



Руководство по эксплуатации ультрафильтрационных модулей



1. Общая информация

Ультрафильтрационные модули серии УФ производятся согласно ТУ-3697-001-68051084-2012. Ультрафильтрационные модули предназначены для получения технической и питьевой воды. Типичными областями применения ультрафильтрационных модулей являются фильтрация природной воды из подземных и поверхностных источников, а также фильтрация сточных вод после биологической очистки. Фильтрация проводится в режиме с циркуляцией (crossflow) или в тупиковом режиме (dead-end) с регулярной обратной промывкой пермеатом и химически усиленной промывкой.

2. Характеристики ультрафильтрационного модуля

Гидрофильные капиллярные мембраны изготавливаются из следующих полимеров: поливинилхлорид, полисульфон, поливинилиденфторид. Селективный слой расположен на внутренней поверхности полого волокна. Мембраны обладают высокой проницаемостью и устойчивостью к загрязнению.

- Размер волокон: внутренний диаметр - 1,0 мм, наружный диаметр - 1.6 мм
- Доступный диапазон отсекаемых молекулярных масс: 10 - 300 кДа

Корпус модуля изготовлен из поливинилхлорида. Половолоконная мембрана герметизирована на торцах модуля эпоксидной смолой. Серийно выпускаются модули трех типоразмеров (см. Табл. 1, Рис. 1-3).

Таблица 1. Характеристики ультрафильтрационных модулей

Типоразмер	Диаметр корпуса, мм	Длина, мм	Количество волокон, шт.	Поверхность фильтрации, м ²	Присоединение
1	75	1040	1250	3	штуцер под шланг Ø 20 мм
2	110	1690	1700	8	наружная резьба 1"
3	200	1760	5700	24	разборная муфта под трубу Ø 50 мм

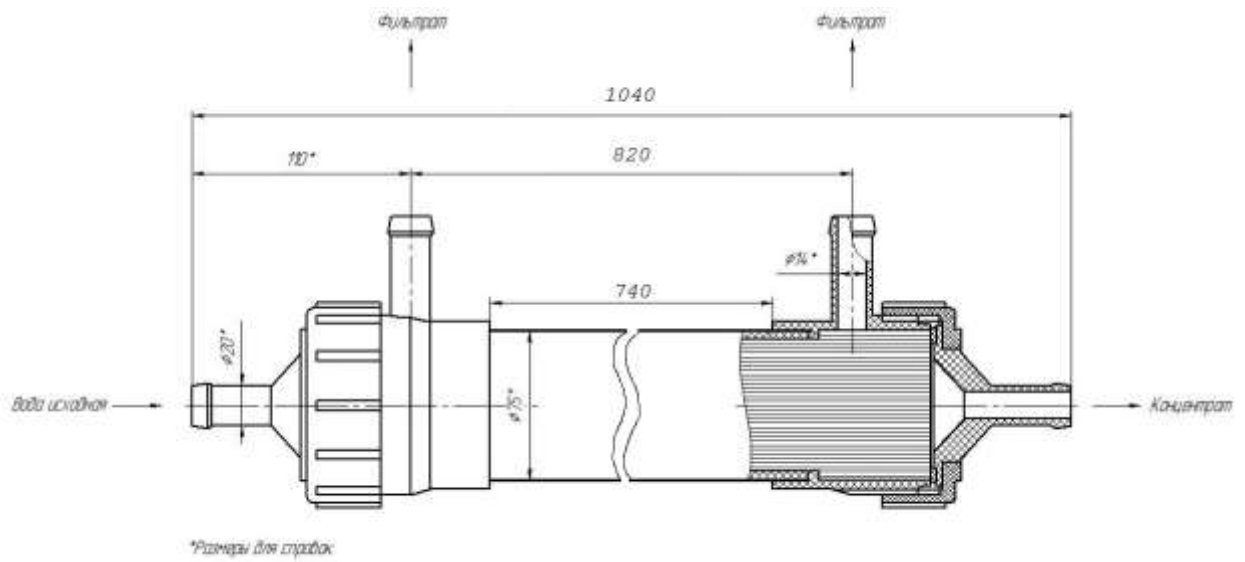


Рис. 1. Типоразмер 1, поверхность фильтрации – 3 м².

