

УДК 544.725.7; 544.725.2

Д. Д. Фазуллин, Г. В. Маврин, И. Г. Шайхиев,
А. Ф. Зиганшин

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ НА УДЕЛЬНУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ И НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН

Ключевые слова: эмульсия, углеводороды, ультрафильтрация, нанофильтрация, удельная производительность.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) представляют собой многокомпонентную эмульгированную систему, основным компонентом которой являются углеводороды. Содержание углеводородов в составе эмульсии оказывает влияние на удельную производительность мембран. В настоящее время для очистки отработанных СОЖ часто применяют мембранные методы, такие как ультрафильтрация и нанофильтрация, обладающие высокой степенью задерживающей способности. В данной работе проведены исследования влияния концентрации углеводородов на удельную производительность мембран. С увеличением концентрации углеводородов в эмульсии происходит непрерывное уменьшение удельной производительности мембраны, связанное с увеличением вязкости жидкости. При увеличении концентрации углеводородов в эмульсии до 3 г/дм^3 удельная производительность ультрафильтрационной (УФ) мембраны снизилась в 1,3 раза, а у нанофильтрационной (НФ) мембраны – снизилась в 4,9 раза. Наиболее оптимальный диапазон концентрации углеводородов для процесса ультрафильтрации составляет от 100 до 3000 мг/дм^3 , при этом удельная производительность снижается на 24 %, а для процесса нанофильтрации оптимальная концентрация углеводородов составила от 0,5 до 300 мг/дм^3 , при которой удельная производительность снизилась на 10 %.

Keywords: emulsion, hydrocarbons, ultrafiltration, nanofiltration, specific productivity.

Cutting fluid (coolant) is emulsified multi-component system with hydrocarbons as a main component. The hydrocarbons content of emulsion influences on the specific membrane performance. Nowadays membrane methods such as ultrafiltration and nanofiltration, which are characterized with high retention capacity, are applied for waste coolant treatment. In this study the influence of hydrocarbons concentration on the specific membrane performance was investigated. The increase of hydrocarbons concentration in the emulsion leads to the continuous specific membrane performance reduction caused by enhanced fluid viscosity. The enhance of hydrocarbons concentration in the emulsion up to 3 g/dm^3 results into 1.3 decrease of ultrafiltration (UF) membrane specific performance, while the nanofiltration (NF) membrane demonstrated 4.9 reduction. The optimal range of hydrocarbons concentration for ultrafiltration process is 100 - 3000 mg/dm^3 with 24 % decrease of the specific performance. The nanofiltration process is described by 0.5 – 300 mg/dm^3 optimum hydrocarbons concentration with 10 % reduction of the specific performance.

Введение

Во многих отраслях машиностроения при обработке металлических изделий широко используются различные вспомогательные и смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). В связи с этим, соответственно, в больших количествах образуются водомасляные эмульсии и сточные воды, которые необходимо утилизировать. Перед сбросом в систему централизованной канализации количество углеводородов в водной фазе не должно превышать значения предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ. В качестве перспективного современного метода для утилизации водомасляных эмульсий в различных отраслях промышленности вот уже более 20 лет используются мембранные методы разделения, такие как ультрафильтрация и нанофильтрация [1-5]. Преимущество мембранных методов очистки над другими заключается в высокой степени очистки и производительности и низких энергозатратах.

Основными компонентами в составе водомасляных СОЖ являются углеводороды, поверхностно-активные вещества (ПАВ), эмульгаторы, ингибиторы коррозии и другие вещества [6-8]. Содержание данных веществ в составе СОЖ меняется в зависимости от марки и

требуемого разбавления концентрата СОЖ. Стабильные СОЖ являются полидисперсной системой, с размерами частиц от 10 до 200 нм. Так как средние размеры пор мембран ультрафильтрации составляют 20 - 50 нм [9-11], полностью отделить компоненты СОЖ из водной фазы не получается, требуется дополнительное разделение ультрафильтрата с помощью мембран нанофильтрации (размер пор 1 нм) или обратного осмоса (размер пор 0,1-1 нм).

На процесс мембранного разделения водомасляных эмульсий влияют такие факторы как температура жидкости, рабочее давление, водородный показатель среды, свойства мембраны, состав и концентрация компонентов в эмульсии. Так как основным компонентом в составе водомасляной эмульсии являются углеводороды, их содержание оказывает прямое воздействие на удельную производительность мембран.

Цель работы заключалась в определении оптимальных концентраций углеводородов в составе эмульсий, при которых достигается максимальная производительность процессов ультрафильтрации и нанофильтрации.

Экспериментальная часть

В данной работе проведены исследования влияния концентрации углеводородов на удельную

производительность рулонных мембран ультрафильтрации и нанофильтрации. Исследования проводилось с мембраной ультрафильтрации марки «ЭМУ 45-300» и нанофильтрации «ЭМН 45-300», концентрация углеводородов в отработанной эмульсии составила от 0,05 до 3 г/дм³. В качестве источника различных углеводородов использовался концентрат СОЖ марки «Инкам-1», разбавленный дистиллированной водой для достижения соответствующих концентраций. В таблице 1 представлены характеристики мембранных элементов.

