

УДК 66.067:665.544

## ОЧИСТКА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ МЕТОДОМ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

**М.П. КУПРЕЕВ, И.М. МЕЛЬНИЧЕНКО**

*Гомельский государственный университет  
имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

**А.А. БОЙКО, Е.Н. ЛЕОНОВИЧ**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого, Республика Беларусь*

При выборе комплекса технологических процессов, обеспечивающих восстановление качества масла до требуемого уровня, в первую очередь используются механические способы очистки, позволяющие удалить из масла свободную воду и твердые загрязнения, а затем, при необходимости, применяются физико-химические методы. Одним из распространенных механических способов очистки жидкостей является фильтрование через пористые перегородки, изготавливаемые из различных фильтрующих материалов, отличающихся фильтрационными свойствами, химическим составом, способом изготовления и др. [1,2].

На практике грубую очистку масла осуществляют с использованием фильтро-элементов из металлической сетки с толщиной фильтрования 60...80 мкм, а для тонкой очистки применяют складные масляные фильтры типа «ФМН» с фильтрующими элементами из нетканого материала (толщина очистки 15...20 мкм). Однако эти фильтры не обеспечивают необходимой степени очистки отработавших масел, так как последние содержат в большом количестве углеродистые загрязнения преимущественно с размерами частиц менее 5 мкм.

В последние годы в зарубежной практике в процессах очистки и регенерации отработавших масел все более широкое применение находит метод ультрафильтрации масла на мембранных фильтрах, осуществляемый в режиме тангенциального потока [3]. Схематически процесс мембранного разделения в тангенциальном потоке представлен на рис. 1. За счет градиента гидростатического давления 2 концентрация мелких частиц, проходящих через мембрану 3, возрастает в фильтрате 4, а крупные частицы исходного раствора 1 образуют концентрат 5.

При ультрафильтрации масла совершается разделение и концентрирование исходного потока (рис. 1) [4]. Лаки, смолы и другие тонкодисперсные загрязнения задерживаются поверхностным ультрапористым слоем и непрерывно смываются с него тангенциальным потоком очищаемого масла. Через мембрану проходит только очищенное масло. Это позволяет проводить процесс фильтрации в течение длительного времени без замены мембранных фильтрующих элементов. Процесс ультрафильтрации проводят при давлении 0,3-1 МПа, скоростях потока 2-5 м/с, с использованием мембран, размеры пор которых составляют 0,1-0,005 мкм.

Имеющиеся в литературе сведения по ультрафильтрационной очистке и регенерации масел носят преимущественно обзорный или рекламный характер и не содержат режимов фильтрации и описания конструктивных особенностей установок. В связи с этим разработка и оптимизация конструктивных элементов установок для

ультрафильтрационной очистки масла, а также исследование и отработка режимов фильтрации является актуальной задачей.

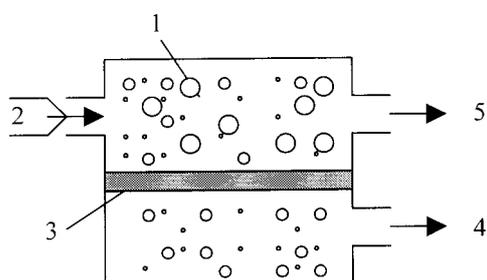


Рис. 1. Схема процесса мембранного разделения: 1 – фильтруемый исходный раствор; 2 – градиент гидростатического давления; 3 – мембрана; 4 – фильтрат; 5 – концентрат.

В настоящее время в мире проектируются и выпускаются ультрафильтрационные установки, значительно различающиеся по производительности – от 1 до 300000 м<sup>3</sup>/сут. В практике используются ультрафильтрационные установки, работающие в режимах периодической, полупериодической и непрерывной эксплуатации. Непрерывный и полупериодический режимы применяют преимущественно при больших объемах обработки жидкостей. В случае небольшого объема периодический режим работы обладает преимуществом по сравнению с непрерывным методом – меньшая площадь мембраны и легче ее промывка.

