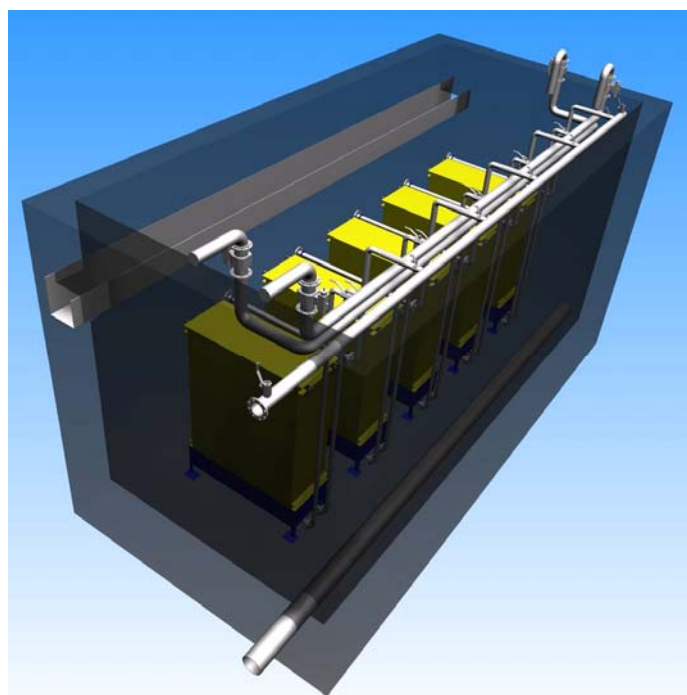


**Погружной мембранный модуль для  
мембранного биореактора (МБР)  
TORAY “MEMBRAY”**

**Инженерная инструкция по эксплуатации**



**Toray Industries, Inc.**

**Water Treatment Division**

**8-1, Mihama 1-chome, Urayasu, Chiba 279-8555 Japan**

**Tel: +81-47-350-6223**

**Fax: +81-47-350-6066**

**URL: <http://www.toray.com>**

**Опубликовано: Май 2009**

## Содержание

<b>1. ОПИСАНИЕ МЕМБРАННЫХ МОДУЛЕЙ МЕМБРАУ</b>	<b>4</b>
1.1 Выбор мембранного модуля	4
1.2 МБР-модули серии TMR140	5
1.2.1 Описание мембранного элемента	6
1.2.2 Спецификация МБР-модуля серии TMR-140 модуля и точки крепления	6
1.2.3 Блок аэрации	7
1.3 МБР-модули серии TMR090	8
1.3.1 Описание мембранного элемента	8
1.3.2 Спецификация МБР-модуля серии TMR 090 и точки крепления	9
1.3.3 Блок аэрации	10
1.4 Эксплуатационные ограничения и запрещенные вещества	11
<b>2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА И СИСТЕМЫ</b>	<b>12</b>
2.1 Структура МБР-процесса и состав оборудования	13
2.2 Механическая предочистка исходной воды	13
2.2.1 Общие требования	13
2.2.2 Рекомендации по выбору механического фильтра	14
2.2.3 Рекомендации по удалению жиров и масел	14
2.3 Информация о проектировании биореактора	15
2.3.1 Минимальные требования к составу сточных вод	15
2.3.2 Гидравлическое время пребывания (HRT)	15
2.3.3 Коэффициент питания микроорганизмов (F:M) и время пребывания активного ила (SRT)	15
2.3.4 Растворенный кислород (DO) в аэрационной емкости	16
2.3.5 Добавление питательных веществ	16
2.3.6 Добавление химреагентов для удаления пены или фосфора	16
2.4 Выбор мембранного модуля и проектирование МБР-емкости	16
2.4.1 Выбор мембранного модуля и усреднительной емкости	16
2.4.2 Общие представления о раздельной МБР-фильтрации	17
2.4.3 Указания по проектированию раздельной фильтрации	18
2.4.4 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-100S	20
2.4.5 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-200W	21
2.4.6 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-200D	22
2.4.7 Общие представления об интегрированных МБР-системах	23
2.4.8 Указания по проектированию интегрированных систем	23
2.4.9 Установка МБР-модулей и устройства крепления	24
2.5 Отбор пермеата	26
2.5.1 Фильтрация под действием гравитационных сил	26
2.5.2 Фильтрация с использованием всасывающего насоса	27
2.5.3 Проектирование трубопроводов отвода пермеата	29
2.5.4 Удаление избыточного воздуха из трубопроводов	29
2.6 Подача воздуха	30
2.6.1 Требования к подаче воздуха	30
2.6.2 Выбор воздухоподувки	31
2.6.3 Проектирование линии подачи воздуха	31
2.6.4 Принципы очистки диффузора для МБР-модулей серии TMR140	31
2.6.5 Практические советы по организации очистки диффузора для МБР-модулей серии TMR140	32
2.6.6 Очистка аэратора/диффузора для МБР-модулей серии TMR090	34
2.7 Рециркуляция иловой смеси	34
2.7.1 Принципы обеспечения рециркуляции ила	34
2.7.2 Организация рециркуляции	35



2.7.3	<i>Выбор рециркуляционного насоса</i>	37
2.8	Рекомендации по проектированию систем, обладающих высокой надежностью в эксплуатации	37
2.9	Вентили и краны для системы МБР	39
2.10	Контрольно-измерительная аппаратура для МБР-систем	41
2.10.1	<i>Минимальные требования к контрольно-измерительной аппаратуре и точки контроля</i>	41
2.10.2	<i>Рекомендации по измерению</i>	42
<b>3.</b>	<b>ОЧИСТКА И РЕГЕНЕРАЦИЯ МЕМБРАН</b>	<b>46</b>
3.1	Различные способы очистки мембран	46
3.2	Химические реагенты	47
3.2.1	<i>Вещества, загрязняющие мембраны</i>	47
3.2.2	<i>Химические реагенты, применяемые при очистке сточных вод</i>	47
3.3	Принципы обеспечения очистки мембран	49
3.3.1	<i>Последовательность проведения промывки</i>	49
3.3.2	<i>Условия промывки</i>	49
3.4	Физическая очистка	49
3.5	Стандартная химическая промывка	50
3.5.1	<i>Особенности стандартной химической промывки</i>	50
3.5.2	<i>Проектирование оборудования для промывки</i>	51
3.5.3	<i>Подготовка моющего раствора и порядок промывки</i>	52
3.5.4	<i>Подача химреагента в несколько МБР-модулей</i>	53
3.6	Интенсивная химическая промывка (непредвиденные ситуации)	55
3.6.1	<i>Интенсивная химическая промывка в отдельной емкости</i>	55
3.6.2	<i>Способы повышения эффективности интенсивной химической промывки</i>	58
3.7	Расчет проницаемости	59
3.8	Порядок обращения с химическими реагентами	60
3.8.1	<i>Техника безопасности</i>	60
3.8.2	<i>Рекомендации по обращению с химреагентами</i>	61
<b>4.</b>	<b>УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ, ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И СБОР ДАННЫХ (SCADA)</b>	<b>65</b>
4.1	Общие условия управления технологическим процессом	65
4.2	Контуры контроля	66
4.2.1	<i>Системы с одной технологической линией: контроль уровня в биореакторе по расходу пермеата</i>	66
4.2.2	<i>Системы с одной технологической линией: контроль расхода пермеата</i>	67
4.2.3	<i>Система с несколькими технологическими линиями: контроль уровня в биореакторе по расходу пермеата</i>	67
4.2.4	<i>Системы с несколькими технологическими линиями: контроль расхода пермеата</i>	69
4.2.5	<i>Контроль уровня в МБР-емкости</i>	70
4.2.6	<i>Контроль расхода воздуха</i>	71
4.3	Обработка и представление параметров процесса: эксплуатация, запись и хранение данных	71
4.3.1	<i>Общие рекомендации</i>	71
4.3.2	<i>Технологическая схема процесса и маски</i>	72
4.3.3	<i>Обслуживание процесса</i>	74
4.3.4	<i>Хранение данных (back-up)</i>	74
4.3.5	<i>Запись технологических параметров</i>	74
4.4	Рекомендации по пересылке технологических данных	76

## 1. Описание мембранных модулей MEMBRAY

### 1.1 Выбор мембранного модуля

Модули для технологии мембранного биореактора (МБР-модули, т.м. MEMBRAY) доступна в двух различных конфигурациях. В табл. 1.1 приведены основные характеристики МБР-модулей и даны рекомендации по их применению. Характерные особенности каждого типа МБР-модулей TORAY описаны в последующих главах данной инструкции.