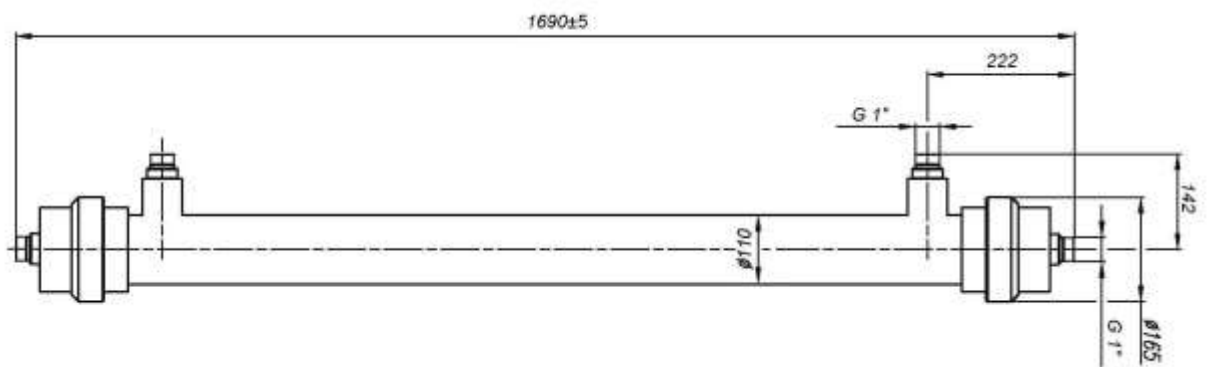


Рис. 2. Типоразмер 2, поверхность фильтрации – 8 м².

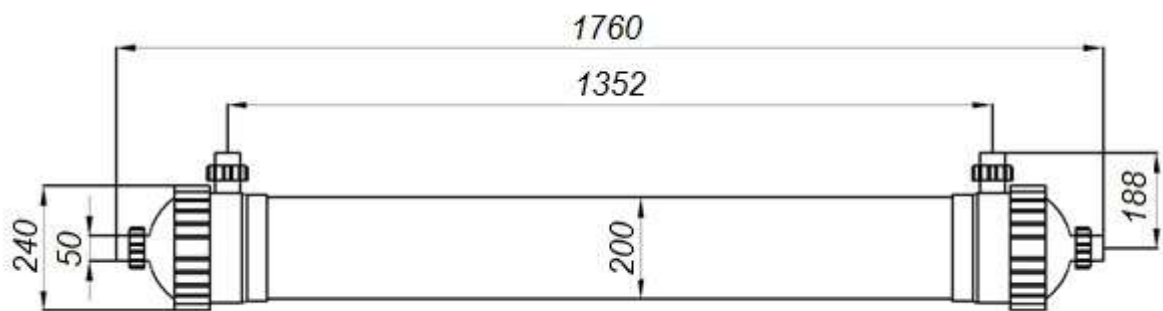


Рис. 3. Типоразмер 3, поверхность фильтрации – 24 м².

3. Устойчивость к химическим реагентам

Внутрь модулей запрещается подавать следующие вещества: диметилацетамид, диметилформамид, N-метилпирролидон, диметилсульфоксид, низшие углеводороды, концентрированные кислоты и щелочи.

Устойчивость к окислителям

Гипохлорит натрия (в пересчете на активный хлор):

- при регулярной обработке – 200 мг/л при температуре ≤ 40 °С при \geq рН 10,
- максимально допустимая концентрация – 500 мг/л,
- суммарно – 250000 (мг/л)·ч

Перекись водорода:

- при регулярной обработке – 200 мг/л при температуре ≤ 40 °С,
- максимально допустимая концентрация - 500 мг/л, суммарно – 350000 (мг/л)·ч.

