

Ходневский А.В., Кузьмин В.В., Францкевич В.С.
(Белорусский государственный технологический университет)

АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

Мембранные биореакторы – это синтез двух технологий водочистки, биологической и мембранной.

Основным конструктивным отличием мембранного биореактора от систем традиционной биологической очистки в аэротенках является наличие мембранного модуля, который используется для разделения иловой смеси и представляет собой альтернативу широко используемому методу осаждения активного ила во вторичных отстойниках.

Система МБР состоит из аэротенка и мембранного модуля (рисунок 1). Обрабатываемые сточные воды попадают в аэротенк, где взаимодействуют с концентрированным активным илом (биомассой бактерий). Микроорганизмы начинают переработку органических и неорганических загрязнителей, разлагая их на безвредные оксиды. Затем иловая смесь циркулирует через модуль мембран.

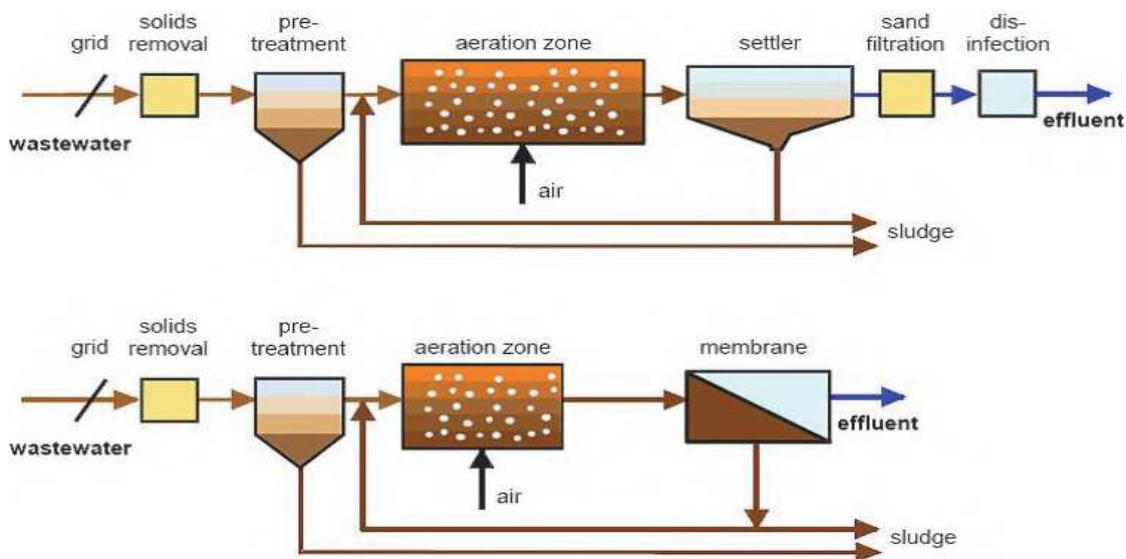


Рисунок 1 – Технологическая схема биологической очистки сточных вод
а – традиционной; б – с использованием внешнего МБР

Применяемые в МБР мембраны изготавливаются в основном из полимеров (полиэтилена, полисульфона, полиэтиленсульфона, полиакриланитрила, поливинилиденфторида, поливинилхлорида и др.), а в ряде случаев из неорганических материалов (оксиды Al, Ti, Zr и др.).

Выбор материала диктуется устойчивостью к загрязнению веществами, содержащимися в обрабатываемых сточных водах, а также химической стойкостью при проведении реагентных промывок мембранных модулей. Большинство мембран обладают гидрофобными свойствами. Заряд мембраны также оказывает влияние на степень ее загрязнения (например мембраны с нейтральным зарядом более устойчивы к отложениям бактерий группы *E.coli*, имеющих на поверхности положительно и отрицательно заряженные группы). Для улучшения характеристик мембран производители подвергают модификации их поверхность, вводят различные добавки в рецептуру химического состава их материала. Поэтому мембраны разных производителей, изготовленных из одного и того материала, например поливинилиденфторида, могут иметь заметные отличия в характеристиках. По своей геометрии, применяемые в МБР мембраны, делятся на трубчатые, плоскостные и полволоконные. Наиболее распространены в практике очистки сточных вод полволоконные мембраны [1]. Мембраны в погружных МБР выполняются в виде полых нитей диаметром 0,3-3 мм и длиной до 2 м. Поверхность нити представляет собой ультрафильтрационную мембрану с размером пор 0,03–0,1 мкм. Мембранный модуль состоит из 10–20 кассет с мембранами. В каждой кассете располагаются от 5 до 15 пучков мембранных волокон. Каждый пучок состоит из 100–1000 мембранных волокон и оборудован общим патрубком отвода фильтрата. В погружных МБР мембранный модуль погружен непосредственно в иловую смесь и устанавливается в биореакторе. Фильтрация иловой смеси происходит под действием вакуума, создаваемого на внутренней поверхности мембраны (рисунок 2).

