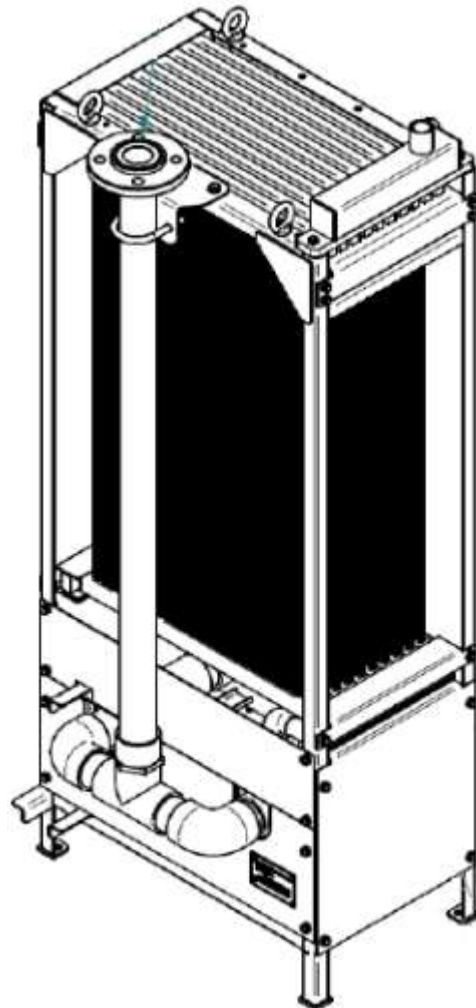


**Руководство по эксплуатации погружных мембранных модулей
УФ-МБР**



1. Общая информация

Половолоконные погружные мембранные модули УФ-МБР используются в процессе очистки сточных вод в мембранном биореакторе (МБР). Модули устанавливаются в мембранном резервуаре и служат для разделения жидкой и твердой фаз.

2. Биологическая очистка сточных вод по технологии МБР

Принципиальная схема очистки сточных вод представлена на Рис. 1. Усреднитель служит для компенсации суточных колебаний расхода сточной воды, усреднитель может также выполнять функцию первичного отстойника (в этом случае из его нижней части периодически откачивают осадок). После усреднителя вода проходит решетчатый фильтр для удаления грубых загрязнений. В анаэробной зоне происходит очистка воды от фосфора. Процесс денитрификации (восстановление нитрата до свободного азота) идет в аноксидной зоне. Аэробная зона служит для окисления аммонийного азота сточных вод до нитрата (нитрификации). Очищенная вода отделяется от ила с помощью погружного мембранного модуля. Мембранные модули могут быть установлены как непосредственно в аэробной зоне аэротенка, так и вынесены в отдельный резервуар.



Рис. 1. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод с использованием мембранной фильтрации.

3. Характеристики и условия эксплуатации погружных модулей

Таблица 1

Тип мембраны	армированное полое волокно
Материал мембраны	ПВХ или ПВДФ
Материал основы	полиэфир
Размер пор, мкм	0,05
Температура (не более), °С	< + 40
Диапазон рН	5-9
Взвешенные вещества, г/л	3-15

4. Размещение мембранных модулей в резервуаре

Вокруг модуля в мембранном резервуаре должно быть достаточно пространства для циркуляции иловой смеси. За счет барботажного воздуха иловая смесь внутри модулей движется снизу вверх и затем идет сверху вниз в пространстве между модулями. Расстояние между модулями должно быть не менее 0,7 м, расстояние от модуля до стенки резервуара – не менее 0,4 м (Рис. 2).