Для увеличения времени эксплуатации мембран желательно сократить до минимума время контакта мембраны с окисляющими агентами. На предельное время воздействия окислителей влияют также температура, рН и присутствие в растворе ионов металлов. Для того, чтобы не превысить предельное время воздействия окислителей, мембрана не должна контактировать с окисляющими агентами в период, когда установка ультрафильтрации не эксплуатируется.

Устойчивость к кислотам и основаниям

Мембрана устойчива к воздействию разбавленных растворов следующих кислот: соляная кислота, азотная кислота, серная кислота, фосфорная кислота, уксусная кислота, лимонная кислота. рН ≥ 2 во время фильтрации, рН ≥ 1 во время промывки.

Мембрана устойчива к действию растворов гидроксидов натрия и калия (концентрация < 4 %). рН ≤ 12 во время фильтрации, рН ≤ 13 во время промывки.

4. Монтаж модулей

Ультрафильтрационные модули устанавливаются вертикально. Модули и патрубки не должны испытывать механических напряжений. К стойке модуль крепится двумя хомутами с резиновыми прокладками. Перед установкой модулей все трубопроводы и коллекторы должны быть очищены от загрязнений для того, чтобы исключить попадание абразивных материалов и нефтепродуктов в модули. В качестве смазки для уплотнений, кольцевых прокладок и т.п. во всей ультрафильтрационной установке следует использовать только глицерин. Смазки, содержащие силикон могут вызвать необратимое закупоривание мембран.

5. Технологическая схема ультрафильтрационной установки

В случае эксплуатации ультрафильтров в тупиковом режиме работа установки заключается в чередовании следующих режимов:

1. Фильтрация
2. Прямая промывка (факультативно)
3. Обратная промывка
4. Химически усиленная промывка

Переключение насосов и клапанов должно происходить таким образом, чтобы исключить появление в системе гидроударов. Изменение режима работы, требующее переключения между питающим насосом и насосом обратной промывки должно предусматривать период простоя длительностью 5-10 секунд между завершением одного режима и включением другого.

Принципиальная технологическая схема ультрафильтрационной установки представлена на рис. 4.

Перед ультрафильтрацией исходная вода проходит предварительную обработку. Крупные частицы удаляются сетчатым фильтром с размером ячеек не более 300 мкм. Мелкие взвешенные частицы и растворенные органические вещества эффективно связываются в хлопья с помощью коагуляции. В качестве коагулянтов рекомендуется использовать растворимые соли Fe(III) и Al(III). Не допускается использование органических коагулянтов и флокулянтов, т.к. они необратимо загрязняют мембрану. Оптимальное значение pH при использовании железо- или алюминийсодержащего коагулянта составляет 6,8-7,0. При необходимости значение pH должно быть откорректировано.

Во избежание необратимого загрязнения фильтр грубой очистки (сетчатый фильтр) целесообразно установить перед точкой ввода коагулянта в раствор. Время контакта коагулянта с раствором составляет 30-60 сек. В случае, если необходимое время контакта не может быть достигнуто в трубопроводе, используется контактный резервуар. Доза коагулянта и время контакта являются параметрами оптимизации. Концентрация трехвалентного металла в фильтрате не должна превышать 1 % от его количества, добавленного в исходную воду.

