

Н.П. НЕЧИТАЙЛО, кандидат технических наук
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН С БИОЦИДНОЙ ПРИВИВКОЙ ПРИ ВЫСОКОМ СОДЕРЖАНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Ультрафільтраційна обробка води набуває все більшої популярності виду цілого ряду переваг у порівнянні з традиційними технологіями. Але головною її перевагою є висока надійність. У зв'язку з цим необхідно визначити основні критерії оптимальної роботи установки, до яких і відноситься гідравлічний ККД, певний в цій роботі для р. Дніпро в період серпня-вересня - найбільшого навантаження.

Ключові слова: ультрафільтрація, ККД, обробка води, гідравлічне навантаження.

Ультрафильтрационная обработка воды приобретает все большую популярность виду целого ряда преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. Но главным ее преимуществом является высокая надежность. В связи с этим необходимо определить основные критерии оптимальной работы установки, к которым и относится гидравлический КПД, определённый в этой работе для р. Днепр в период августа-сентября – наибольшей нагрузки.

Ключевые слова: ультрафильтрация, КПД, обработка воды, гидравлическая нагрузка.

Ultrafiltration water treatment has become increasingly popular since a number of advantages over traditional technologies. But its main advantage is high reliability. In this connection it is necessary to define the basic criteria for the optimal operation of the plant, which belongs and hydraulic efficiency, defined in this study for the district. Dnieper during August and September - the highest loads.

Key words: ultrafiltration, efficiency, water treatment, hydraulic load.

Одной из важнейших характеристик процесса ультрафильтрационной очистки воды является ее гидравлические характеристики, т.е. нагрузка на мембранный модуль в течение фильтоцикла и удельная производительность мембраны.

Для ультрафильтрации возможно применение двух режимов, это тупиковый и тангенциальный, о них упоминалось ранее. Для водоподготовки более характерен тупиковый режим движения, ввиду того, что здесь

встречается меньше взвешенных веществ по сравнению с фракционированием в пищевой промышленности.

Для подбора оптимальных фильтроциклов были проведены испытания: по длительности фильтроцикла, эффективности промывок с определением расходов воды на собственные нужды.

Длительность фильтроциклов устанавливали равной не более 30 минут исходя из рекомендаций производителя. Производительность регулировали, задавая разный градиент давления. При повышении давления увеличивается удельная производительность мембраны.

Для оценки эффективности работы был использован так называемый гидравлический КПД установки ультрафильтрации.

Гидравлический КПД:

$$КПД = \frac{(V_{\phi} * t_{\phi} - V_{o.n.} * t_{o.n.})}{(V_{\phi} * t_{\phi} + V_{n.n.} * t_{n.n.})} * 100\%, \quad (1)$$

где, V_{ϕ} = расход фильтрата, м³/ч; $V_{o.n.}$ = расход обратной промывки, м³/ч; $V_{n.n.}$ = расход прямой промывки, м³/ч; t_{ϕ} = время (продолжительность) фильтрования, ч; $t_{o.n.}$ = время обратной промывки, ч; $t_{n.n.}$ = время прямой промывки, ч.

Если для системы не проводится прямая промывка, уравнение упрощается:

$$КПД = \frac{(V_{\phi} * t_{\phi} - V_{o.n.} * t_{o.n.})}{V_{\phi} * t_{\phi}} * 100 \quad (2)$$

Для проведения экспериментального исследования была разработана установка на основе промышленной полуволоконной мембраны с площадью активной поверхности 5 м².

Установка состоит из следующих элементов (рис.1): КО1, КО2 – клапан обратный; К1, К2, К3, К4, К5, К6, К7 – кран шаровой; Н1 – насос подачи воды; Н2 – насос подачи промывной воды; М1, М2, М3, М4 – манометр; Ф1 – фильтр дисковый; РД1 – редуктор давления; Р1, Р2, Р3 – ротаметры; УФ – мембрана ультрафильтрации; НД1, НД2 – насос дозатор; КР1, КР2 - клапана регулирования расхода на подаче и рециркуляции; Б1 – бак запаса промывной воды; НД1 насос дозатор коагулянта; НД 2 – насос дозатор флокулянта; КМ1, КМ2 колба мерная

Установка позволяет обеспечивать разные режимы как при подаче воды так и при промывке. Основной движущей силой любого баромембранного процесса является давление [1,23]. которое можно плавно изменять и контролировать за счет редуктора РД1. Контроль расходов воды осуществлялся при помощи ротаметров Р 1-Р3. Установка может работать как в тупиковом, так и режиме «Cross-Flow» [2,25]. В процессе обработки результатов было обнаружено три характерные точки при давлении $p = 0,08; 0,1; 0,12$ мПа, ниже 0,08 мПа не имеет смысла снижать давление, т.к. при этом в значительной степени падает производительность. Когда применяется давление больше 0,12 мПа в условиях удаления загрязнений из р. Днепр и ин-лайн коагулировании происходит резкое снижение производительности, что и продемонстрировано на рис. 2.