Таблица 1.1. Сравнение двух типов МБР-модулей TORAY

Тип		Серия TMR140	Серия TMR090
Внешний вид			
Мембрана	Номинальный размер пор (мкм)	0.08	
	Материал	ПВДФ, нетканый ПЭ и АБС пластик	
Площадь мембраны в одном модуле (м <sup>2</sup> )		70 (50S) 140 (100S) 280 (200D/200W)	45 (50S) 90 (100S)
Высота модуля (мм)		2090 (за исключением 200D) 4160 (200D)	1480
Воздушный диффузор		Крупнопузырчатый U-образный из нержавеющей стали	Мелкопузырчатый из каучука (EPDM)
Рекомендуемое использование		Установки средней и большой производительности (>500 м <sup>3</sup> /сутки) Хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды	Установки малой производительности (<200 м <sup>3</sup> /сутки) Контейнерные комплектные установки Повторное использование внутридомовых сточных вод Применение на морских судах

## 1.2 МБР-модули серии TMR140

### 1.2.1 Описание мембранного элемента

Таблица 1.2. Технические характеристики мембранного элемента (TSP-50150)

Название		TSP-50150
Тип элемента		Плоскорамный, безнапорный
Область применения		Фильтрация активного ила/МБР
Тип фильтрации		Всасывание
Номинальный диаметр пор (мкм)		0,08
Эффективная площадь поверхности мембраны (м <sup>2</sup> )		1,4
Размеры (мм)	Общая ширина	515
	Общая высота	1.608
	Толщина	13,5
Вес (кг)	Сухой	4,8
	Мокрый (для информ.)	8,0
Основные материалы	Мембрана	ПВДФ и нетканый ПЭ
	Опорная пластина	АБС пластик



Рисунок 1.1 Внешний вид мембранного элемента серии TMR140

Таблица 1.2 Технические характеристики полиуретановой пермеатотводящей трубки.

Материал	Термопластичный полиэфир-полиуретан (TPU-ARET* <sup>1</sup> )
Внутренний диаметр / внешний диаметр / общая длина (мм)	8/11/380

\*Максимально допустимая температура 60° С.

<sup>1</sup> Аббревиатура материала приведена в соответствии с ISO-18064.

1.2.2 Спецификация МБР модулей серии TMR140 и точки крепления

Таблица 1.4 Спецификация МБР-модулей серии TMR140

Модель		TMR140-050S	TMR140-100S	TMR140-200W	TMR140-200D
Число мембранных элементов		50	100	200	200
Структура блока элементов		1 EBL	1 EBL	2 EBL объединены	Двухэтажная конструкция с 2 EBL
Размеры <sup>*1</sup>	Ширина (мм)	810	810	840	810
	Длина (мм)	950	1,620	3,260	1620
	Высота (мм)	2100	2100	2100	4160
Вес (кг)	Модуль (сухой)	400	695	1430	1365
	Блок аэрации (сухой)	40	65	150	65
	Блок элементов (сухой)	360	630	1,280	1,300
	Блок элементов (при забивании илом) <sup>*2</sup>	690	1240	2480	2500
Материал	Диффузор, рама, коллектор пермеата	Нержавеющая сталь 304 (316SS или 316LSS доступны в качестве опций)			
Соединительные фланцы <sup>*3</sup>	Коллектор	ANSI 1 1/2 дюйм	ANSI 2 дюйм	ANSI 3 дюйм	ANSI 2 дюйм
	Воздушный диффузор	ANSI 1 1/4 дюйм	ANSI 1 1/2 дюйм	ANSI 2 дюйм	ANSI 1 1/2 дюйм

\*1 Общие размеры за исключением соединительных труб.

\*2 Вес с учетом предположения, что ил находится между мембранными элементами.

\*3 Размеры фланцев детально описаны в чертежах в конце данного Руководства.

Точки крепления МБР-модулей серии TMR-140:

МБР-модули 50S и 100S имеют четыре (4) крепежных отверстия (d=30мм), расположенных в верхних угловых точках МБР-модуля.

МБР-модули 200W имеют восемь (8) крепежных отверстий (d=30мм), расположенных в верхних угловых точках каждого блока элементов.

МБР-модули 200D имеют восемь (8) крепежных отверстий (d=30мм), расположенных в верхних угловых точках верхнего и нижнего блока элементов.

Монтаж каждого блока элементов МБР-модулей 200W и 200D рекомендуется проводить последовательно.



### 1.2.3 Аэрационный блок

Аэрационный блок имеет четыре (4) точки крепления анкеров ( $d=19\text{мм}$ ), кроме МБР-модуля 200W, который имеет шесть (6) точек крепления у основания и два (2) соединительных фланца с одной стороны для подсоединения к диффузору. На верхней кромке аэрационного блока находится система направляющих, которая позволяет правильно установить блок с мембранными элементами и соединить крепежные отверстия аэрационного блока с блоком элементов с помощью гаек и болтов. Число крепежных отверстий зависит от типа МБР-модуля:

50S имеют 10 отверстий,  
100S и 200D имеют 18 отверстий,  
200W имеют 36 отверстий.

Воздухораспределительное устройство МБР-модуля изготовлено в виде U-образной трубки с отверстиями  $d=6\text{мм}$ , расположенными на равных расстояниях по длине трубки для равномерного распределения пузырьков воздуха из устройства.



### 1.3 МБР-модули серии TMR090

#### 1.3.1 Описание мембранного элемента

Таблица 1.5. Технические характеристики мембранного элемента (TSP-50100)

Название		TSP-50100
Тип элемента		Плоскораменный, безнапорный
Область применения		Фильтрация активного ила/МБР
Тип фильтрации		Всасывание
Номинальный диаметр пор (мкм)		0,08
Эффективная площадь поверхности мембраны (м <sup>2</sup> )		0,9
Размеры (мм)	Общая ширина	515
	Общая высота	1059
	Толщина	13,5
Вес (кг)	Сухой	3,0
	Мокрый (для информ.)	5,0
Основные материалы	Мембрана	ПВДФ и нетканый ПЭ
	Опорная пластина	АБС пластик

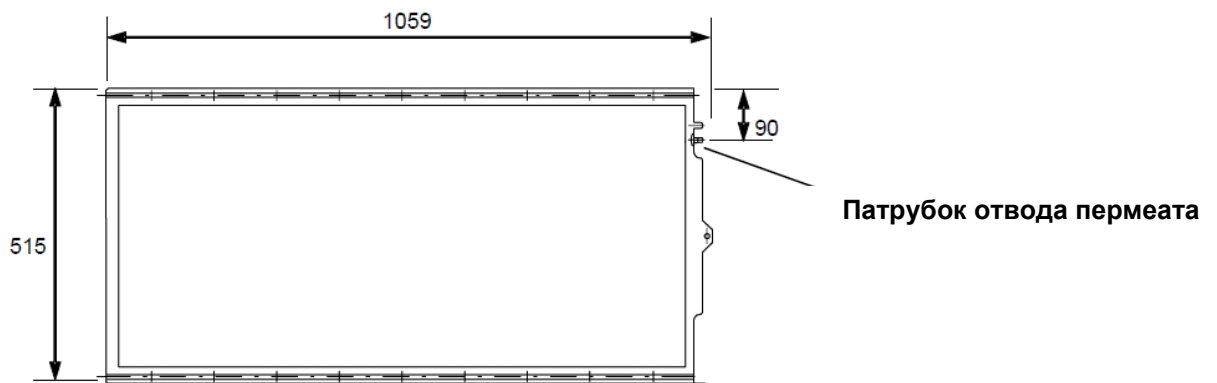


Рис. 1.2 Внешний вид мембранного элемента серии TMR090

Таблица 1.6. Технические характеристики полиуретановой пермеатотводящей трубки

Материал	Термопластичный полиэфир-полиуретан (TPU-ARET* <sup>1</sup> )
Внутренний диаметр / внешний диаметр / общая длина (мм)	8/11/380

\*Максимально допустимая температура 60° С.