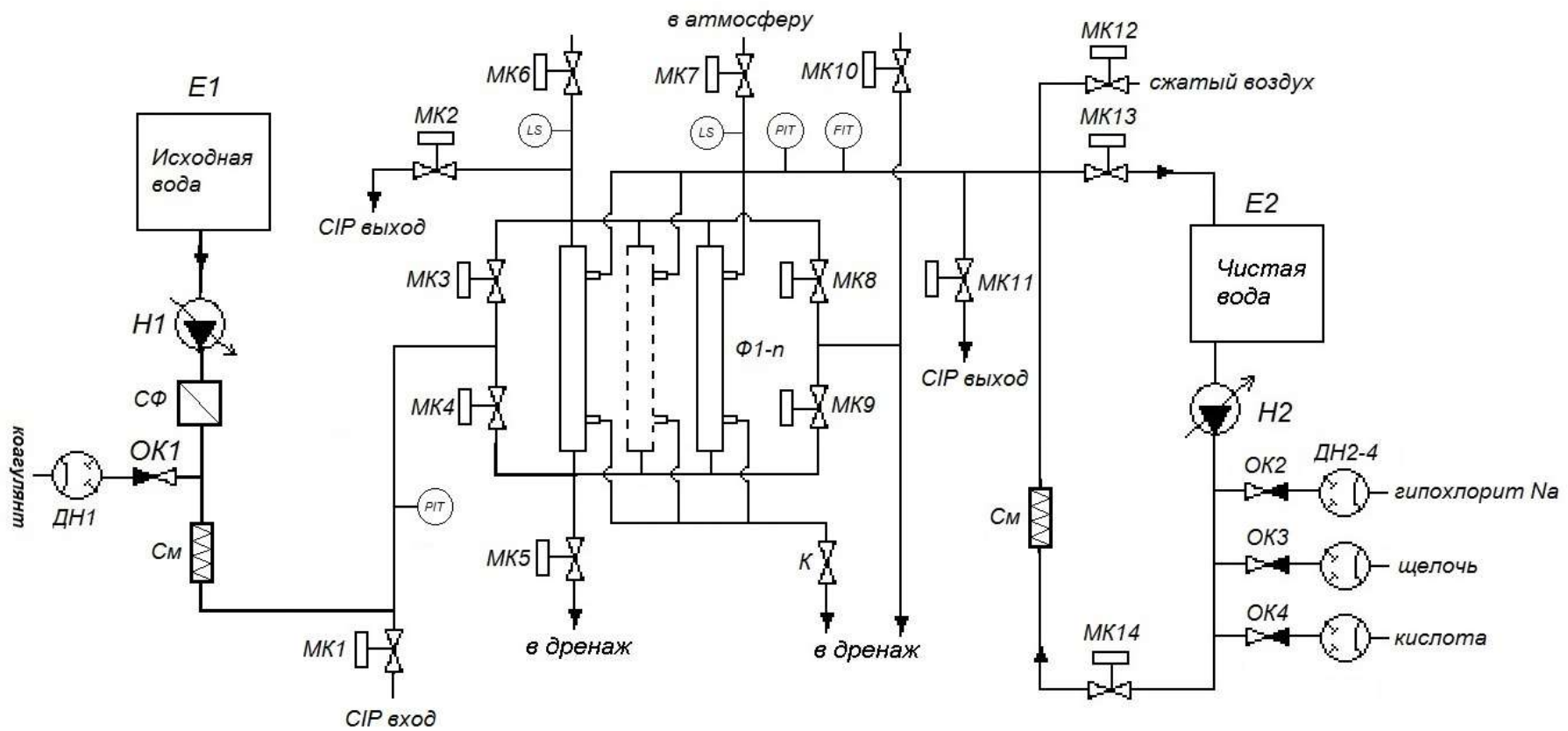


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема установки ультрафильтрации

Таблица 2. Спецификация оборудования

Обозначение	Наименование	Количество
ДН1-4	Дозирующий насос	4
Е1,2	Емкость	2
К	Кран шаровой	1
МК1-14	Магнитный (соленоидный) клапан	14
Н1,2	Насос с частотно регулируемым приводом	2
ОК1-4	Обратный клапан	4
См	Смеситель	2
СФ	Сетчатый фильтр	1
Ф1-п	Ультрафильтрационный модуль	п

Емкость фильтрата должна быть снабжена устройством защиты от холостого хода насоса обратной промывки. Во избежание загрязнений фильтрата бак фильтрата сообщается с атмосферой через воздушный фильтр.