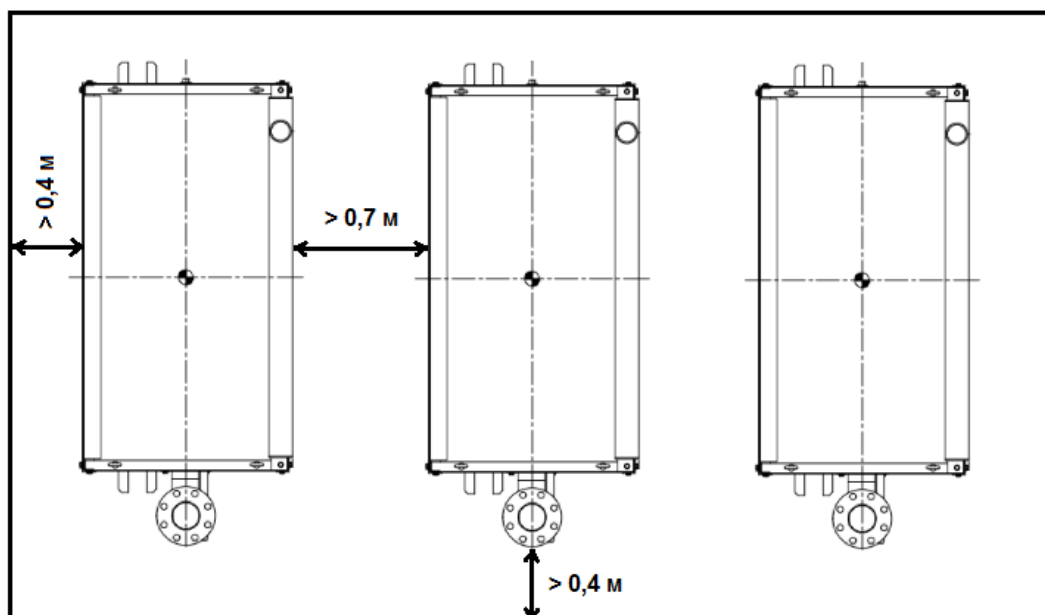


Рис. 2 Размещение модулей

Высота жидкости в мембранном резервуаре должна соответствовать требованиям технической спецификации применяемого мембранного модуля.