<sup>1</sup> Аббревиатура материала приведена в соответствии с ISO-18064



### 1.3.2 Спецификация МБР модулей серии TMR090 и точки крепления

Наименование модуля		TMR090-050S	TMR090-100S
Число мембранных элементов		50	100
Структура блока элементов		1 EBL	1 EBL
Размеры <sup>*1</sup>	Ширина (мм)	711	711
	Длина (мм)	1016	1719
	Высота (мм)	1474	1474
Вес (кг)	Модуль (сухой)	400	695
	Блок аэрации (сухой)	40	65
	Блок элементов (сухой)	320	610
	Блок элементов (при забивании илом) <sup>*2</sup>	570	1100
Материал	Рама, коллектор пермеата	Нержавеющая сталь 304 (316SS или 316LSS доступны в качестве опций)	
	Диффузор	EPDM (HTPU опционально)/PVC/304SS	
Соединительные фланцы <sup>*3</sup>	Коллектор	ANSI 150Lb 1 1/4B дюйм	ANSI 150Lb 1 1/4B дюйм
	Воздушный диффузор	NTP 1-1/2 дюйм (с одной стороны)	NTP 1-1/2 дюйм (с обеих сторон)

- \*1 Общие размеры за исключением соединительных труб.
- \*2 Вес с учетом предположения, что ил находится между мембранными элементами.
- \*3 Размеры фланцев детально описаны в чертежах в Приложении к данному Руководству.
- \*4 Соединения имеют внутреннюю резьбу. Рекомендуется использовать крепления с конической резьбой для соединения.

#### Точки крепления МБР-модулей серии TMR-090:

Модули 50S и 100S имеют четыре (4) отверстия/петли (d=30мм), расположенных в верхних углах МБР-модулей.



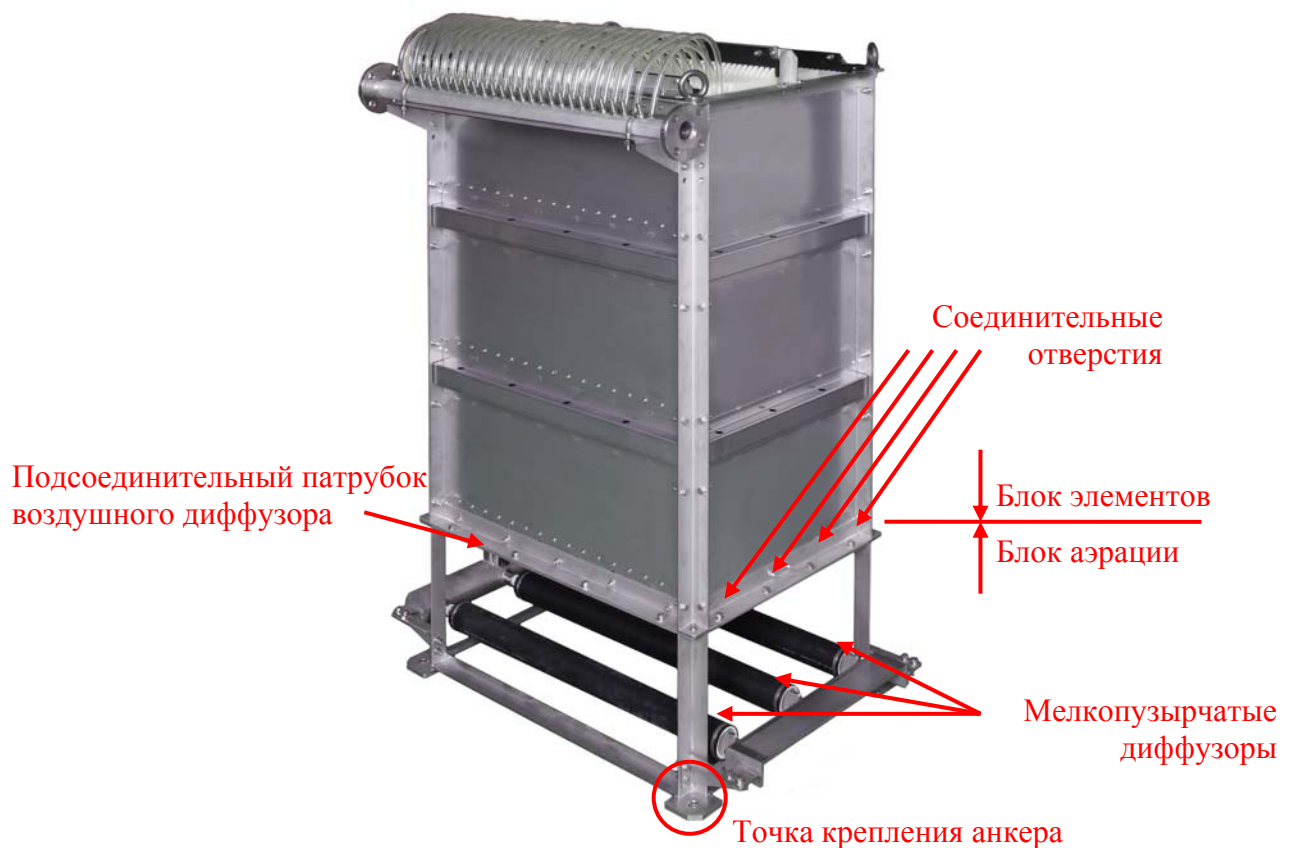
### 1.3.3 Блок аэрации

Блок аэрации модулей 50S и 100S имеет четыре (4) и шесть (6) точек крепления анкеров ( $d=19\text{мм}$ ) на днище, соответственно. Модули 100S имеют два соединительных патрубка воздушного диффузора с каждой стороны, модули 50S имеют один соединительный патрубок воздушного диффузора с одной стороны. На крышке аэрационного блока находится система направляющих для правильной установки блока элементов, а также соединительные отверстия для соединения блоков аэрации и элементов с помощью гаек и болтов. Число отверстий зависит от типа модуля:

50S имеет 16 отверстий

100S имеет 20 отверстий.

Мелкопузырчатые полимерные азирующие устройства, применяемые в данном типе МБР-модулей, обеспечивают равномерное распределение воздуха по длине модуля, высокую степень передачи кислорода и простоту эксплуатации, поскольку не требуют периодической очистки диффузора.



## 1.4 Эксплуатационные ограничения и запрещенные вещества

Таблица 1.8 Эксплуатационные ограничения

Характеристика	Ед.измер.	Условия эксплуатации
Концентрация ила/Доза ила	мг/л	Не выше 18 000
Растворенный кислород (DO)	мг/л	1.0 или более
pH	-	5-10
Температура жидкости	°C	Не выше 40
Волокнистый материал		Должен задерживаться на механическом фильтре перед МБР
Жиры, масла и смазочные материалы (FOG)	мг/л	< 50 (на входе перед стадией биологической обработки)
Нефть		Содержание должно быть ниже следовых количеств

Ниже приведены вещества, запрещенные или не рекомендуемые для контакта с МБР-элементами и модулями TORAY. Кроме того, следует предотвращать контакт МБР-модулей с любыми другими веществами, оказывающими неблагоприятное воздействие на активный ил.