5.1. Работа установки в режиме фильтрации

Предварительно очищенная вода подается в мембранные модули с помощью центробежного насоса с частотно-регулируемым приводом. Фильтрация производится при постоянном заданном расходе фильтрата, поэтому внутри каждого периода фильтрации трансмембранное давление (ТМД) постепенно увеличивается. Увеличение ТМД происходит за счет увеличения числа оборотов насоса. Датчики давления, установленные на линиях подачи и фильтрата, используются для измерения и регистрации трансмембранного давления.

Режим фильтрации реализуется в двух направлениях: «Фильтрация сверху» и «Фильтрация снизу». Направление фильтрации меняется с верхнего на нижнее или с нижнего на верхнее после обратной промывки. Цикл фильтрации включает в себя «фильтрацию сверху», «фильтрацию снизу», обратные промывки и (факультативно) прямую промывку (Рис. 5). На линии фильтрата устанавливают датчик температуры, для расчета коэффициента проницаемости с поправкой на температуру.

Рабочие условия в режиме фильтрации:

- Длительность: 20-120 мин.
- Максимальное допустимое трансмембранное давление: 1,5 бар
- Рекомендуемое рабочее трансмембранное давление: 0,6-1,2 бар
- Удельный поток фильтрата: 50-150 л/(м²·ч)
- Максимальная мутность питающей воды: 200 NTU
- Максимальная рабочая температура: ≤ +40 °С
- Рабочий диапазон pH :1,0 – 12,0

5.2. Работа установки в режиме прямой промывки

В режиме прямой промывки питающая вода проходит по капиллярам ультрафильтра без трансмембранного давления. В случае включения в цикл фильтрации прямой промывки, она проводится до или после обратной промывки. Прямая промывка выполняется в том же направлении, в котором проводилась предыдущая фильтрация.

Рабочие условия в режиме прямой промывки:

- Длительность: 30-50 сек.
- Трансмембранное давление: 0 бар
- Удельный поток: 100 л/(м²·ч).

5.3. Работа установки в режиме обратной промывки

Обратная промывка заключается в подаче фильтрата (пермеата) под давлением в межволоконное пространство мембранного модуля. При этом вода проникает через мембрану в обратном направлении (относительно режима фильтрации) – снаружи волокна внутрь. Проходя внутрь полого волокна, вода разрыхляет скопившиеся на его поверхности загрязнения и уносит их в дренажную линию. Обратная промывка выполняется в том же направлении, в котором проводилась предыдущая фильтрация.

Рабочие условия в режиме обратной промывки:

- Длительность: 40-120 сек.
- Максимальное допустимое трансмембранное давление: 3 бар
- Удельный поток: 150-200 л/(м²·ч)

