

# АКВА·ТЕРМ

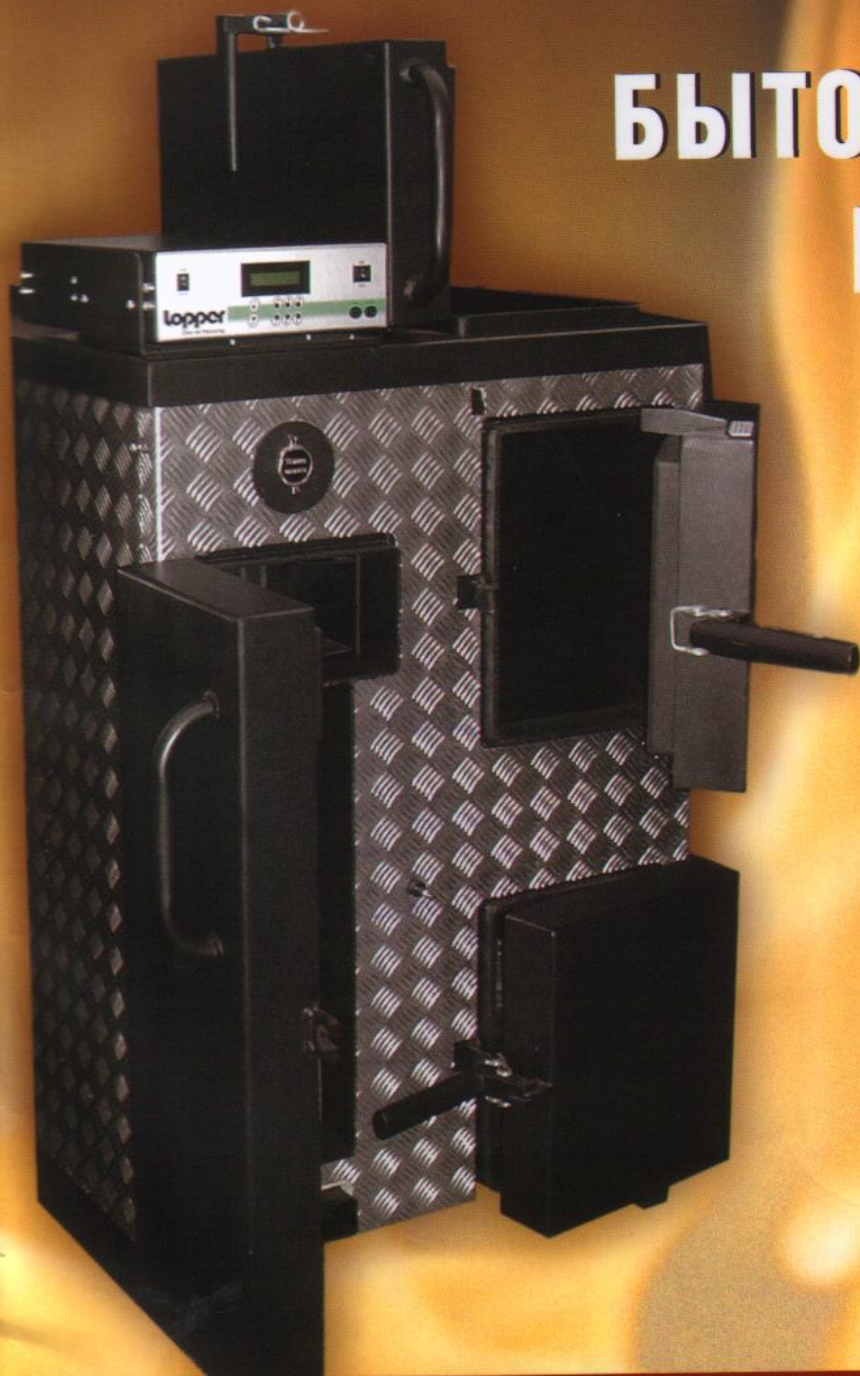
ЦЕНА ТОПЛИВА:  
ЧТО БУДЕТ ЗАВТРА?

ОБ ИНТЕГРИРОВАННЫХ  
МЕМБРАНЫХ СИСТЕМАХ

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА  
НАСТЕННОГО ОТОПЛЕНИЯ

КАЛЕНДАРЬ ВЫСТАВОК  
НА ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ 2004 Г.