Таблица 1 – Характеристика мембранных элементов

Марка мембраны	ЭМУ 45-300	ЭМН 45-300
Процесс фильтрации	Ультрафильтрация	Нанофильтрация
Тип мембранного элемента	Рулонный	
Площадь мембраны, м ²	0,12	0,12
Материал мембраны	Полисульфонамид	
Диаметр пор, мкм	0,02-0,05	0,001
Длина модуля, мм	300	300
Диаметр модуля, мм	45	45
Рабочее давление, МПа	0,2-0,5	0,3-0,6
Удельная производительность, дм ³ /м ² ·ч	208	75
Рабочая температура, °С	до 50	до 50
Допустимое значение pH	3-10	3-10

Процесс мембранного разделения эмульсии провели на установке, блок-схема которой представлена на рисунке 1.

Исходная отработанная СОЖ, содержащая в качестве примесей взвешенные частицы, эмульгированные углеводороды и ПАВы, насосом (1) из емкости (5) подается в микрофильтр (2) для удаления взвешенных частиц, далее в мембранный модуль (ультрафильтрация) (4). Под действием рабочего давления происходит разделение потока на две части: частично очищенный от загрязнений фильтрат, который собирается в приемную емкость, и концентрат, который постоянно возвращается в исходную емкость (5). В процессе работы происходит постепенное концентрирование примесей до максимально возможных значений. Давление регистрируется манометром (3). В качестве микрофильтра использовали вспененный полипропилен с размером пор 10 мкм. Процесс нанофильтрации аналогичен процессу ультрафильтрации, отсутствует только микрофильтр.

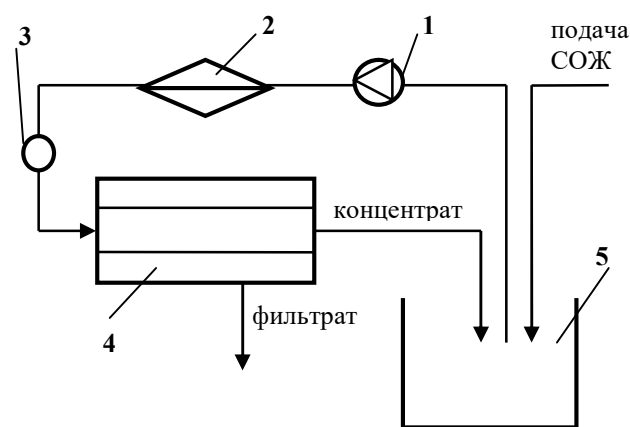


Рис. 1 – Принципиальная схема мембранного разделения водомасляной эмульсии.

Условия процесса мембранного разделения эмульсии: температура жидкости 24-25 °С, давление на входе – 0,4 МПа для ультрафильтрации и 0,6 МПа для нанофильтрации. В качестве начальной точки отсчета удельной производительности была взята производительность по дистиллированной воде, которая составляет для мембраны ультрафильтрации 208 дм³/м²·ч, и 75 дм³/м²·ч для мембраны нанофильтрации при T= 25 °С.

Обсуждение результатов

Графики, характеризующие зависимости удельной производительности ультра- и нанофильтрационных мембран от концентрации нефтепродуктов, приведены на рис. 2 и 3.

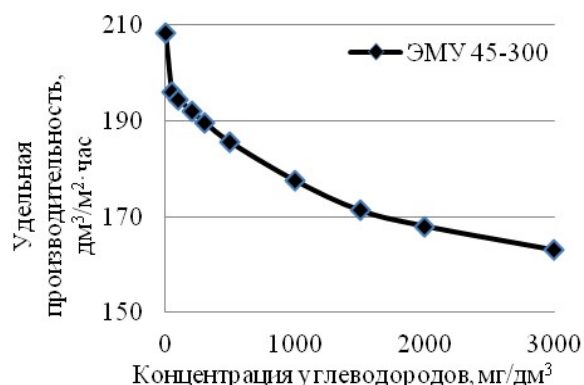


Рис. 2 – Зависимость производительности ультрафильтрационной мембраны марки «ЭМУ 45-300» от концентрации углеводородов

Исследовано влияние концентрации углеводородов на удельную производительность УФ и НФ мембран. По данным, приведенным на рис. 2 и 3, можно заметить, что с увеличением концентрации углеводородов в эмульсии происходит непрерывное уменьшение удельной производительности мембраны, связанное с увеличением вязкости жидкости. При увеличении концентрации углеводородов в эмульсии до 3 г/дм³ удельная производительность ультрафильтрационной мембраны снизилась в 1,3 раза, а у нанофильтрационной мембраны – снизилась в 4,9 раза.