**Кислоты или щелочи:** Сильные кислоты и щелочи, вызывающие существенное отклонение значений pH среды от вышеуказанных рекомендуемых для эксплуатации значений (за исключением химической промывки), могут оказывать пагубное влияние на процесс биологической обработки и снижать производительность мембранной фильтрации.

**Соли:** Высокие концентрации ионов хлора (например, в морской воде) могут ускорять забивание мембран.

**Органические растворители:** Кетоны (например, ацетон, метилэтилкетон), сложные эфиры (например, этилацетат), амины (например, диметиламин, этилендиамин), эфиры (например, этиленоксид, диоксан) и углеводороды (например, бензол, толуол, ксилол, метилхлорид) могут повредить мембрану или АБС пластину. Длительное воздействие даже низких концентраций этих веществ может давать отрицательно сказаться на мембране и МБР-модуле.

**Нефтепродукты:** Следует предотвращать попадание в систему бензина, поскольку он может уменьшать прочность АБС пластины. Содержание нефти должно быть ниже следовых количеств.

Кремнийорганические соединения и кремнийсодержащие пеногасители могут привести к необратимой закупорке пор мембран. Следует предусмотреть их удаление.

Присутствие вышеупомянутых химических веществ в сточных водах допустимо при условии возможности их биоразложимости. В этом случае на мембраны будут поступать лишь незначительные количества таких веществ.

При сложном составе исходных сточных вод мы настоятельно рекомендуем поведение пилотных испытаний.

## **2. Проектирование процесса и системы**

По требованию, TORAY обеспечит руководство и общие рекомендации для:

- a. Выбора и эксплуатации процесса предочистки,
- b. Определения размеров МБР-емкости,
- c. Механического проектирования мембранной системы.

Ответственность за проектирование процесса:

### **Предварительная очистка**

Несмотря на то, что TORAY может обеспечить основные, минимальные рекомендации для предварительной очистки, ответственность за выбор и реализацию эффективных и подходящих этапов предочистки полностью лежит на инженеринговой или консалтинговой компании. Выбранная предочистка должна гарантировать удаление масла и жира, песка, а также других веществ и материалов, которые могут повредить мембрану и МБР-модуль.

### **Проектирование стадии биологической очистки:**

Несмотря на то, что TORAY может обеспечить основные, минимальные рекомендации для стадии биологической очистки, ответственность за обеспечение эффективных и подходящих этапов предочистки полностью лежит на инженеринговой или консалтинговой компании. Процесс удаления в анаэробных, аноксидных и аэробных условиях основных загрязнений из сточных вод и снижения концентраций БПК, ХПК, азота и фосфора должен быть спроектирован инженеринговой или консалтинговой компанией.

### **Мембранный процесс:**

TORAY дает рекомендации по требуемой рабочей площади поверхности мембраны, количеству и типу МБР-модулей. TORAY также рекомендует габаритные размеры МБР-емкостей для размещения МБР-модулей, которые учитывают требуемые расстояния между МБР-модулями, стенками, технологическими линиями МБР-модулей. Также даются рекомендации по расходу/объему и давлению воздуха, требуемого для очистки мембран, стандартному и максимальному трансмембранному давлению, критериям проведения химической промывки мембран, максимальному удельному потоку через мембрану, максимальной концентрации ила/дозе ила и др. важным параметрам.

Для достижения устойчивой эксплуатации сооружений, применяющих МБР-технологии, должен быть применен весь комплекс способов по проектированию стадий предварительной очистки, биологического процесса, мембранной фильтрации, обработке ила. TORAY приветствует тесное сотрудничество по каждому МБР-проекту между проектной/инженеринговой компанией и своими сотрудниками.

## **2.1 Структура МБР-процесса и состав оборудования**

Мембраны для процесса МБР являются только частью общей комплексной системы обработки сточных вод. Сооружения очистки сточных вод должны/могут обеспечивать:

- a. при необходимости возможность обработки ливневых стоков (главным образом, для сооружений очистки хозяйственно-бытовых сточных вод)
- b. физическую/химическую предочистку (грубая механическая очистка, пескоуловители, тонкая механическая очистка, удаление масел и жира, коагуляция, корректировка pH...)
- c. выравнивание расхода (опционально)
- d. биологическую обработку (удаление углерода, азота и фосфора)
- e. мембранную фильтрацию
- f. дезинфекцию обработанной воды, при необходимости
- g. организацию обработки активного ила.

Как объяснялось в разделе 2.4, возможны два подхода к комбинированию биологического процесса с мембранным разделением коллоидной фазы:

1. Объединение биологической обработки и процесса мембранной фильтрации в одной емкости – рекомендуется главным образом, для установок малой производительности или контейнерных систем;
2. Отдельные емкости для процессов биологической обработки и мембранной фильтрации – предпочтительно для более крупных установок, имеющих квалифицированную службу эксплуатации.

В зависимости от размера и производительности очистных сооружений, условий на месте их расположений и т.п. возможно использование имеющегося емкостного оборудования или установка новых бетонных или стальных емкостей. Выбор наилучшей конфигурации всегда следует выполнять после тщательного детального обследования планируемого места расположения сооружений очистки. В мировой практике МБР-технологии являются предпочтительным/наиболее оправданными при осуществлении модернизации очистных сооружений (особенно при увеличении производительности действующих).

## **2.2 Механическая предварительная очистка исходной воды**

### **2.2.1 Общие требования**

Несмотря на то, что TORAY дает рекомендации для проектирования стадии механической очистки, инженеринговая или консалтинговая компания отвечает за качество проектирования.

- Правильно спроектированный, эксплуатируемый и обслуживаемый процесс механической предочистки является необходимым для эффективной эксплуатации МБР установки. Как минимум, TORAY требует предусмотреть эффективную систему удаления жиров/масел и механическую предварительную очистку от частиц размером более 3 мм, предшествующие МБР.
- Производительность системы предварительной очистки следует проектировать по часовому максимальному/пиковому расходу, для того чтобы справиться с самой высокой нагрузкой по стокам.

- Другие процессы, такие как удаление песка или первичное отстаивание, флотация, должны быть при необходимости выбраны и спроектированы инженеринговой компанией/консультантом и на основании требований технического задания.

### 2.2.2 Рекомендации по выбору механического фильтра/решетки

На рынке представлено много различных типов механических фильтров. Они отличаются эффективностью удаления механических частиц. Решетки/сита с ячеистыми или перфорированными отверстиями более эффективны, чем решетки с прямоугольными или другими типами отверстий. Следует по возможности избегать применения последних типов устройств.

TORAY рекомендует следующие характеристики систем механической фильтрации:

- Размер отверстий/ячеек должен составлять 3 мм и меньше.
- Предпочтительнее применять решетки/сита с ячеистыми или перфорированными отверстиями, изготовленными в форме вращающихся цилиндров и укомплектованные скребковой системой удаления осадка.
- Байпасирование стадии механической очистки строго не рекомендуется. Систему механической фильтрации следует проектировать для максимального/пикового расхода с 1 резервным механическим фильтром для возможности непрерывной эксплуатации.
- Механический фильтр должен обладать низким сопротивлением. Предпочтительно применять оборудование, встраиваемое в общую схему и не требующую дополнительного вспомогательного оборудования (например, насосного).
- Система должна эффективно удалять из исходной воды осколки, должна быть рассчитана на максимальную производительность и концентрацию частиц.
- Для защиты всего технологического оборудования на входе в очистные сооружения следует размещать систему грубой механической очистки.

### 2.2.3 Рекомендации по удалению жиров/масел

TORAY не предъявляет особых требований к удалению жиров/масел сверх обязательных, применяемых в хорошо спроектированных процессах биологической очистки с использованием активного ила. Однако, предпочтительно размещать оборудование для удаления жиров/масел после стадии механической очистки.