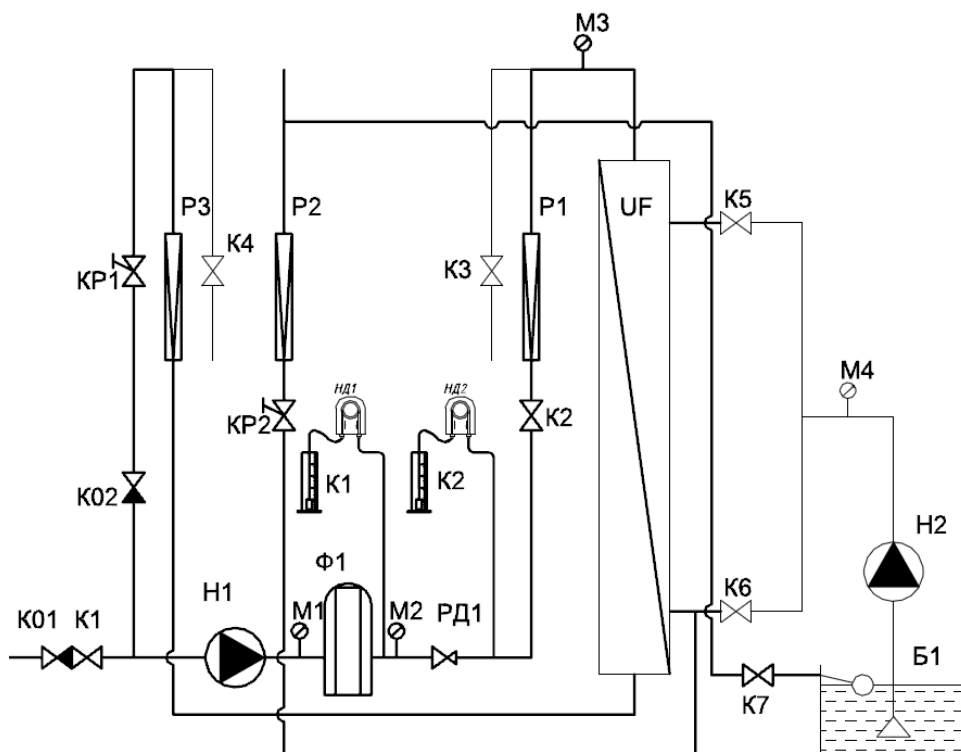


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

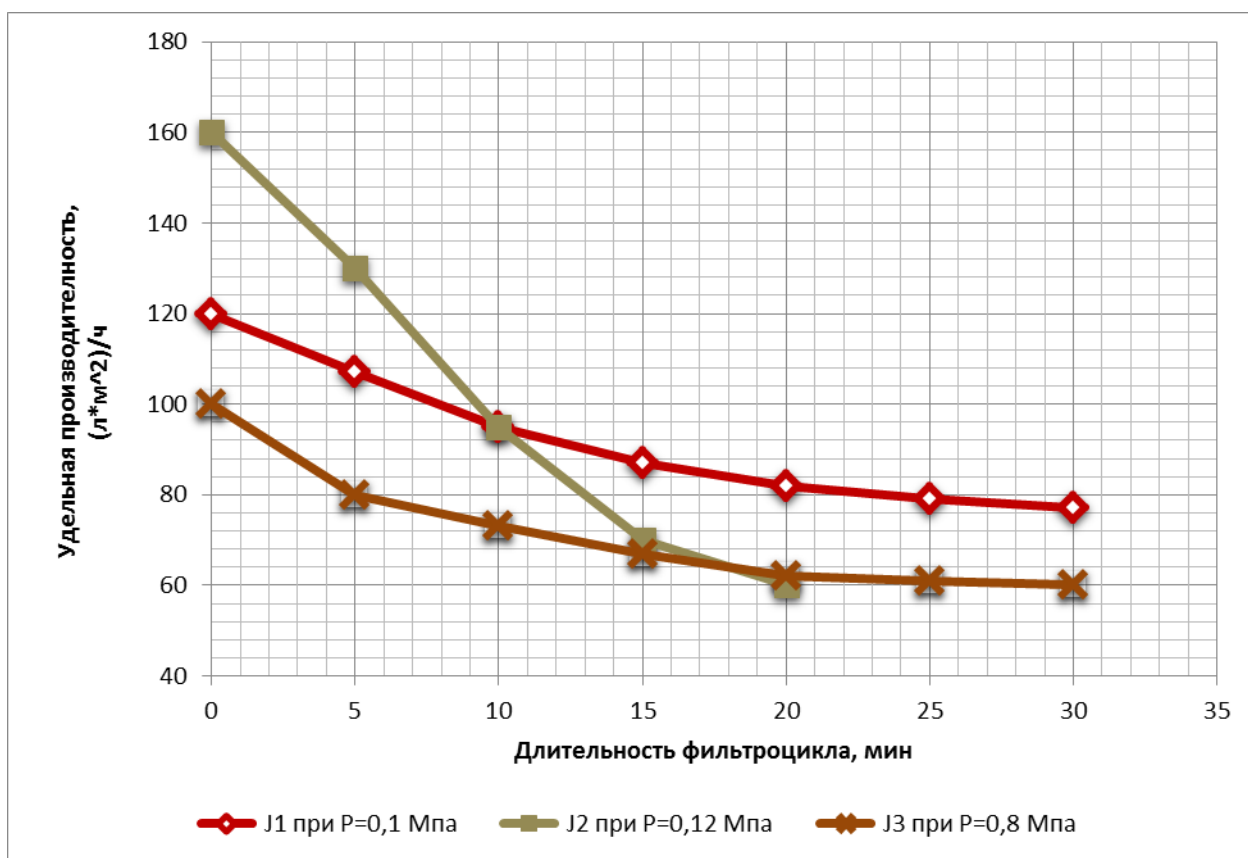


Рис. 2. Удельная производительность мембраны при различных давлениях

Так из данных эксперимента видно, что при давлении от 0,08 до 0,1 мПа (промежуточные точки также исследовались) изменение производительности происходит по общим законам. При повышении рабочего давления до 0,12 мПа в начальном этапе мы видим, что производительность мембраны резко возрастает. В начальный момент времени она на 25% больше, чем при давлении в 0,1 мПа, однако уже через 10 мин. кривые производительности при 0,1 мПа и 0,12 мПа пересекаются. Через 19 мин. производительность сравнивается с производительностью мембраны работающей при давлении 0,08 мПа.

Согласно рекомендациям производителей мембран, данных литературных источников, расход на промывку принимаем равным $2V_{\phi}$. В указанных рабочих диапазонах от 0,08 мПа до 1,2 мПа данная зависимость является достаточной при подборе рабочих характеристик промывки. При превышении давления более чем в 1,2 мПа требуется повышать расход на промывку для восстановления