Исходя из проведенных лабораторных исследований, а также с учетом анализа известных конструкций лабораторных и промышленных ультрафильтрационных установок [5] разработана и изготовлена экспериментальная ультрафильтрационная установка для очистки масла, работающая в периодическом режиме. Установка содержит (рис. 2) расходную емкость 1, из которой с помощью шестеренчатого насоса 2 исходное масло подается через предохранительный клапан 3 в спиралеобразную трубку – теплообменник 4, расположенный в термостате 5. Из термостата подогретое масло через тройник 6 и вентили 7,8 поступает либо в мембранный блок 9, либо в емкость исходного масла 1, где с помощью термометра 10 измеряется его температура. После прохождения мембранной ячейки исходное масло попадает также в емкость 1. Очищенное масло через вентиль 11 поступает в емкость 12. На выходе мембранной ячейки находится образцовый манометр 13, а за ним – вентиль тонкого регулирования расхода (давления) 14. Перед входом в ячейку расположен манометр 15. Вентильми 7,8 регулируется величина тангенциального потока, проходящего через мембранную ячейку.

Основой установки является мембранный блок, состоящий из корпуса и 18-ти керамических мембранных элементов. Мембранные элементы изготовлены из порошкообразного корунда с использованием химически стойкой силикатной связки. Они выполнены в виде многопластинчатого пористого каркаса с размерами пор 12...18 мкм, на поверхности которого методом осаждения нанесен слой со средними размерами пор 0,03 мкм. Существенным достоинством указанных мембран является высокая химическая, биологическая и термическая стойкость.

*Технические характеристики экспериментальной установки:*

1. Габаритные размеры, мм- 600×800×600
2. Потребляемая мощность, кВт- 2,2
3. Рабочая температура (регулируемая), °С- 30...85
4. Удельная производительность, л/м<sup>2</sup>·ч- 6...10
5. Рабочее давление, МПа- до 0,8
6. Размеры пор мембраны, мкм- 0,03
7. Скорость тангенциального потока, м/с- до 3,5
8. Рабочая поверхность мембраны, м<sup>2</sup>- 1,3

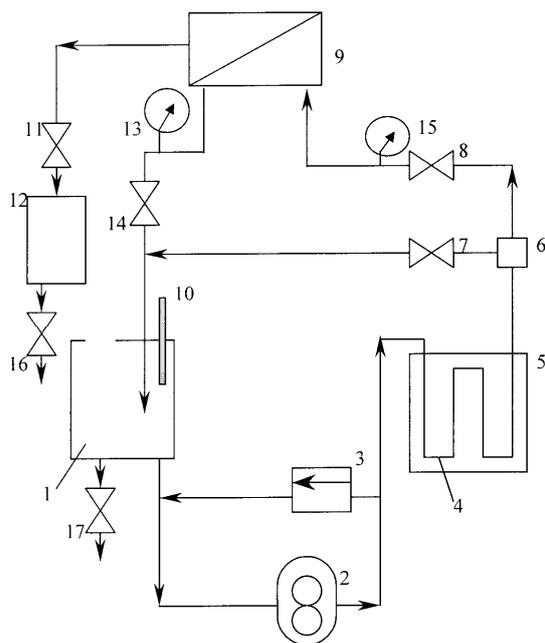


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки для ультрафильтрационной очистки масла: 1 – исходная емкость; 2 – насос НШ-30; 3 – предохранительный клапан; 4 – теплообменник; 5 – термостат; 6 – тройник; 7, 8, 11, 14, 16, 17 – запорные вентили; 9 – мембранный блок; 10 – термометр; 12 – емкость для очищенного масла; 13, 15 – манометры.

основные параметры, определяющие качество масла (вязкость, температура вспышки, содержание воды, содержание механических примесей, щелочное число). Все показатели измеряли при достижении стационарного режима в работе мембраны, когда ее проницаемость во времени практически не изменялась.

Анализ литературных источников показал, что производительность очистки масла на ультрафильтрационной установке, а также стабильность процесса во времени, в значительной степени должны зависеть от трансмембранного давления, температуры фильтруемого масла и скорости тангенциального потока [4]. В связи с этим проведены исследования по изучению влияния указанных факторов на процесс очистки минерального автотракторного масла. Объектом исследований являлось отработанное автотракторное масло марки М10Г2, которое использовалось для обкатки двигателей Д240 на Гомельском мотороремонтном заводе.

В процессе эксперимента измерялись: давление в очищаемом масле на входе и выходе мембранной ячейки, температура очищаемого масла, скорость тангенциального потока, проницаемость очищенного масла, прошедшего через мембрану. Измерялись и определялись также

основные параметры, определяющие качество масла (вязкость, температура вспышки, содержание воды, содержание механических примесей, щелочное число). Все показатели измеряли при достижении стационарного режима в работе мембраны, когда ее проницаемость во времени практически не изменялась. Проницаемость (удельную производительность), определяемую количеством очищенного масла в единицу времени с единицы рабочей поверхности мембраны, рассчитывали по формуле:

$$Q = \frac{V}{S \cdot t},$$

где  $V$  – объем фильтрата (очищенного масла), л;  $t$  – продолжительность фильтрации, ч;  $S$  – рабочая поверхность мембраны,  $m^2$ .