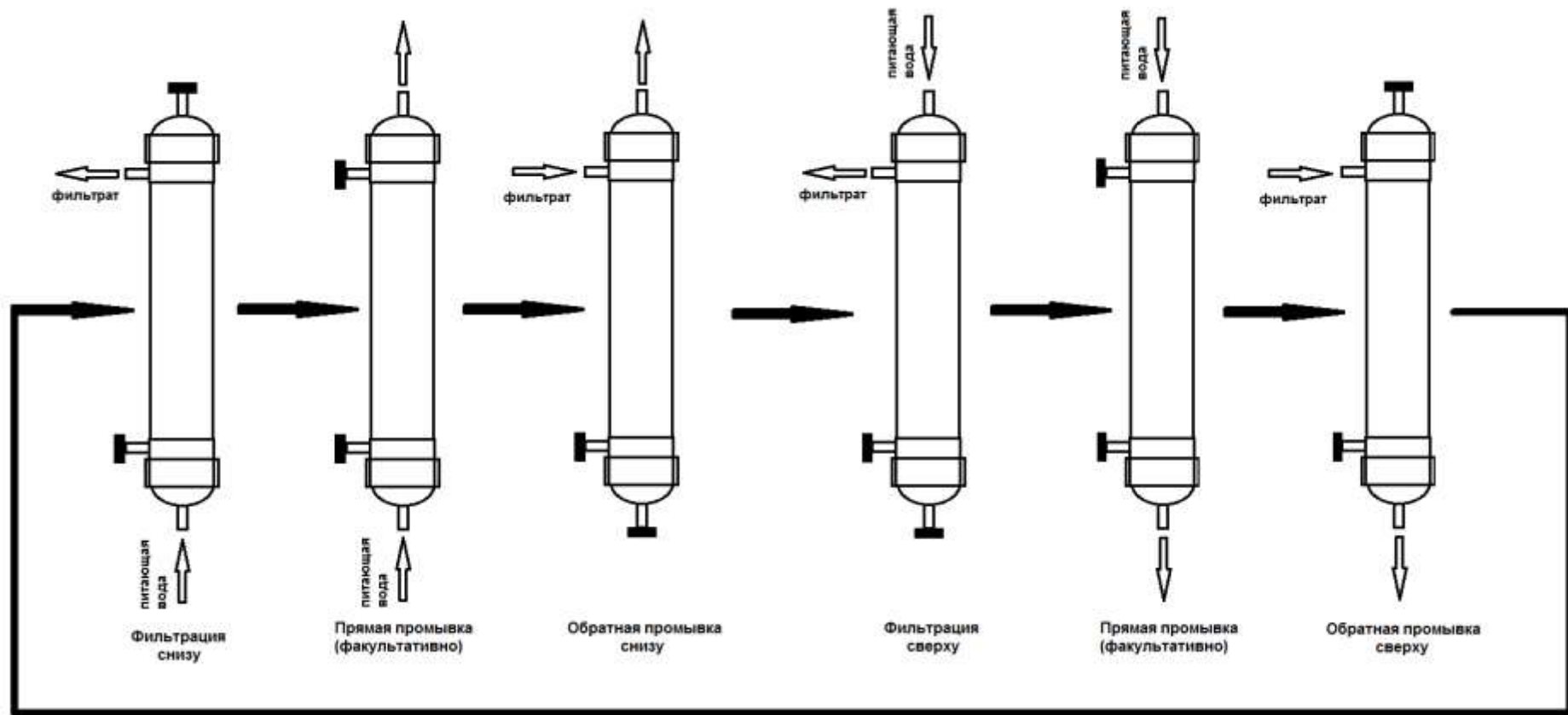


Рис. 5. Цикл фильтрации

5.4. Работа установки в режиме химически усиленной промывки (Chemically Enhanced Backwash - CEB)

Химически усиленная промывка производится с периодичностью от 2 раз в сутки до 1 раза в неделю в зависимости от качества очищаемой воды. В среднем частота этих промывок составляет 1 раз в сутки. Химически усиленная промывка способствует удалению адсорбированных органических и неорганических соединений, которые невозможно удалить при обратной промывке. Химически усиленная промывка может проводиться в двух вариантах.

Вариант 1:

- промывка раствором гипохлорита натрия
- промывка щелочным раствором при pH=12-13,
- промывка кислотным раствором при pH=1-2,5.

Вариант 2:

- промывка смесью щелочи и гипохлорита натрия при pH=12-13
- промывка кислотным раствором при pH=1-2,5

Все растворы для химической промывки готовятся путем дозирования реагента в поток фильтрата. Промывной раствор фильтруется через мембрану в режиме «снаружи-внутри». После завершения фильтрации модули замачиваются в растворе в течение 10-60 мин. Процесс замачивания завершается обязательной отмывкой водой от моющего раствора. Удельный расход фильтрата при отмывке составляет не менее 200 л/(м²·ч).

Промывка гипохлоритом натрия и щелочью позволяет удалить биопленки с поверхности мембран. Кислотная промывка эффективно удаляет неорганические карбонаты и гидроксиды с поверхности мембраны.