фильтрационных характеристик мембраны. По этой причине считаем, что выбранные режимы являются наиболее экономически целесообразными. Рабочие параметры для определения КПД мембраны сведены в табл. 1-3.

Таблица 1

**Сводные эксплуатационные параметры работы мембраны,
приведенные к 1 м² рабочей поверхности мембраны
при давлении 0,12 мПа**

Q_{ϕ} , л	12,09	21,40	28,35	33,80	36,25
t_{ϕ} , мин	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00
V_{ϕ} , л/мин	2,42	2,14	1,89	1,69	1,45
$t_{оп}$, мин	0,42	0,42	0,58	1,00	1,50
$V_{оп}$, л/мин	4,83	4,28	3,78	3,38	2,90
$t_{пп}$, мин	0,00	0,50	0,75	1,00	1,25
$V_{пп}$, л/мин	4,83	4,28	3,78	3,38	2,90

Таблица 2

**Сводные эксплуатационные параметры работы мембраны,
приведенные к 1 м² рабочей поверхности мембраны
при давлении 0,1 мПа**

Q_{ϕ} , л	9,45	17,90	25,50	32,40	39,25	45,60
t_{ϕ} , мин	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00
V_{ϕ} , л/мин	1,89	1,79	1,70	1,62	1,57	1,52
$t_{оп}$, мин	0,42	0,42	0,58	1,00	1,25	1,50
$V_{оп}$, л/мин	3,78	3,58	3,40	3,24	3,14	3,04
$t_{пп}$, мин	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	1,25
$V_{пп}$, л/мин	3,78	3,58	3,40	3,24	3,14	3,04