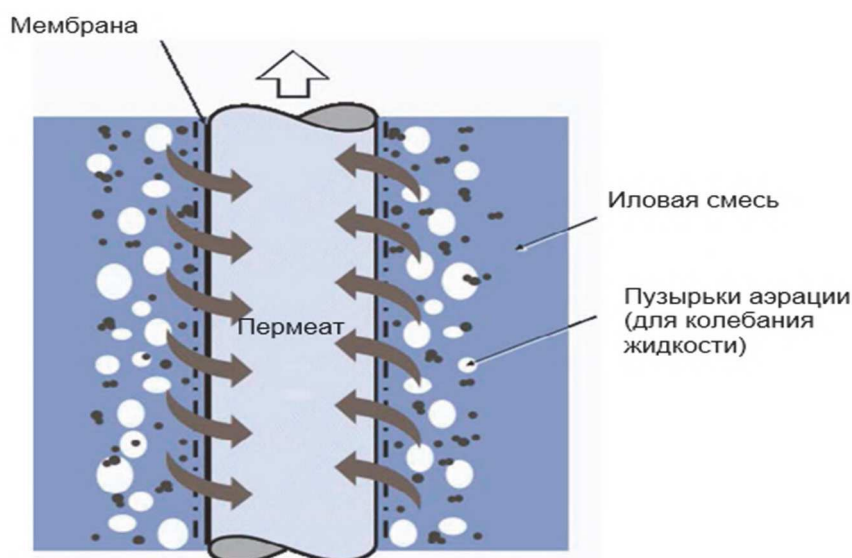


Рисунок 2 – Схематическое изображение процесса очистки стоков в МБР

Для организации фильтрации между внутренней полостью мембран и пространством мембранного блока создается разность давлений (0,01~0,06 МПа). За счет разности давлений сточные воды проникают внутрь полого волокна или пластины, в то время как активный ил задерживается на внешней поверхности мембраны, удаляясь восходящим водо-воздушным потоком.

Опыт эксплуатации пилотного МБР подтвердил высокую эффективность процесса и позволил определить ряд особенностей.

– *Решение проблемы выноса активного ила с очищенными сточными водами.* Эквивалентный диаметр пор ультра- и микрофильтрационных мембран находится в пределах 0,02–0,5 мкм. Размер бактерий и простейших, составляющих биоценоз активного ила, превышает 5 мкм, мембрана является физическим барьером на пути проникновения организмов активного ила в водные объекты с очищенными сточными водами.

– *Эффективная очистка за счет большой площади контакта микроорганизмов со сточными водами.* Размер хлопьев активного ила в МБР 5–10 раз меньше, а концентрация нитчатых микроорганизмов в 5-10 раз выше, чем в аэротенках с последующим вторичным осаждением. За счет дисперсности активного ила многократно увеличивается площадь контакта активного ила со стоками, что приводит к эффективной сорбции тяжелых металлов, трудноокисляемых и инертных органических веществ.

– *Высокая окислительная мощность при малых объемах биореактора.* МБР эксплуатируются при дозе ила 8-15 мг/дм³, что при равенстве объемов с традиционными конструкциями аэротенков позволяет производить очистку высококонцентрированных сточных вод. Одновременно высокие дозы ила позволяют уменьшить объем биореактора в 2–3 раза.

– *Сокращение количества избыточного активного ила.* Возраст ила в МБР составляет 25–30 сут., нередко превышая 60–70 сут. Верхний предел возраста ила, принимаемый службой эксплуатации, зависит от эффективности гидролиза отмершей клеточной массы и допустимой массы инертных взвешенных веществ в мембранном биореакторе. Несмотря на наличие нитчатых микроорганизмов, за счет повышенной минерализации активный ил обладает удовлетворительной водоотдачей и отводится на обработку непосредственно из биореактора.

– *Эффективная нитрификация и деструкция сложноокисляемых компонентов сточных вод.* Эксплуатация в условиях повышенного возраста активного ила приводит к селекции в пользу медленно растущих микроорганизмов, в частности бактерий-нитрификаторов, а также к снижению прироста активного ила.