Таблица 3. Рабочие параметры химически усиленной промывки

Химические реагенты	Параметр	Грунтовая и поверхностная вода	Сточная вода	Морская вода
NaOCl	активный хлор	10-20 мг/л	20-50 мг/л	20-50 мг/л
	время выдержки	30 мин	30 мин	30 мин
NaOH	pH	12<pH<13	12<pH<13	9<pH<10
	время выдержки	10-60 мин	10-60 мин	10-60 мин
NaOH+NaOCl	pH	12<pH<13	12<pH<13	9<pH<10
	активный хлор	10-20 мг/л	20-50 мг/л	20-50 мг/л
	время выдержки	10-30 мин	10-30 мин	10-30 мин
H ₂ SO ₄ , HCl	pH	1<pH<2,5	1<pH<2,5	1<pH<2,5
	время выдержки	10-60 мин	10-60 мин	10-60 мин

6. Химическая очистка модулей ультрафильтрации

Химическая очистка по месту установки (Clean-In-Place - CIP) является методом восстановления работоспособности мембран путем усиленной обработки таких обрастаний и отложений, которые трудно удаляются с помощью обычных обратных промывок или химически усиленных обратных промывок (СЕВ). При нормальной эксплуатации промывка CIP проводится редко – 1 раз в полгода/год. Не рекомендуется проводить более четырех промывок CIP в год. Если требуется более частое проведение CIP, это говорит о ошибках проектирования или эксплуатации установки. CIP следует выполнять, если пропускная способность системы падает ниже 70 л/(м²·ч·бар) и если это падение не восстанавливается после выполнения СЕВ. CIP считается успешно выполненной, если пропускная способность системы после CIP восстанавливается до значения минимум 70 - 80% от эталонного значения, установленного после ввода в эксплуатацию системы ультрафильтрации.

Основными отличиями от СЕВ является то, что CIP характеризуется прямой промывкой с циркуляцией различных реагентов, использованием бака CIP на стороне подачи и более длительным временем выдержки. Вода, используемая для приготовления очищающего раствора для CIP должна иметь, как минимум, качество питьевой воды. Если имеется пермеат обратного осмоса, то его следует использовать при щелочной CIP. В воде для CIP может наблюдаться осадок, в особенности, если для щелочной CIP используется ультрафильтрат или вода питьевого качества. После щелочной CIP должна всегда

выполняться кислотная СІР. Общая продолжительность циркуляции и времени выдержки СІР зависит от эффективности результатов очистки, достигнутых при ее выполнении, но не должна превышать 12 часов. До выполнения СІР следует выполнить обычную обратную промывку, чтобы гарантировать, что поверхность мембраны максимально возможно очищена, и чтобы вымыть любые инородные частицы, которые могут содержаться в трубопроводах обвязки модулей или стоек. При выполнении СІР необходимо гарантировать, что очищаемые модули и стойки отсоединены от остальной части системы очистки воды. Подача раствора СІР со стороны питающей жидкости предотвращает попадание в систему любых загрязняющих веществ, которые могли бы вызвать образование обрастания или отложения на стороне фильтра.

Химическая очистка по месту установки (СІР) выполняется в следующей последовательности:

1. Циркуляция раствора СІР со стороны подачи (прямая промывка) без трансмембранного давления (клапан на линии фильтра закрыт). Длительность - 60 мин.
2. Циркуляция с фильтрацией (клапан на линии фильтра открыт). Трансмембранное давление установлено таким образом, чтобы 50 % раствора поступало в фильтр, который возвращается в бак СІР. Длительность – 60 мин.
3. Замачивание мембраны в растворе СІР.
4. Прямая промывка водой со стороны подачи без фильтрации. Промывная вода сбрасывается в дренаж.
5. Промывка водой в тупиковом режиме. Фильтрат поступает в дренаж.