Таблица 3

Сводные эксплуатационные параметры работы мембраны,
приведенные к 1 м² рабочей поверхности мембраны
при давлении 0,08 МПа

Q _ф , л	7,50	12,90	19,65	25,00	30,25	35,25
t _ф , МИН	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00
V _ф , л/МИН	1,50	1,29	1,31	1,25	1,21	1,18
t _{оп} , МИН	0,42	0,42	0,58	1,00	1,25	1,50
V _{оп} , л/МИН	3,00	2,58	2,62	2,50	2,42	2,35
t _{пп} , МИН	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	1,25
V _{пп} , л/МИН	3,00	2,58	2,62	2,50	2,42	2,35

Пользуясь формулой (1) проводим расчет КПД. Данные по расчету КПД сведены в табл. 4.

На рис. 3 представлена удельная производительность мембраны за время фильтроцикла 30 мин. Обобщенные данные по расчету КПД представлены на рис. 4.

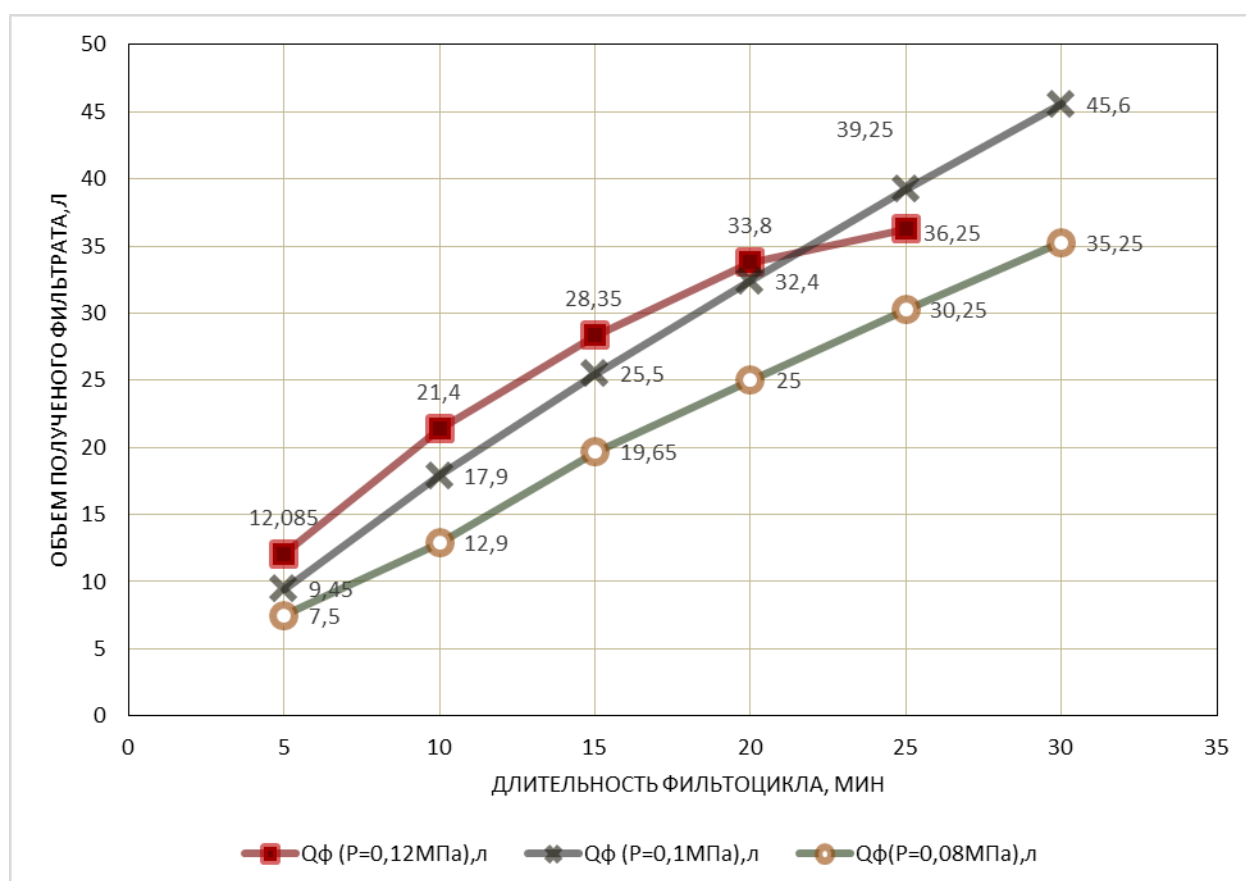


Рис. 3. Удельная производительность мембраны за время фильтроцикла 30 мин

**Приведенные значения КПД при различной длительности
фильтроцикла
и рабочих давлениях**

t_{ϕ} , мин	5	10	15	20	25	30