– *Частичное обеззараживание сточных вод.* Вследствие того, что поры мембран имеют меньший размер, чем размеры клеток подавляющего большинства известных бактерий и некоторых вирусов, а также за счет образования отложений на поверхности мембраны, выступающих как дополнительный фильтрующий слой, в МБР происходит эффективное обеззараживание сточных вод.

– *Устойчивость процесса очистки к колебаниям концентраций загрязняющих веществ и залповым сбросам.* Эксплуатация мембранных биореакторов в режиме низкой нагрузки на активный ил создает резерв окисляющей способности и повышает устойчивость процесса очистки к колебанию состава сточных вод.

Сокращение площади, занимаемой традиционными сооружениями биологической очистки. Высокие дозы ила позволяют сократить время пребывания сточных вод в сооружении.

Несмотря на использование обратной промывки, производительность фильтрации мембранного биореактора неизбежно снижается в процессе эксплуатации. Это происходит из-за отложения растворимых и твердых частиц на и в мембране, что связано с взаимодействием между компонентами активного ила и мембраны.

Для эффективной борьбы с отложениями современная практика эксплуатации погружных мембранных биореакторов предполагает использование четырех методов – постоянная аэрация наружной поверхности мембран, гидравлическая (обратная) промывка, периодическая обратная промывка, дополнительная промывка (погружение) мембранных модулей.

К основным недостаткам эксплуатации мембранных биореакторов – загрязнение мембран и сетчатых фильтров, повреждение мембран или сильное загрязнение, отказы линий связи систем автоматизации, отказы системы обдувки мембран, отказ воздуходувок и сложность в обеспечении достаточного уровня аэрации при высоких концентрациях активного ила, отказ рециркуляции, отказ вспомогательного мембранного оборудования, более высокие эксплуатационные затраты[2].

При одинаковых капиталовложениях совмещение технологий ультрафильтрации с классической технологией биологической очистки позволяет повысить возраст активного ила, что приводит к селекции медленно растущих микроорганизмов, в частности бактерий-нитрификаторов и бактерий-деструкторов трудноокисляемых органических веществ, а также к снижению количества избыточного активного ила и предотвращению выноса активного ила с очищенной водой. Однако при близкой эффективности очистки сточных вод двух систем (традиционной и с МБР) увеличиваются затраты на техническое обслуживание и эксплуатационные расходы в результате засорения и повреждения мембран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трунов, П. В. Особенности процесса очистки сточных вод в погружных мембранных биореакторах / П. В. Трунов // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сборник. – 2010. – № 93. – С. 133–137.

2. Киристаев, А. В. Очистка сточных вод в мембранном биореакторе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / А. В. Киристаев; ГУП «МосводоканалНИИпроект». – М., 2008. – 24 с.

УДК 62.2

Дубок А.Е., Петров О.А., Сипливеия А.А.
(Белорусский государственный технологический университет)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ КЛАПАНОВ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Одними из основных узлов поршневых компрессоров являются рабочие клапаны, предназначенные для соединения/разъединения рабочей полости цилиндра с полостями всасывания и нагнетания. В современных поршневых компрессорах применяются самодействующие клапаны, в которых движение запорного органа определяется разностью давлений перед и за ним [1].

Для проведения анализа конструкций клапанов были выбраны передовые разработки мировых лидеров в области конструирования и производства деталей и комплектующих к поршневым компрессорам. Многолетний опыт в проектировании и изготовлении рабочих клапанов, всестороннее изучение конструкций и материалов для их изготовления, позволили получить высокопроизводительные, долговечные и эффективные рабочие клапаны. Рассмотрим основные из них.

Дисковые клапаны (рисунок 1) имеют проверенную конструкцию и непрерывно совершенствуются годами [2]. Особое внимание уделяется повышению прочности и долговечности клапанной плиты, демпферной плиты и пружин в сложных условиях эксплуатации.

Основные преимущества: 1) свободные от трения металлические и неметаллические клапанные плиты с направляющими для минимального износа и максимального срока службы; 2) возможно до 20 модификаций седла клапана, что обеспечивает очень низкие расходы на протяжении срока службы; 3) пружины зафиксированы в ограничителе для достижения практически нулевого износа пружин; 4) непревзойденный срок службы клапанных плит благодаря тщательному подбору материалов и специальной термообработке; 5) минимальные степени утечки благодаря исключительной обработке поверхности.