Рекомендации TORAY для максимально допустимого значения эфирорастворимых жиров (FOG) составляют <50 мг/л на входе на стадию биологической обработки. Среднее содержание FOG в хозяйственно-бытовых сточных водах не велико, и поэтому они не будут оказывать существенного влияния на эксплуатационные характеристики мембраны.

Несмотря на то, что ответственность за проектирование метода/системы удаления FOG несет инженеринговая/консалтинговая компания:

- Традиционные аэрационные процессы удаления масел и песка отделяют мелкие частицы песка, масла и жиры на входе в установку и снижают

содержание стандартных компонентов FOG в установках обработки муниципальных канализационных стоков.

- Узлы флотации могут отделять жиры и масла при условии отсутствия частиц песка, и часто применяются в установках обработки промышленных сточных вод.
- Мелкие сита с подложкой могут значительно снижать нагрузку по FOG.

### **2.3 Информация по проектированию биореактора**

Несмотря на то, что данный раздел содержит отдельные рекомендации по биологической обработке, TORAY не берет на себя ответственность за эффективность или правильность подбора биологического процесса. При любых обстоятельствах ответственность за проектирование биологического процесса лежит на инженеринговой и/или консалтинговой компании.

#### **2.3.1 Минимальные требования к составу сточных вод**

Для надлежащего проектирования стадии биологической очистки необходимы, как минимум, следующие данные:

- Количество сточных вод:
  - Среднесуточный расход, пиковый расход (скорость потока и продолжительность).
- Качество сточных вод:
  - температура, БПК, ХПК, взвешенные вещества, общий азот, общий фосфор.
- Качество очищенной воды:
  - БПК/ХПК, мутность или общие взвешенные вещества, общий азот, общий фосфор, содержание микроорганизмов, растворенный кислород и т.д.

#### **2.3.2 Гидравлическое время пребывания (HRT)**

HRT изменяется в соответствии с характеристиками сточных вод, поэтому объемы зоны биологической очистки не следует определять исключительно по HRT. В случае обработки типичных хозяйственно-бытовых канализационных стоков, при достаточной концентрации ила и эксплуатации при умеренных температурах и в условиях среднего расхода, для того, чтобы избежать пикового содержания аммиака во время гидравлического пика потока, величина HRT может быть принята порядка 6-8 часов.

#### **2.3.3 Коэффициент питания микроорганизмов (F/M) и время пребывания активного ила (SRT)**

Для хозяйственно-бытовых сточных вод при средних температурах при условиях среднесуточной нагрузки эффективная биологическая обработка может быть достигнута при значениях F/M ниже 0.08 кг-БПК/кг-ила.сутки.

Систему следует проектировать исходя из условия полной нитрификации. Рекомендованное значение SRT в этом случае составляет 15 суток. Пожалуйста, обратите внимание, что данная рекомендация является

необходимым условием для хорошей фильтруемости активного ила и не гарантирует хорошую и полную биологическую очистку и качество пермеата.

### 2.3.4 Растворенный кислород (DO) в аэрационной емкости

Очень низкие значения DO могут быть причиной ухудшения глубины биологической обработки. Рекомендованное для обработки стандартных хозяйственно-бытовых канализационных стоков минимальное значение DO в аэрационной емкости составляет 1 мг/л. Однако, это значение может варьироваться в соответствии с характеристиками сточных вод. Для измерения DO в емкости и контроля количества воздуха для аэрации рекомендуется использовать датчик DO, работающий в режиме онлайн.

Следует иметь в виду, что такая концентрация кислорода рекомендована только для аэрационной емкости. Распределение воздуха в аэрационном блоке МБР-емкости должно производиться с заданным объемом или скоростью. Данное замечание не связано с концентрацией DO на выходе.

### 2.3.5 Добавление питательных веществ

Если в сточных водах недостаточно питательных веществ, необходимых для роста микроорганизмов, следует добавить их в процесс. В табл. 2.1 приведены указания относительно свойств и точек ввода таких добавок.

Таблица 2.1. Добавление питательных веществ

Характеристика	Компонент	Точка добавления
ХПК/БПК	Метанол, ацетат натрия, уксусная кислота, меласса	Аноксидная/анаэробная емкость
Азот	Сульфат аммония или хлорид аммония	Входящий поток
Фосфор	Фосфат калия или фосфорная кислота	Входящий поток
Щелочность	Бикарбонат натрия или каустическая сода	Аэробная емкость

### 2.3.6 Добавление химических реагентов для удаления пены или фосфора

Для снижения пенообразования на поверхности воды в аэрационной или МБР-емкости следует использовать спиртосодержащие добавки. НИКОГДА не следует применять кремнийсодержащие реагенты, поскольку они могут необратимо забивать поры мембраны и снижать ее проницаемость.

Если для удаления фосфора используют соли металлов (алюминия или железа), необходимо контролировать процесс их дозирования, для того чтобы избежать образования малорастворимых осадков на поверхности мембраны.

## 2.4 Выбор мембранного модуля и проектирование МБР-емкости

### 2.4.1 Выбор мембранного модуля и усреднительной емкости

Стандартная процедура проектирования процесса МБР для обработки канализационных стоков учитывает:



1. Требуемую площадь мембраны, рассчитанную по расходу/скорости потока, удельному потоку через мембрану и другую информацию.
2. Тип модуля, выбранного согласно рекомендациям TORAY.
3. Число модулей, необходимое для обработки требуемых расходов.
4. Тип МБР-емкости (раздельная/интегрированная) и число емкостей/технологических линий/МБР-модулей в одной емкости, определенное в соответствии с концепцией контроля и управления процесса, доступности места установки, стоимости и т.д.

для определения подходящего удельного потока При обработке промышленных сточных вод обычно необходимы пилотные испытания для конкретных стоков при заданных условиях. Состав промышленных сточных вод в каждом конкретном случае существенно различается и поэтому без таких экспериментов трудно спрогнозировать рабочее значение удельного потока.

При расчете необходимой площади поверхности мембраны следует принимать во внимание такие важные факторы, как данные по расходу стоков и наличие усреднительной емкости. Основные параметры расхода включают:

- Средний расход: средний расход на входе в сутки без ливневых стоков
- Часовой пик: принимают во внимание несколько часовых пиков в пределах одних суток, пока средний расход в этот период не станет меньше или равен суточному пику
- Суточный пик: несколько суточных пиков за 30 суток, пока средний расход за этот период не станет меньше или равен месячному пику
- Месячный пик: учитывают несколько месячных пиков в течение года, пока средний расход за этот период не станет меньше или равен среднегодовому расходу
- Промежутки между пиковыми расходами: между двумя пиковыми расходами должен быть период меньшего расхода, продолжительностью по меньшей мере равной длине этого пика.

Оценки пиковых расходов важны для определения требуемого количества мембранных модулей. Система должна быть в состоянии обрабатывать сточные воды при пиковых нагрузках. Продолжительность всех пиковых расходов следует определять перед проектированием процесса МБР.

Добавление усреднительной емкости перед стадией МБР улучшает стабильность эксплуатации, позволяя системе функционировать при более постоянном расходе и минимизируя чрезмерную нагрузку по расходу во время пиковых периодов (например, в случае поступления ливневых стоков) или прекращая эксплуатацию во время периодов низкого расхода или его отсутствия (обычно наблюдается в выходные дни на установках обработки промышленных сточных вод). Такие возможности усреднения расхода приведут к более компактным размерам стадии МБР, увеличению времени эксплуатации мембраны и снижению забивания мембраны.

Объем усреднительной емкости должен быть достаточным для сглаживания избыточного расхода в периоды пиков и гарантировать непрерывную подачу входящего потока в промежутки между периодами пиков.

#### 2.4.2 Общие представления о раздельной фильтрации МБР

В традиционном понимании сочетание биологических и мембранных процессов должно быть реализовано в раздельной системе. При таком подходе для

стадий биологического и мембранного процессов используют отдельные емкости. TORAY рекомендует применять подобную организацию процесса для большинства МБР-систем и сооружений, кроме систем малой производительности.