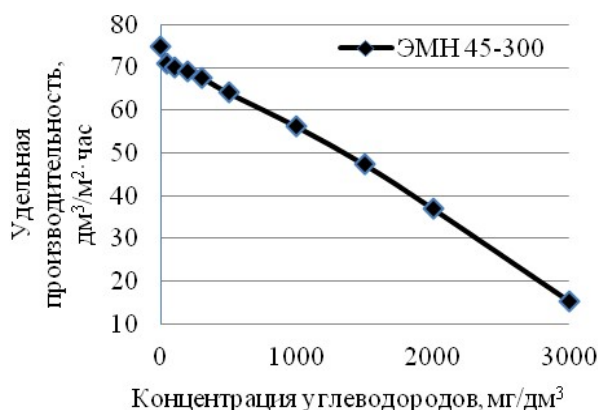


Рис. 3 – Зависимость производительности нанофильтрационной мембраны марки «ЭМН 45-300» от концентрации углеводов

Уменьшение удельной производительности мембран с ростом концентрации углеводов вызвано, по-видимому, явлением концентрационной поляризации, т.е. образованием при мембранном слое осадка и увеличением его толщины за счет повышения концентрации эмульсии и увеличивающейся вязкости. Вследствие этого, уменьшается снос вещества параллельно мембране и появляется дополнительное сопротивление примембранного слоя.

Основным способом, снижающим загрязнение мембран и увеличивающим продолжительность их работы, является предварительная подготовка исходного раствора. Необходимо провести предварительную очистку сточных вод от свободных масел перед подачей на ультрафильтрацию другими методами, такими как отстаивание, микрофильтрация. Также при снижении удельной производительности мембран необходимо промыть мембранный элемент моющим раствором.

Выводы

Проведенными экспериментами показано, что с увеличением концентрации углеводов в эмульсии происходит непрерывное уменьшение удельной производительности мембраны, связанное

с увеличением вязкости жидкости. При увеличении концентрации углеводов в эмульсии до 3 г/дм³ удельная производительность мембраны ультрафильтрации снизилась в 1,3 раза, а у нанофильтрационной мембраны – снизилась в 4,9 раза. Наиболее оптимальный диапазон концентрации углеводов для процесса ультрафильтрации составляет от 100 до 3000 мг/дм³, при которой удельная производительность снижается на 24 %, а для процесса нанофильтрации - от 0,5 до 300 мг/дм³, в названном интервале концентрации снижение удельной производительности составляет 10 %.

Литература

1. Патент 2271384 РФ (2006).
2. Е.С. Климов, С.И. Варламова, *Технологии нефти и газа*, 1, 73–75 (2006).
3. Д.Д. Фазуллин, Г.В. Маврин, Р.Г. Мелконян, *Экология промышленного производства*, 1, 39-43 (2013).
4. H. Falahati, A.Y. Tremblay, *Journal of Membrane Science*, **371**, 1-2, 239-247 (2011).
5. N. Hilal, G. Busca, F. Talens-Alesson, B.P. Atkin, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, **43**, 7, 811–821 (2004).
6. T. Leiknes, M.J. Semmens, *Water Science and Technology*, **41**, 101-108 (2000).
7. Д.Д. Фазуллин, Г.В. Маврин, И.Г. Шайхиев, *Вестник технологического университета*, 15, 69-73 (2015).
8. Д.Д. Фазуллин, Г.В. Маврин, И.Г. Шайхиев, *Вестник технологического университета*, 18, 229-232 (2015).
9. М.В. Андрухова, И.Н. Аржанова, О.А. Напилкова, *Ползуновский вестник*, 2, 385-388 (2006).
10. Д.Д. Фазуллин, Г.В. Маврин, М.П. Соколов, *Химия и технология топлив и масел*, 1, 56-59 (2015).
11. I. Sadeghi, A. Aroujalian, A. Raisi, B. Dabir, M. Fathizadeh, *Journal of Membrane Science*, **430**, 24-36 (2013).

© Д. Д. Фазуллин – ведущий инженер Казанского Федерального Университета, denr3@yandex.ru; Г. В. Маврин – к.х.н., зав. кафедрой Химии и экологии Казанского Федерального Университета, mavrin-g@rambler.ru; И. Г. Шайхиев – д.т.н., зав. кафедрой Инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета, ildars@inbox.ru; А. Ф. Зиганшин – инженер Казанского Федерального Университета.

© D. D. Faizullin – Lead Engineer of Kazan Federal University, denr3@yandex.ru; G. V. Mavrin – Ph. D, head of Department of Chemistry and ecology of Kazan Federal University, mavrin-g@rambler.ru; I. G. Shaikhiev – Ph. D., head of Department of environmental Engineering of Kazan National Research Technological University, ildars@inbox.ru; A. F. Ziganshin - Engineer of Kazan Federal University.