5. Схема подключения

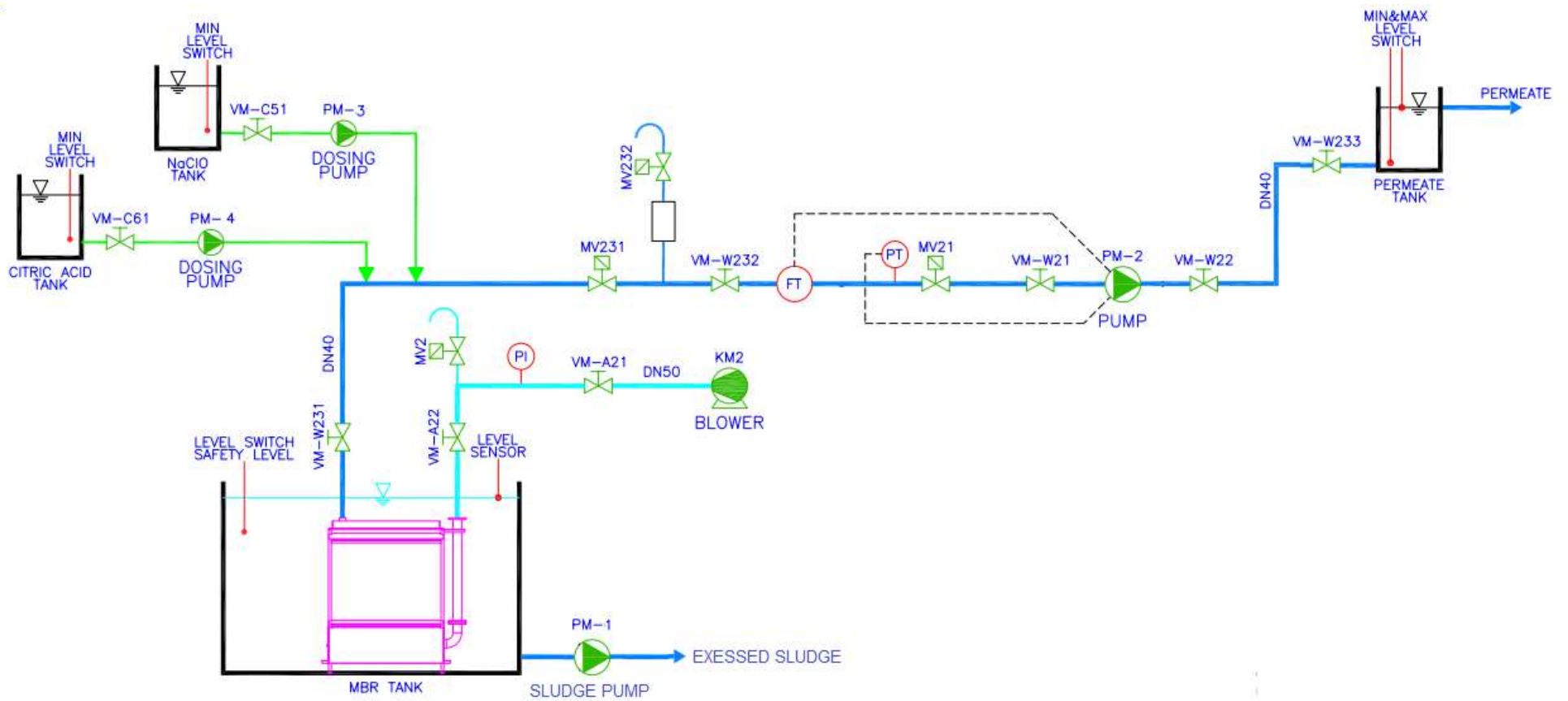


Рис. 3 Технологическая схема мембранного биореактора

Принципиальная технологическая схема мембранного биореактора показана на Рис. 3. Данная схема предполагает работу мембранного модуля в циклическом режиме фильтрации/обратной промывки. В период фильтрации насос на линии пермеата (PM-2) включен и мембранный модуль находится под вакуумом. В период фильтрации система работает с постоянным (заданным) расходом пермеата. Постоянство расхода обеспечивается регулированием числа оборотов насоса с помощью частотного преобразователя.. В период обратной промывки насос выключен и мембранный модуль промывается обратным током фильтрата за счет разности уровней воды в мембранном резервуаре и в емкости пермеата.

Важно: емкость пермеата должна быть смонтирована выше мембранного резервуара так, чтобы разность уровней составляла не менее 1,5 м.

Настраиваемые параметры системы автоматики:

- Расход пермеата в период фильтрации;
- Длительность периода фильтрации;
- Длительность периода обратной промывки;
- Периодичность химически усиленной промывки;
- Длительность химически усиленной промывки;
- Расход растворов кислоты и гипохлорита натрия во время химически усиленной промывки.

Соотношение периодов фильтрации и обратной промывки следует подбирать так, чтобы количество пермеата, которое тратится на обратную промывку составляло 10-15 % объема пермеата, полученного в период фильтрации.

6. Расход пермеата

Используйте режим фильтрации с постоянным расходом пермеата. В случае прекращения подачи воздуха отвод пермеата должен быть остановлен. Рекомендованные значения удельного расхода пермеата приведены в Табл. 2. Трансмембранное давление увеличивается во время периода фильтрации, поэтому необходимо контролировать показания трансмембранного давления. Среднесуточный расход фильтрата ниже, расхода в период фильтрации на величину расхода пермеата, затраченного на обратную промывку. Для контроля среднесуточного расхода пермеата счетчик-расходомер должен быть установлен на линии отвода жидкости из емкости пермеата.

Таблица 2.

Удельный расход пермеата л/ч·м²

Во время периода фильтрации	10 - 40
Во время химически усиленной промывки	20 – 60

Выбор насоса откачки пермеата осуществляется на основании среднего расхода сточной воды (Q , м³/ч), расположения насоса в схеме, расчетного напора насоса, потерь напора в трубопроводах и т.д. При выборе насоса пермеата предпочтение следует отдавать самовсасывающим моделям. Насос может быть установлен или выше уровня воды в мембранном резервуаре или ниже его (Рис. 4). При выборе насоса следует руководствоваться характеристиками, приведенными в Таб. 3.