## БЫТОВЫЕ КОТЛЫ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ



Водоподготовка  
в системах  
отопления

Декарбонизация  
воды

Панельное  
и потолочное  
отопление



КЛАПАНЫ И ПРИВОДЫ  
ДЛЯ ФЭНККОЙЛОВ





# ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДОПОДГОТОВКА

## Об интегрированных мембранных системах

В последние десятилетия мембранные технологии прочно заняли одно из ведущих мест при решении «водных» проблем. Насущной задачей является оптимизация методов мембранной очистки с точки зрения их эффективности и экономичности. Надежность и стабильность работы мембранных установок во многом зависят от качества предварительной подготовки воды. Классическая схема установки: осадочный фильтр; химическая обработка; глубинный или мембранный фильтр со степенью фильтрации 5–10 мкм, характеризующиеся большой стоимостью и высокими эксплуатационными затратами.



Вячеслав Дзюбенко, к. х. н.  
НПП «Аквапор» (г. Владимир)

В последние годы в мировой практике находят применение интегрированные мембранные системы (ИМС). В таких системах проводится предварительная микро- и ультрафильтрация (МФ и УФ), полученная вода в меньшей степени загрязняет обратноосмотическую или нанофильтрационную мембрану. Таким образом, достигаются более высокие технико-экономические показатели установок в целом, снижаются удельные издержки, увеличивается интервал обслуживания (очистки) мембран.

Установлено, что непрерывная предварительная МФ и УФ позволяют повысить производительность установок обратного осмоса (ОО) на 20 % и более или пропорционально уменьшить число фильтрующих мембранных модулей при одновременном снижении эксплуатационных затрат. Применение этой технологии особенно выгодно в тех случаях, когда исходная вода в высокой степени загрязнена взвешенными твердыми веществами и коллоидами.

Процессы непрерывной МФ и УФ повышают общую эффективность очистки воды от различных частиц, соединений и микроорганизмов, в то же время не очень эффективны для удаления побочных продуктов дезинфекции, растворенных веществ в целом, а также обладают ограниченной способностью очистки воды от органических веществ. Для повышения эффективности мембранных процессов можно использовать добавку коагулянта или гранулированного активированного угля.

В настоящее время в промышленности применяют два способа фильтрации жидкостей с использованием мембранной технологии: тупиковая фильтрация без промывки (в частности, на гофропатронах) и фильтрация в проточном режиме (например, на рулонных УФ-, ОО-, НФ-элементах). Первая из этих технологий характеризуется небольшим ресурсом работы фильтрующего элемента; вторая – наоборот – обеспечивает значи-

тельно (по крайней мере, на порядок) больший ресурс работы элемента, но требует относительно большого (примерно 20–30 %) расхода воды для постоянной промывки фильтрующего элемента. В связи с этим весьма перспективным представляется объединение положительных сторон вышеупомянутых процессов.

Владимирским НПП «Аквапор» были разработаны и запатентованы фильтрующий элемент и технология его применения, позволяющие получать не менее 95 % очищенной воды из исходного потока; при этом 5 % используются на гидродинамическую регенерацию фильтра. Технологическая схема установки представлена на рис. 1: исходная вода подается в емкость Е1 (подача может осуществляться и прямо из питающей магистрали), а оттуда под создаваемым насосом Н1 давлением 0,5–2 атм – на мембранный модуль ММ. Получаемый фильтрат (очищенная вода) поступает в емкость Е2 (используется при обратноточной промывке) и к потребителю. Остальная вода возвращается в приемную емкость Е1 (при ее отсутствии – на линию подачи исходной воды). Это – рабочий цикл фильтрации, длящийся 20–60 мин.

После завершения рабочего цикла наступает цикл промывки элемента и удаления накопившегося в рециркуляционном контуре загрязнения: часть фильтрата, накопленного в емкости Е2, подается противотоком внутрь фильтрующего элемента; грязь с поверхности мембраны поднимается и частично уносится в канализацию. Это – первый этап регенерации, длящийся 4–10 с.