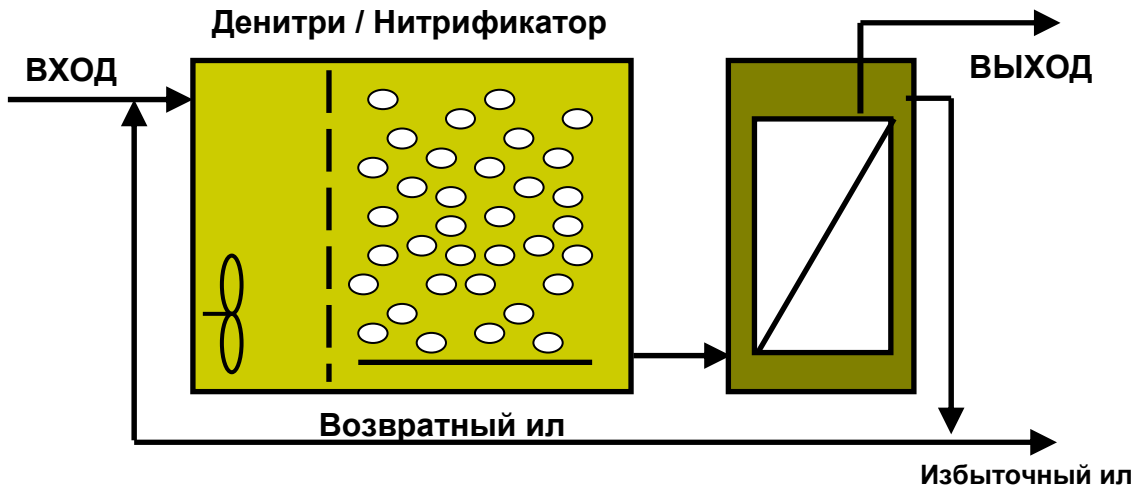


Рисунок 2.1 Раздельный МБР

Преимущество такого подхода заключается в том, что индивидуальные процессы биологической очистки и МБР-фильтрации могут быть оптимизированы по отдельности и без риска отрицательного влияния на соответствующий сопряженный процесс. Например, концентрация ила/доза ила в МБР-емкости может меняться при изменении отношения расходов между биологической емкостью и МБР-емкостью, без изменения характеристик стадии биологической обработки. Следовательно, достигается более высокая стабильность процесса и упрощается эксплуатация. При сервисном обслуживании различных частей системы (например, одного биологической емкости или одной мембранной емкости) резерв производительности установки обычно выше, чем для интегрированной системы.

#### 2.4.3 Указания по проектированию раздельной фильтрации

В следующем разделе описаны три различных варианта для проектирования емкости/технологической линии МБР:

- Малая производительность с одной технологической линией МБР-модулей TMR140-100S;
- Средняя производительность с двумя технологическими линиями МБР-модулей TMR140-200W;
- Высокая производительность с четырьмя технологическими линиями МБР-модулей TMR140-200D.

Необходимо принимать во внимание следующие моменты:

- Тип мембранных модулей, используемых в установке, должен быть одним и тем же. Смешение различных типов модулей сделает автоматизацию и эксплуатацию системы более сложной.
- Число модулей в одной технологической линии и число технологических линий в одной емкости должно быть одинаковым в каждой линии или емкости для того, чтобы упростить проектирование, эксплуатацию и обслуживание.

- В идеальном случае следует использовать более двух МБР-емкостей для того, чтобы сделать возможным выведение одной из емкостей из эксплуатации. Такое проектирование делает возможным проведение работ по обслуживанию установки или регулярной замене комплектующих без остановок всей системы.
- Следует стремиться к равномерному распределению активного ила в каждой точке емкости.

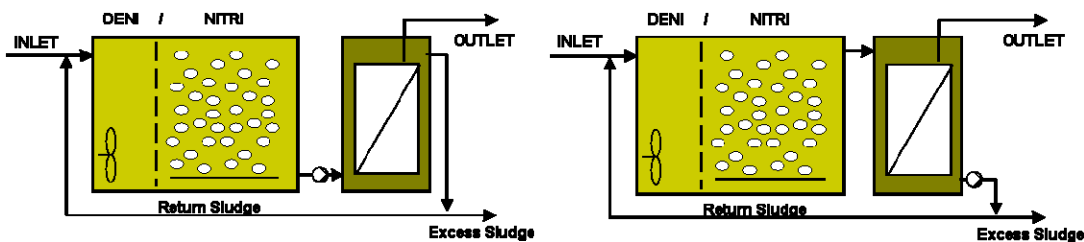
Таблица 2.2 Рекомендации по проектированию трубопроводов МБР-системы

Название	Описание		Рекомендуемые скорости
Сборник пермеата	Сбор пермеата из каждого модуля или блока модуля	чистая вода	0.5 – 1.5 м/с
Входной трубопровод (распределение активного ила)	Равномерное распределение активного ила в каждой точке МБР-емкости	активный ил с концентрацией 8 - 15 г/л	0.5 – 1.5 м/с
Переливной патрубок (рециркуляционный коллектор)	Сбор и отвод активного ила на рециркуляцию с биологическую емкость	активный ил с концентрацией 8 - 18 г/л	0.5 – 1.0 м/с
Трубопровод подачи воздуха и аэрационное устройство (в нормальном режиме эксплуатации)*	Равномерное распределение воздуха для очистки мембран в МБР-модулях	сжатый воздух	5 – 10 м/с

\* В нормальном режиме эксплуатации скорость движения воздуха в подающем трубопроводе должна составлять 5 – 10 м/с. Значения скорости потока воздуха во время прочистки диффузора составляют 10 – 20 м/с.

**Замечание:**

- Проектная скорость в каждой точке трубопровода каждой технологической линии должна быть одинаковой.
- Рекомендуется к применению конфигурация “подача ила насосом / отвод избыточного ила переливом”, проиллюстрированная ниже на рисунке слева, поскольку облегчает поддержание постоянного уровня жидкости в МБР-емкости. Конфигурация емкостей, проиллюстрированная на правом рисунке, также возможна, но требует пониженного расхода илоотводящего насоса. Более детально это описывается в главе 2.7.2.



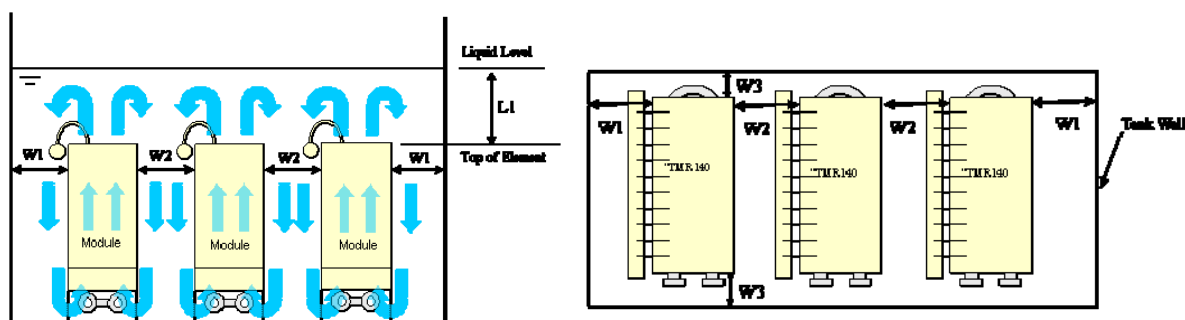
Для небольших установок одним из наиболее оправданных решений может быть применение емкостей, изготовленных заранее на производстве из следующих материалов:

- Сталь с покрытием,
- Рама из стали, стенки из нержавеющей стали,
- Пластик с рамой из стали.

Материал емкости выбирается исходя из характеристик сточных вод, коррозионной защиты и стоимости материала.