КПД ($P = 0,12$ МПа), %	59,52	74,93	79,52	79,68	78,96	
КПД ($P = 0,1$ МПа), %	59,52	76,39	79,99	80,13	81,41	82,26
КПД ($P = 0,08$ МПа), %	59,52	76,39	79,59	79,65	80,86	81,66

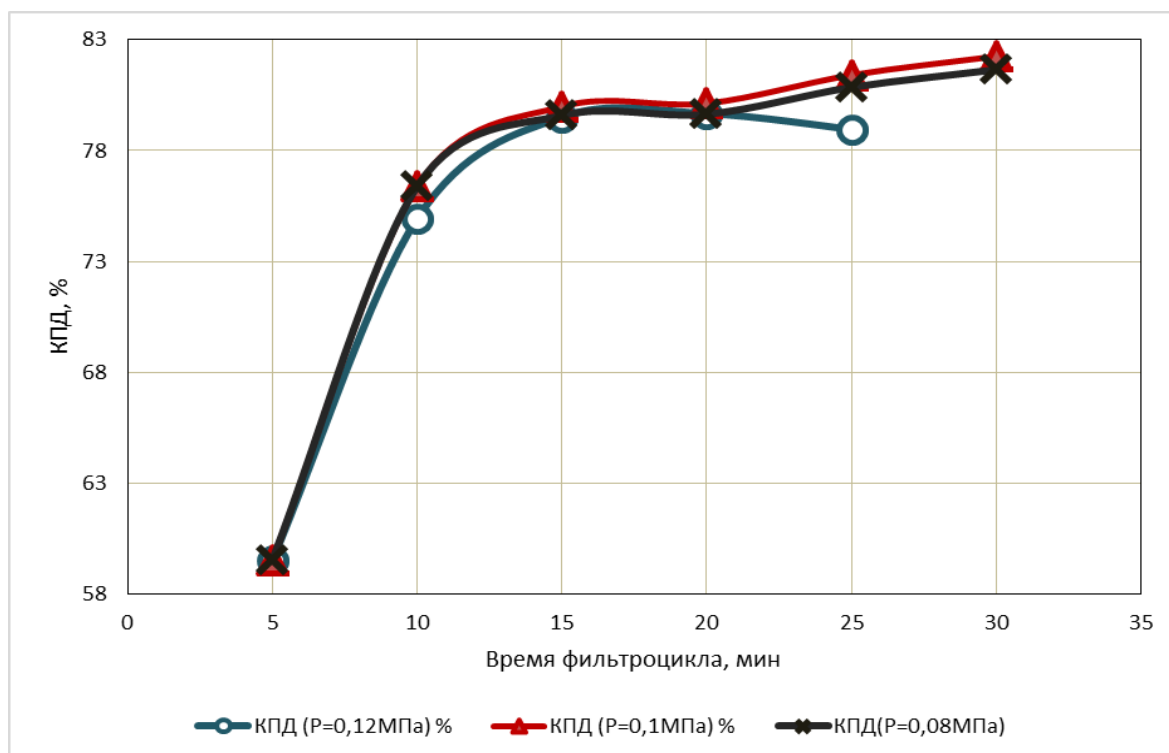


Рис.4. График изменения КПД в зависимости от длительности фильмоцикла

Как видно наилучший гидравлический КПД мы получили при давлении на мембрану равное 0,1 мПа.

Если рассматривать рис. 3. то мы видим, что при фильмоцикле равном 20 мин. наибольшую производительность будет давать мембрана работающая с давлением 0,12 мПа. При этом значения КПД в этой точке практически не отличаются для всех вариантов рис.4. Производительность у мембраны, работающей под давлением 0,12 мПа выше чем у мембраны, работающей при давлении 0,08 мПа через 30 мин. работы.

Список литературы

1. М. Мулдер. Введение в мембранную технологию, пер. с англ., под ред. Ю. П. Ямпольского, Москва, МИР: 1999. 513 с
2. А. А. Свитцов. Введение в мембранную технологию. М., ДеЛи принт, 2007. 208 с.

Надійшло до редакції 19.11.2016