Второй этап регенерации занимает столько же времени и осуществляется следующим образом: в жидкость, подающуюся на мембранный элемент для его проточной промывки впрыскивается сжатый воздух для образования водо-воздушной смеси, вытесняющий из объема элемента все загрязнения, накопившиеся за рабочий цикл. Для повышения эффек-



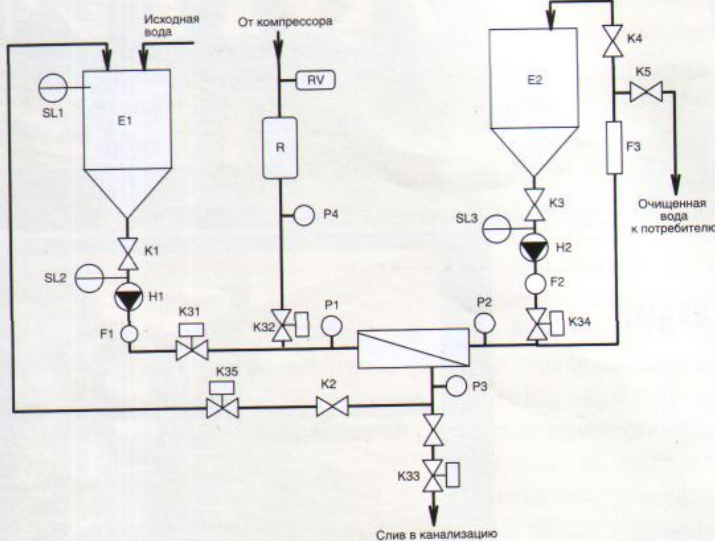


Рис. 1. Технологическая схема установки микрофльтрации в тупиковом режиме с противоточной промывкой мембранных элементов:

- E1 – емкость исходной воды;
- E2 – емкость очищенной воды;
- H1, 2 – насос;
- F1, 2 – ротометр;
- F3 – расходомер;
- R – воздушный ресивер;
- RV – реле давления воздуха;
- RED – воздушный редуктор;
- MM – мембранный модуль;
- P1...4 – манометр;
- SL1 – сигнализатор уровня;
- SL2, 3 – датчик «сухого хода»;
- K1...5 – шаровой кран;
- K31...35 – электромагнитный клапан

тивности оба этапа регенерации повторяются трижды. Таким образом, на регенерацию затрачивается 30–60 с, после чего вновь наступает рабочий цикл.

В случае особо загрязненных вод при втором этапе промывки можно использовать не исходную жидкость из емкости E1 (или подающей магистрали), а фильтр из емкости E2. При этом, как уже отмечалось, на весь цикл регенерации расходуется около 5 % исходной воды (в описанном случае – 2,5 % полученного фильтрата и 2,5 % исходной воды).

Исследования технологии в ручном и автоматическом режиме с широким диапазоном варьирования параметров процессов (рабочее давление при фильтрации, обратноточных промывках и прямоточных продувках; время фильтрации; время промывки-продувки и объемы воды и воздуха при ее осуществлении) были проведены на модельной установке (рис. 2).

Так, установка подверглась демонстрационным испытаниям в цехе химводо-

подготовки московской ТЭЦ-23. В фильтрующих элементах в первом случае использовалась трековая лавсановая мембрана с размером пор 1 мкм, во втором – полимерная мембрана на основе регенерированной целлюлозы с размером пор

регенерации гидродинамическими промывками-продувками не происходит), необходима периодическая (в среднем – раз в месяц) химическая мойка мембраны щелочными агентами для удаления органических отложений и кислотными – для

Таблица. Результаты испытаний ИМС-установки во Владимире

Рабочее давление, атм	Количество полученного фильтрата, м <sup>3</sup>	Производительность до и после промывки, л/ч	Мутность исходной воды, мг/л	Селективность по мутности, %
1,0	2	211/240	1,58	83,5
1,5	3	211/276	1,52	91,3
1,5	4	180/257	0,93	90,6
1,5	5	199/211	–	–
1,5	6	200/257	–	–
1,0	7	189/225	–	–
1,0	8	198/211	–	–
1,0	9	189/225	1,33	85,6

0,2 мкм. При этом мутность фильтрата в первом случае не превышала 0,25, во втором – 0,15 мг/л при исходном показателе 10 мг/л.

Другие испытания были проведены во Владимире, где установка с элементом на основе трековой мембраны (размер пор – 1 мкм; эффективная поверхность мембраны – около 1 м) производила очистку водопроводной воды. Всего в ходе эксперимента было получено 9 м<sup>3</sup> фильтрата, после этого элемент вскрыт для визуального определения уровня загрязнения поверхности мембраны, оказавшегося весьма незначительными. Эффективность гидродинамической регенерации подтверждают и данные о производительности установки, фиксировавшиеся до и после промывки (табл.).

Поскольку в ходе экспериментов с модельной установкой было выявлено, что медленное снижение средней производительности фильтрующего элемента все же имеет место (т.е. его 100-процентной

очистки от коллоидной гидроокиси железа. При использовании данной технологии в пищевой промышленности во время первого этапа регенерации (обратноточная промывка фильтратом) следует предусмотреть периодический впрыск гипохлорита натрия для дезинфекции.