## 2.4.4 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-100S

Установки малой производительности стандартно проектируются с одной технологической линией МБР-модулей. Однако необходимо предусмотреть возможность выведения каждого отдельного МБР-модуля из эксплуатации. МБР-модули следует размещать в емкости в соответствии с требованиями TORAY и соблюдать расстояния между МБР-модулем/стенкой МБР-емкости и между МБР-модулями (см. рис. 2.2).

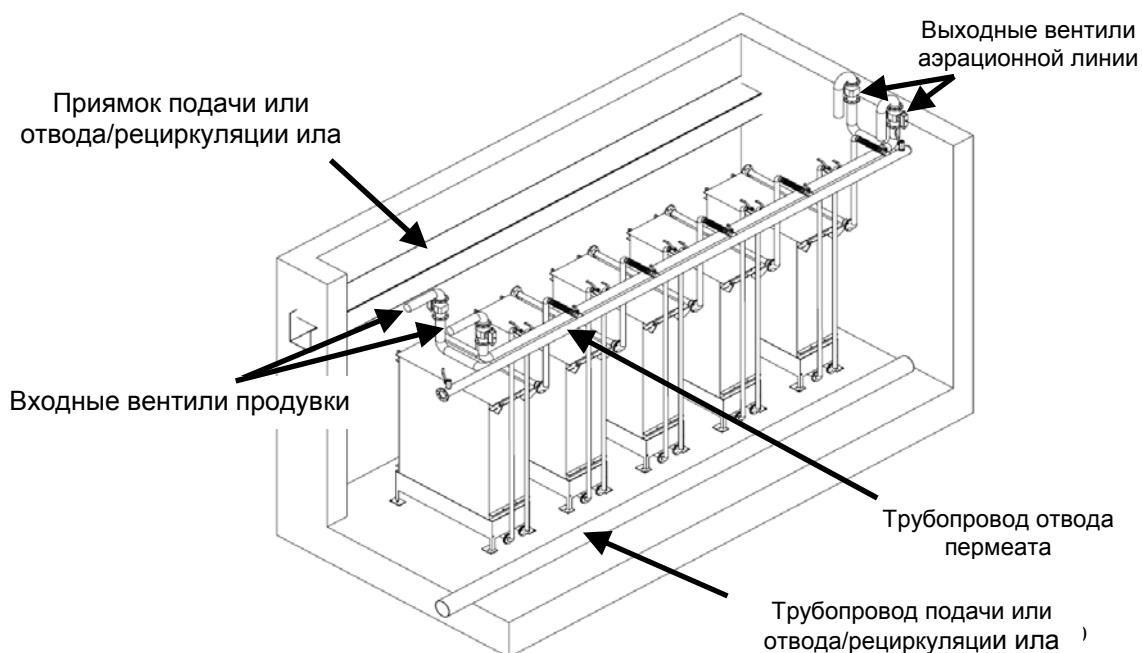


где W1: 380 – 680 мм, W2: 430 – 730 мм, W3: около 400 мм,  
L1: >500 мм (TMR140-серия) or >300 мм (TMR090-серия)

Рисунок 2.2 Требования к расстояниям между мембранными модулями

На рис. 2.3 представлено стандартное расположение МБР-модулей TMR140-100S в МБР-емкости. Каждая технологическая линия оснащена одним сборником пермеата (магистральный трубопровод) и двумя трубопроводами подачи воздуха. Если трубопровод/канал для распределения/рециркуляции не расположен в продольном направлении, необходимо принимать меры для обеспечения равномерного перемешивания активного ила внутри емкости. Это позволит избежать градиента концентрации ила по длине емкости. При расчете минимального расстояния между МБР-модулями/стенками МБР-емкости также необходимо учитывать технологическое пространство, необходимое для размещения трубопроводов и их обслуживания, а также требования безопасности.

Рисунок 2.3 Общий вид МБР-емкости с модулями TMR140-100S



#### 2.4.5 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-200W

При необходимости использования больших рабочих площадей мембраны, одним из рентабельных технологических решений может быть применение МБР-модулей TORAY с 200 мембранными элементами. Если уровень воды в МБР-емкости не может быть выше 4.7 м, то может быть выбран тандемный двойной тип МБР-модулей TMR140-200W.

На рис. 2.4 представлено стандартное расположение МБР-модулей данного типа в МБР-емкости. В качестве примера приведены 2 технологические линии МБР-модулей с 6 МБР-модулями TMR140-200W в каждой. При этом для каждой технологической линии предусмотрен свой пермеатотводящий трубопровод и два трубопровода подачи воздуха. Пожалуйста, используйте информацию на рис. 2.2 для определения минимальных расстояний между МБР-модулями данного типа. Рекомендуемое расстояние между технологическими линиями составляет  $2 \times W3$  (см. рис. 2.4). Такое же расстояние рекомендуется соблюдать при проектировании МБР-емкостей с МБР-модулями типа 100S и 200D.

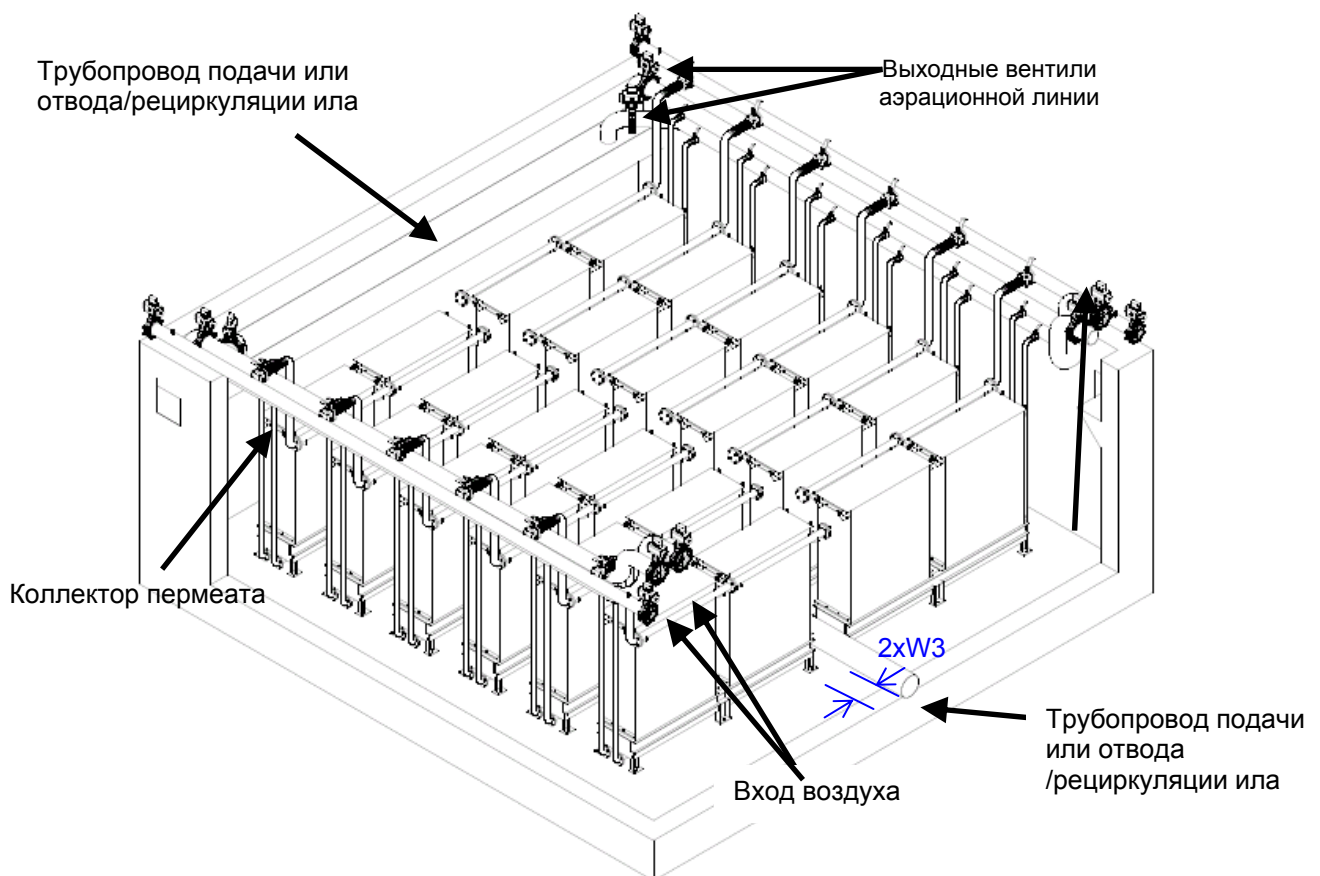


Рисунок 2.4. Общий вид МБР-емкости с МБР-модулями TMR140-200W.