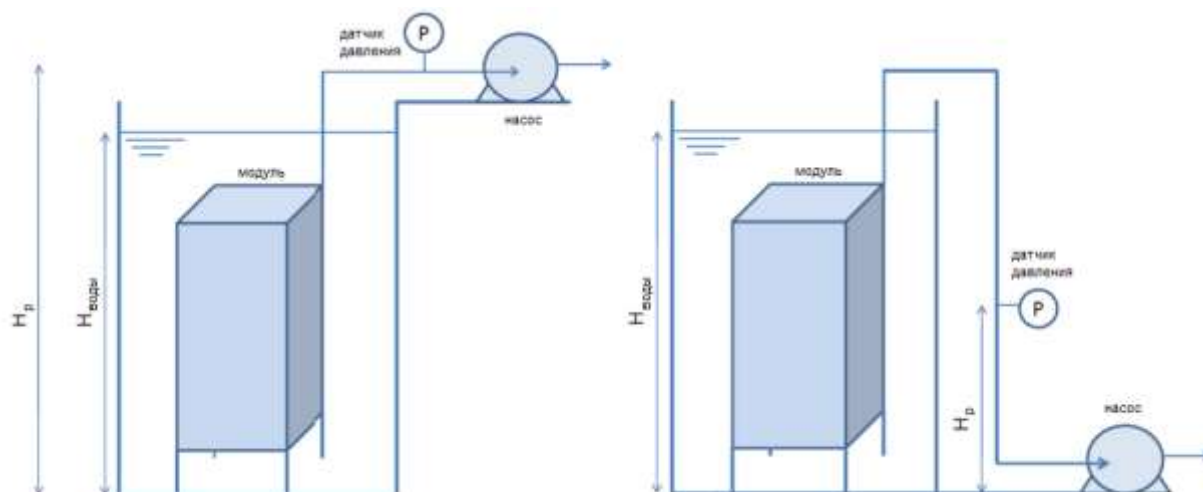


Рис. 4. Варианты расположения насоса относительно мембранного резервуара.

Таблица 3.

Рекомендуемые параметры для выбора насоса пермеата

Максимальный расход, м ³ /ч	5Q
Максимальный напор, м	> 8
Высота всасывания, м	> 4

Q – средний объемный расход перерабатываемой сточной воды

7. Трансмембранное давление

Трансмембранное давление (Па) в период фильтрации рассчитывается по следующей формуле:

$$TMP = (H_{\text{воды}} - H_p) \cdot 9,8 \cdot 10^3 - P,$$

где $H_{\text{воды}}$ – высота воды в мембранном резервуаре, H_p – высота установки датчика давления, P – показания датчика давления (в период фильтрации значение отрицательное).

Трансмембранное давление в МБР обычно составляет от 5 до 40 кПа.

Когда поток пермеата и его температура постоянны, TMP указывает на степень загрязнения мембраны. Мембрана будет иметь относительно постоянное значение TMP при условии достаточно эффективной обратной промывки. Вязкость воды и сопротивление мембраны зависят от температуры и могут влиять на TMP. При значительном колебании температуры воды, будут происходить колебания TMP. Необходимо выполнять еженедельные химически усиленные промывки (СЕВ), чтобы свести загрязнение к минимуму и поддерживать TMP в надлежащем диапазоне. Ежеквартальные восстановительные промывки проводятся для восстановления проницаемости мембраны до исходного значения.

При достижении предельного трансмембранного давления (40 кПа) насос пермеата автоматически отключается и проводится химически усиленная промывка.

8. Параметры фильтроцикла

Фильтроцикл включает в себя период фильтрации и период обратной промывки. Длительности указанных периодов зависят от характеристик сточной воды и концентрации ила в мембранном резервуаре.

Таблица 4.

Рекомендованная длительность периодов фильтроцикла

Период фильтрации, мин	7-10
Период обратной промывки, мин	1-2

Если в течение периода фильтрации трансмембранное давление увеличивается более чем на 20 кПа, то следует откорректировать длительность периодов фильтрации и обратной промывки.

9. Расход воздуха на аэрацию

Аэрация мембран происходит непрерывно и не прекращается во время обратной промывки. На линии воздуха, подаваемого на мембранные элементы, необходимо установить устройство измерения и контроля объемного расхода. Удельный расход воздуха на единицу фильтрующей поверхности должен находиться в диапазоне 0,2-0,4 м³/м²·ч. В Табл. 5 указан расход воздуха на аэрацию мембранных модулей.

Таблица 5.

Расход воздуха на аэрацию погружных модулей, норм. м³/мин./модуль

Модель	УФ-МБР-50	УФ-МБР-100	УФ-МБР-200
Поверхность фильтрации, м ²	50	100	200
Минимальный расход воздуха	0,17	0,34	0,68
Максимальный расход воздуха	0,34	0,68	1,36
Оптимальный расход воздуха	0,25	0,5	1,0

Процесс очистки диффузоров включает две последовательные процедуры: заполнение и опорожнение диффузора. Процедура заполнения диффузора: останавливается работа насоса откачки пермеата, автоматический запорный вентиль на линии воздуховода открывается, прекращается поступление воздуха в диффузор модуля, жидкость из мембранного резервуара заполняет диффузор через отверстия в нем. Процедура опорожнения: автоматический запорный вентиль закрывается, возобновляется подача воздуха в диффузор модуля, жидкость вытесняется из диффузора.