На основании данных, полученных на модельной установке, была сконструирована и совместно с ЗАО «Роса» (Новосибирск) изготовлена пилотная установка с производительностью по фильтрату 2500 л/ч (рис. 3). Установка укомплектована фильтрующим элементом с площадью активной мембранной поверхности 10 м<sup>2</sup>. Оборудование установлено на ТЭЦ-2 Новосибирска. Источник исходной воды – река Обь. Вода через фильтр грубой очистки (степень фильтрации – 100 мкм, производитель – Honeywell) подается на мембранный модуль. Для его регенерации на этапах промывки-продувки используется очищенная вода. В полностью автоматическом режиме в тече-

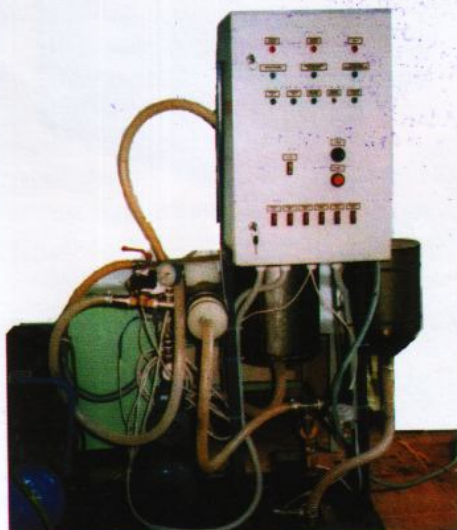


Рис. 2



ние 4 месяцев производительность установки поддерживается в диапазоне от 2500 (начальная производительность рабочего цикла) до 1800 л/ч (конечная производительность рабочего цикла). Селективность установки по мутности в значительной мере зависит от размера частиц, содержащихся в исходной воде. Взвеси частиц размером более 1,5 мкм удаляются на 95 %.

В мировой практике системы с использованием на стадии предварительной очистки МФ и УФ успешно реализуются такими авторитетными компаниями, как Degremont и Hydranautics. В статье Джорджа Редондо (компания Dow), опубликованной в журнале *Desalination and Water Reuse* в 2001 г., сравнивались затраты на обработку сточных вод (2000 м<sup>3</sup>/сут) на одном из мясоперерабатывающих заводов на юге Европы с предварительной очисткой микро- и ультрафильтрацией, а также традиционным методом (осаждение, двойная фильтрация, фильтрация с помощью патронных фильтров). По результатам расчетов, эксплуатационные расходы в случае традиционной предварительной обработки составят 0,49 долл./м<sup>3</sup> фильтрата; при использовании непрерывной микрофильтрации – 0,34

долл./м<sup>3</sup>, при использовании ультрафильтрации – 0,33 долл./м<sup>3</sup> (указанные удельные расходы относятся к предварительной очистке).

На практике непрерывная МФ и УФ способствовали снижению мутности воды более чем на 90–92 %, в то время, как при использовании традиционных методов предварительной очистки эта цифра составила в среднем 84 %. Как непрерывная МФ, так и УФ приводили к снижению уровня взвешенных твердых частиц, содержания общего органического углерода и количества бактерий до уровня, при котором эксплуатация НФ-системы становилась возможной в течение 3–5 дней между химическими чистками (в обычном случае потребность в химической чистке мембраны НФ-установки возникает через каждые 3–5 ч). Кроме того, ИМС менее сложны по своей природе и, следовательно, более просты для работы, чем традиционные системы.

Для пилотной установки с непрерывной МФ и УФ потребовалось на 25 % меньше площади, чем для высокоэффективной традиционной системы; применительно к промышленной установке эта разница должна увеличиться на 30–40 %.

**A-T 21.301**

## Словарь терминов

**Микрофильтрация** – технология очистки воды на мембранах, применяемая для удаления мелкой взвеси коллоидных частиц, микроорганизмов (бактерий) размером 0,1–1 мкм.

**Ультрафильтрация** – мембранная технология для удаления коллоидных частиц и микроорганизмов размером 0,01–0,1 мкм и молекулярной массой более 1000.

**Нанофильтрация** – процесс разделения растворов на мембранах с размером пор от 0,001 до 0,01 мкм.

**Обратный осмос** – технология очистки воды на полупроницаемых мембранах, размер пор которых позволяет отделить молекулы чистой воды от растворенных в ней веществ.