длине напорного канала модуля [Текст] / А. Н. Тумин // Материалы международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта». – Днепрпетровск, 2015. – С. 39 – 49.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М., гл. энергетиком КП «АПУВКХ» Ковалинским Г. Н.

Статья поступила в редакцию 09.01.17.

к.т.н. Чебан В. Г., Тумін О. М. (Дон ДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛОННОГО УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО МОДУЛЯ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ ЙОГО КОНСТРУКЦІЇ

Рулонний ультрафільтраційний модуль (РУФМ) стандартної конструкції характеризується зниженням поздовжньої швидкості рідини, що очищається по довжині напірного каналу мембранного елемента (МЕ). При цьому, концентрація частинок в рідині, що очищається при її фільтрації в РУФМ, безперервно зростає від входу в напірний канал до виходу з нього, тому стає очевидним, що підтримання стабільної поздовжньої швидкості рідини, що очищається по всій довжині напірного каналу МЕ з безперервним зливом частини забрудненої рідини, сприятиме підвищенню технічних характеристик РУФМ у часі. Запропонована конструкція РУФМ дозволяє підтримувати відносно стабільну поздовжню швидкість рідини, що очищається по всій довжині напірного каналу МЕ.

Ключові слова: вода, ультрафільтрація, рулонний модуль, мембранний елемент, ланка, продуктивність.

PhD Cheban V.G., Tumin A.N. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

IMPROVING THE OPERATION CHARACTERISTICS OF ROLLED ULTRAFILTRATION MODULE BY CHANGING ITS DESIGN

Rolled ultrafiltration module (RUFM) of standard design is characterized by reducing the longitudinal rate of the cleaned liquid along the length pressure passage of membrane element (ME). In this case, the concentration of particles in the purified fluid during its filtration in RUFM increases continuously from getting into the pressure passage, until leaving it, so it is clear that keeping a longitudinal cleaned liquid rate stable along the entire length of the pressure passage ME with continuous discharge of a part of contaminated liquid will provide the increase of technical characteristics of RUFM by time. The RUFM design, allowing to hold a relatively stable longitudinal rate of cleaned liquid over the entire length of the pressure passage ME is proposed.

Key words: water, ultrafiltration, rolled module, membrane element, cell, efficiency.