Проводите очистку диффузора каждые 6 часов. При том длительность заполнения жидкостью диффузоров должна составлять около 1 мин. При возобновлении подачи воздуха жидкость освобождает диффузор в течение 10 секунд. Возобновите откачку пермеата только после возобновления аэрации. Процесс прочистки диффузоров должен быть автоматическим.

10. Химически усиленная промывка

Химически усиленная промывка проводится не реже одного раза в неделю, а также в случае, если трансмембранное давление превышает предельное значение (40 кПа).

Гипохлорит натрия NaClO обычно используется в качестве химического реагента для очистки систем МБР, поскольку загрязнение мембраны в основном вызывается органическими веществами. Однако при длительной работе загрязнение, вызванное неорганическими веществами, постепенно увеличивается, поэтому по мере необходимости следует выполнять кислотную промывку.

Существует три типа химической промывки с использованием NaClO и/или кислоты.

- 1) Поддерживающая промывка (NaClO)
- 2) Восстановительная промывка (NaClO и кислота)
- 3) Химическая промывка замачиванием (CIP-мойка).

Обычно производительность системы поддерживается за счет комбинации поддерживающей промывки (1) примерно раз в неделю и восстановительной промывки (2) раз в 3 месяца (или когда давление всасывания превышает установленное значение). Химический раствор впрыскивается со стороны насоса пермеата (далее именуемой «сторона пермеата»), когда модуль находится в мембранной емкости. Если трансмембранное давление не восстанавливается после восстановительной промывки (2), выполните химическую промывку замачиванием (3), вынув модуль из бака, промыв его водой, а затем погрузив непосредственно в химический раствор.

Важно: во время химически усиленной промывки рецикл ила из мембранной емкости в аэротенк должен быть отключен. Насос в мембранной емкости работает на откачку избыточного ила.

Порядок промывки

Поддерживающая промывка выполняется для регулярного удаления загрязнений с поверхности мембраны, чтобы предотвратить утолщение слоя осадка и предотвратить повышение трансмембранного давления. При выполнении **один раз в неделю** поддерживающей промывки следуйте приведенной ниже процедуре.

1. Остановите аэрацию мембранных модулей.
2. Подавайте со стороны пермеата раствор перхлората натрия в концентрации от 300 до 500 мг/л (активного хлора) в количестве 2 л раствора на 1 м² поверхности мембраны (плюс объем раствора на заполнение трубопроводов до мембранного модуля) с постоянным расходом в течение 15–30 минут.
3. Отключите дозирующий насос перхлората, продолжайте промывку обратным током в течение 5 мин.
4. Включите аэрацию модулей
4. Перезапустите систему в обычном режиме фильтрации.

Стандартная концентрация раствора NaClO составляет от 300 до 500 мг/л активного хлора. В случае значительного загрязнения мембраны допускается применять более концентрированные растворы с содержанием активного хлора до 1000 мг/л.

Восстановительная промывка обычно проводится **один раз в три месяца**, однако в случае добавления в сточную воду алюминий-содержащего коагулянта восстановительную промывку целесообразно делать раз в неделю (в этом случае она заменяет поддерживающую промывку). Восстановительная промывка выполняется по следующей процедуре:

1. Остановите аэрацию.
2. Подавайте со стороны пермеата раствор перхлората натрия в концентрации 1000 мг/л (активного хлора) в количестве 2 л раствора на 1 м² поверхности мембраны (плюс объем раствора на заполнение трубопроводов до мембранного модуля) с постоянным расходом в течение 30 минут.

3. Отключите дозирующий насос гипохлорита, закройте вентиль на линии пермеата и оставьте модуль в таком состоянии на 30 мин.

4. Откройте вентиль на линии пермеата и промывайте модуль обратным током воды в течение 10 мин.

5. Подавайте со стороны пермеата раствор 1 % лимонной кислоты в количестве 2 л раствора на 1 м² поверхности мембраны (плюс объем раствора на заполнение трубопроводов до мембранного модуля) с постоянным расходом в течение 30 минут.