Влияние давления и температуры на проницаемость мембран в установившемся режиме работы представлено на рис. 3. Проницаемость мембраны в выбранных интервалах изменения температуры и давления практически линейно повышается с увеличением температуры и давления. Однако если между температурой и проницаемостью наблюдается почти про-

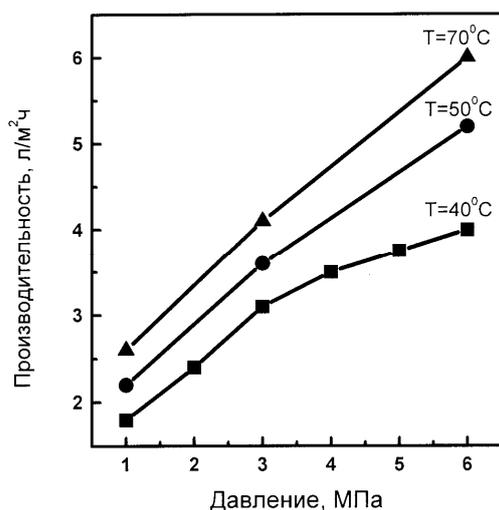


Рис. 3. Влияние давления потока над мембраной на производительность фильтрации масла при разных температурах

ставлено на рис. 3. Проницаемость мембраны в выбранных интервалах изменения температуры и давления практически линейно повышается с увеличением температуры и давления. Однако если между температурой и проницаемостью наблюдается почти про-

порциональная зависимость, то повышение давления при низких температурах не приводит к пропорциональному увеличению проницаемости. Это обусловлено, по-видимому, тем, что с повышением давления происходит возрастание концентрационной поляризации и уплотнение осадка, приводящее к сокращению количества переносимого через мембрану очищенного масла.

Рост проницаемости мембраны с повышением температуры масла связан, по-видимому, с уменьшением его вязкости, хотя следует принимать во внимание и вероятность увеличения коэффициента диффузии компонентов масла, принимающих участие в переносе через мембрану молекул масла. Несмотря на явное увеличение проницаемости с повышением температуры очищать масло при температурах выше 80...90<sup>0</sup>С не следует во избежание активации в нем окислительных процессов.

В таблице представлены результаты анализа качества очищенного масла, отфильтрованного при температуре 80<sup>0</sup>С и давлении над мембраной 0,3 Мпа. В очищенном масле отсутствуют механические примеси и вода, а по своим свойствам оно соответствует требованиям рекомендаций Минсельхозпрода Республики Беларусь от 19 ноября 1996 года, протокол № 5, и пригодно для дальнейшей эксплуатации.

Таблица

Результаты испытаний по очистке масла на ультрафильтрационной установке

№ п/п	Наименование показателей	Требования рекомендаций Белсельхозпрода	Требования ГОСТ 8581-78	Результаты анализа очищенного масла
1.	Вязкость кинематическая при температуре 100 <sup>0</sup> С, сСт	7,35-14,9	11±0,5	9,72
2.	Массовая доля механических примесей, %, не более	0,03	не более 0,015	отсутствуют
3.	Температура вспышки в открытом тигле, <sup>0</sup> С	не ниже 180	не ниже 205	211
4.	Массовая доля воды, %, не более	0,15	следы	следы
5.	Щелочное число, мг КОН на 1г масла	не менее 3	не менее 6	4

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная ультрафильтрационная установка может быть использована для очистки масел и других жидких сред на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь.

### Литература

1. Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения. – М.: Недра, 1990. – 160 с.
2. Сбор и очистка отработанных масел: Обзорная информация / Госагропром СССР. АгроНИИТЭИИТО; К.В. Рыбаков, В.П. Коваленко, В.В. Нигородов. – М., 1988.
3. Chemical et petrochemicals/ - Jap Ind. and Technol. Bull., 1985. V.13, N8, P. 17-19.
4. Роев Г.А., Хайдин П.И. Мембранное разделение в нефтетранспортных технологических процессах. – М.: Недра, 1991. – 127 с.
5. Брык М.Т., Цапюк Е.А., Твердый А.А. Мембранная технология в промышленности. – К.: Техника, 1990. – 247 с. Лицензия ЛВ № 399 от 14.07.99.