Таблица 4. Рабочие параметры промывки СІР

Химический реагент	Значение	Время циркуляции, ч	Время замачивания, ч
NaOCl (+NaOH для корректировки pH)	акт. хлор – 200 мг/л, pH = 12,0	2	< 10
NaOH*	12<pH<13	2	< 10
H ₂ SO ₄ , HCl	1<pH<2	2	< 10
Лимонная кислота	4 г/л 2<pH<3	2	< 10

* Возможно добавление в раствор NaOH лаурилсульфата натрия в концентрации 3-5 г/л

7. Тест на целостность

Тест на целостность служит для проверки целостности волокон мембраны в модулях ультрафильтрации. Тест основан на явлении, при котором вода может проходить через поры, а воздух не может проходить до тех пор, пока не превышено определенное значение давления. Тест на целостность должен проводиться при вводе установки в эксплуатацию, после выполнения работ по техническому обслуживанию, и в случае наличия каких-либо сомнений в правильном функционировании мембран. Тест под давлением проводится для каждой стойки по очереди, то есть модули одной стойки испытываются параллельно. Порядок проведения теста:

- Удалить воду из модулей со стороны фильтрата в течение около 10 минут.
- Поднять давление воздуха со стороны фильтрата до 1 бар (сжатый воздух – сухой, не содержащий масла). Со стороны питающей воды модули должны оставаться открытыми, под атмосферным давлением;
- Закрыть клапан впуска сжатого воздуха, как только сторона фильтрата была полностью осушена, и было достигнуто устойчивое давление 1 кгс/см², которое удерживалось минимум в течение 1 минуты.
- Измерить падение давления на фильтрата в течение не менее 3 минут. Величина падения давления не должна превышать 10 мбар/мин.

8. Условия простоя мембран

При перерывах в работе до 24 часов суток аппараты должны быть заполнены водой.

При перерывах в работе более 24 часов необходимо ежедневно проводить следующие операции:

- фильтрация с расходом не менее 50 л/м² · ч в течение как минимум 10 мин.;
- промывка СЕВ раствором гипохлорита натрия;
- обратная промывка чистой водой.

В случае, если длительность простоя превышает 7 дней необходимо провести консервацию мембран, для чего выполнить следующие операции:

- промывки СЕВ растворами кислоты, щелочи и гипохлорита натрия;
- обратная промывка 0,8 % раствором бисульфита натрия;
- оставить модули залитыми раствором бисульфита натрия, менять раствор каждые 4 недели.

В случае съема модулей со стойки они должны быть через боковые патрубки заполнены раствором следующего состава:

вода – 69 %

глицерин – 30 %

бисульфит натрия – 1 %

В этом растворе мембрана выдерживается не менее 2 часов, после чего раствор сливают и закрывают все патрубки крышками.

9. Хранение и транспортировка

Половолоконные мембраны пропитаны консервирующим раствором глицерина. Срок хранения ультрафильтрационных модулей в законсервированном состоянии в оригинальной упаковке составляет один год.

Коробка с ультрафильтром не должна быть повреждена. Ультрафильтры следует хранить в горизонтальном положении, в помещении, защищенном от прямого воздействия солнечных лучей. Температура хранения и транспортировки должна находиться в интервале от +1 до +40 °С. Избегайте резких перепадов температуры. Максимально допустимая скорость изменения температуры: 1 °С в минуту.

Модули должны быть защищены от засыхания и замерзания во время транспортировки. Запрещается кантовать ультрафильтрационные модули, а также подвергать их ударам и другим механическим воздействиям.

В случае возврата модулей они должны быть предварительно очищены от загрязнений и законсервированы с помощью раствора глицерина (см. раздел 8).

10. Гарантийные обязательства

Любая гарантия явная или подразумеваемая истекает через 12 месяцев. Гарантийные рекламации могут быть выставлены только при условии соблюдения Заказчиком всех инструкций, содержащихся в руководстве по эксплуатации.