3. Отключите дозирующий насос лимонной кислоты, закройте вентиль на линии пермеата и оставьте модуль в таком состоянии на 30 мин.

4. Откройте вентиль на линии пермеата и промывайте модуль обратным током воды в течение 10 мин.

4. Включите аэрацию модулей

4. Перезапустите систему в обычном режиме фильтрации.

Химическая промывка замачиванием проводится тогда, когда после восстановительной промывки исходное рабочее трансмембранное давление не восстанавливается.

Мембранный модуль извлекается из мембранного резервуара и погружается в раствор реагента на продолжительное время.

Процедура промывки замачиванием:

1. Извлечь модуль из мембранного резервуара.

2. Промыть модуль чистой водой (напор должен быть небольшим!).

3. Погрузить модуль в раствор реагента.

4. После завершения замачивания промыть модуль чистой водой

Основные параметры очистки мембран реагентами суммированы в Таблице 6.

Основные параметры химической очистки мембран

Тип промывки	Частота проведения	Концентрация реагента	Количество раствора реагента	Время контакта
Профилактическая Промывка NaClO	не менее одного раза в неделю	NaClO 300-500 мг/л	$2 \text{ л/м}^2 + V_{\text{тр}}$	15-30 мин
Восстановительная промывка NaClO и кислотой	раз в три месяца или по достижении предельного TMP	NaClO 1000 мг/л Лимонная или щавелевая кислота 1-2 %	$2 \text{ л/м}^2 + V_{\text{тр}}$	подача раствора 30 мин, выдер- живание 30 мин.
Промывка замачиванием	Когда трансмембранно е давление не восстанавливае тся после восстановитель ной промывки	NaClO 3000 мг/л Лимонная или щавелевая кислота 2 %	Достаточ- ный объем для погру- жения модуля	6-24 ч.

$V_{\text{тр}}$ - объем жидкости в трубопроводе до мембранного модуля.

11. Предварительная очистка исходной сточной воды

Общая схема предварительной обработки сточной воды перед подачей на биологическую очистку показана на Рис. 5.

Тонкая фильтрация

Используйте сетчатый фильтр с прозором 0,5 мм для удаления волокон, волос и т.п.

Корректировка pH

Если исходная сточная вода имеет кислую или щелочную реакцию, то необходимо ее нейтрализовать до pH = 6-8. Контроль нейтрализации проводите, используя датчик pH и насос-дозатор реагента.

Масла и жиры

Жиры и масла прилипают к поверхности мембран и закупоривают поры. Концентрация жиров и масел в исходной сточной воде определяют гексановой

экстракцией. Если концентрация жиров и масел в сточной воде превышает 150 мг/л необходимо удалить их из воды до биологической очистки. Минеральные масла плохо поддаются биологическому разложению, их присутствие в стоке наиболее негативно влияет на мембраны. Удаление жиров и масел проводится с помощью флотации.

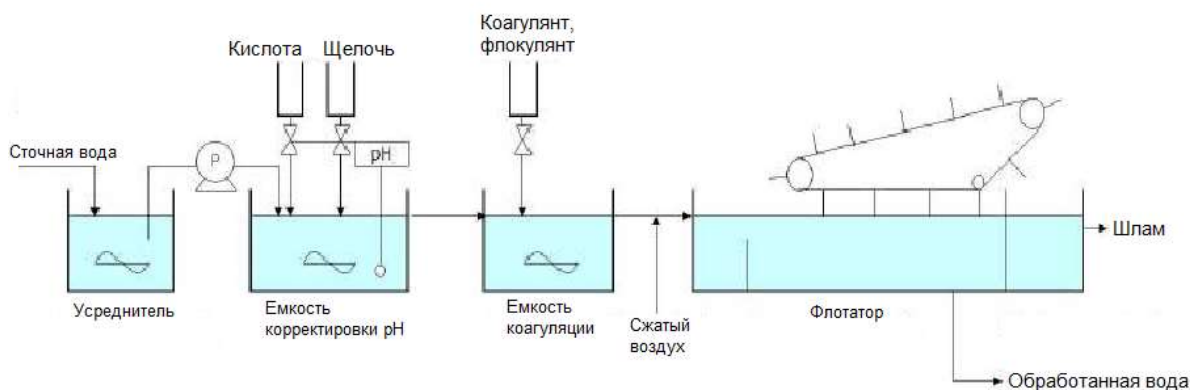


Рисунок 5. Схема предварительной обработки исходной сточной воды

Температура воды

Если температура сточной воды превышает $+40^{\circ}\text{C}$, процесс биологической очистки нарушается. Высокая температура воды приводит к гибели нитрифицирующих микроорганизмов. При низких температурах все биологические процессы замедляются. Рекомендуемый оптимальный для биологии диапазон температур: от $+15$ до $+35^{\circ}\text{C}$. Предусмотрите систему охлаждения стока, если его температура превышает $+40^{\circ}\text{C}$.

Другие компоненты стока, которые требуют удаления

Если сточная вода содержит вещества, которые подавляют биологию ила, например, цианиды, тяжелые металлы, окислители (шестивалентный хром), то требуется их удаление. Предварительно проведите анализ сточной воды на присутствие опасных веществ.

12. Концентрация активного ила в мембранном резервуаре

Рекомендуемый диапазон концентраций ила – от 5 до 15 г/л (минимально – 3 г/л, максимально – 18 г/л). Увеличение концентрации активного ила делает смесь более вязкой и снижает эффективность аэрации мембран. Следите, чтобы концентрация ила находилась в пределах рекомендуемого диапазона.

При концентрации активного ила ниже рекомендованной (например, во время пуска биореактора) неочищенный сток может попасть в контакт с поверхностью мембраны. Не переработанный илом загрязнения забьют поры мембраны и вызовут рост трансмембранного давления. Поэтому при запуске биореактора, до нарастания ила нужно установить расход пермеата ниже расчетного.

13. Транспортировка и установка

Допускается транспортировка мембранных модулей при температуре от +5 до +40 °С. В холодное время года для соблюдения этого условия используйте фургон с кондиционером или системой обогрева.

Модули должны перевозиться в сухом контейнере, защищенном от дождя и ветра.

Чтобы предотвратить опрокидывание оборудования установите его на ровную поверхность и закрепите.

Чрезмерная вибрация может повредить оборудование, поэтому не перевозите его по неасфальтированным трассам. Если нельзя соблюсти это требование, снизьте скорость до минимальной

Модули нельзя штабелировать.

Для поднятия модулей используйте кран или цепной подъемник. При поднятии модулей ориентируйтесь на Рис. 6 и убедитесь, что угол между троссами составляет не менее 60 град. Все модули имеют 4 или 6 монтажных скоб для подъемных приспособлений.

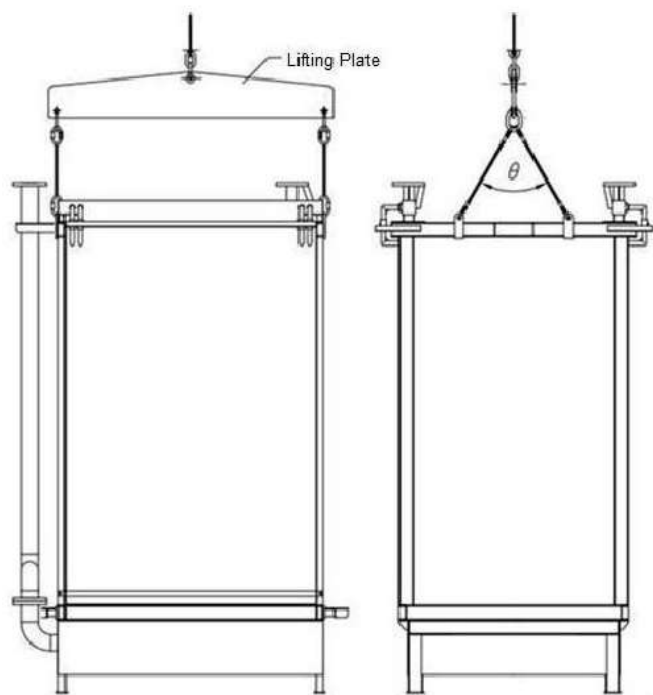


Рисунок 6. Подъем мембранного модуля

14. Хранение

Мембранные модули следует хранить в сухом помещении, при температуре +5 до +40 °С, защищенном от дождя, ветра и прямых солнечных лучей. Оборудование должно быть установлено на ровной поверхности. Срок хранения мембранных модулей в заводской упаковке составляет 12 месяцев.

15. 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.