#### 2.4.6 Проектирование емкости для МБР-модулей TMR140-200D

Для установок средней и высокой производительности и при возможности поддержания уровня жидкости более 4.7 м наиболее экономичным вариантом проектирования МБР-сооружений является использование МБР-модулей TMR140-200D, поскольку для их работы требуются меньшие расходы воздуха на аэрацию и они имеют более высокую плотность упаковки мембран ( $\text{м}^2/\text{м}^3$ ).

На рис. 2.5 приведен пример размещения в МБР-емкостях 4 технологических линий по 10 МБР-модулей серии TMR140-200D в каждой в МБР емкости. На данном рисунке трубопроводы подвода воздуха размещаются на дне емкости. Также возможен вариант организации трубопроводов подвода воздуха согласно рис. 2.3 или 2.4, поскольку он позволяет изолировать один или несколько МБР-модулей в технологической линии.

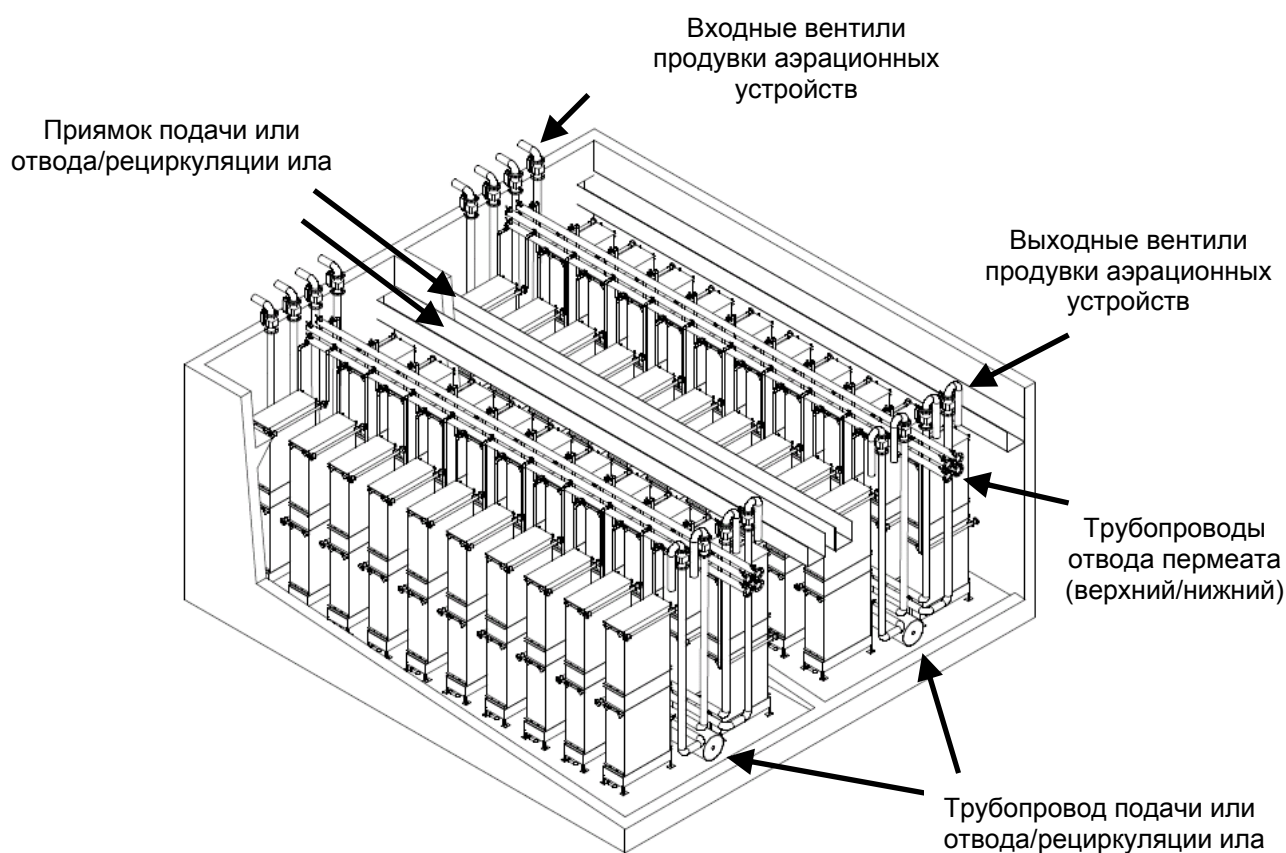


Рисунок 2.5. Проектирование МБР емкостей с МБР-модулями TMR140-200D.

#### 2.4.7 Общие представления об интегрированных МБР-системах

Интегрированные МБР-системы в основном используются для небольших производительностей или в комплектных контейнерных установках. В таких системах аэрационная биологическая емкость и мембранные модули располагаются в одной емкости, поэтому такие установки просты в проектировании и компактны.

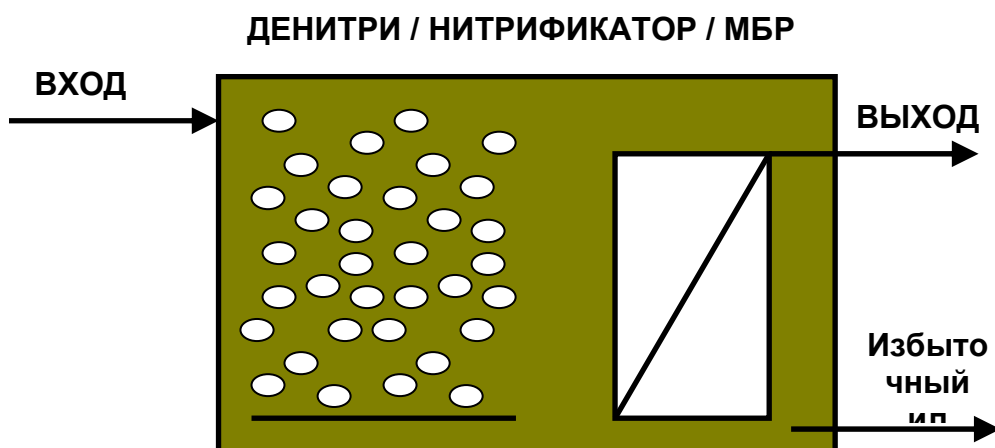


Рисунок 2.6. МБР интегрированный с биологической очисткой.

Для обеспечения равномерного перемешивания иловой смеси в емкости ее размер должен быть небольшим. Поскольку при этом реализуется режим идеального перемешивания, концентрация ила/доза ила в каждой точке емкости принимается постоянной. Необходимо избегать размещения МБР-модулей близко к биологической аэрационной системе, поскольку это может нарушить циркуляционный ток иловой смеси по периметру МБР-модуля (рис. 2.7).

#### 2.4.8 Рекомендации по проектированию интегрированных МБР-систем

Проектирование биологической системы должно производиться исходя из соображений обеспечения полной биологической очистки стоков. В емкости должен реализовываться режим идеального смешения. Не рекомендуется подавать сточные воды непосредственно на МБР-модули во избежание прорывов загрязняющих веществ в пермеат.

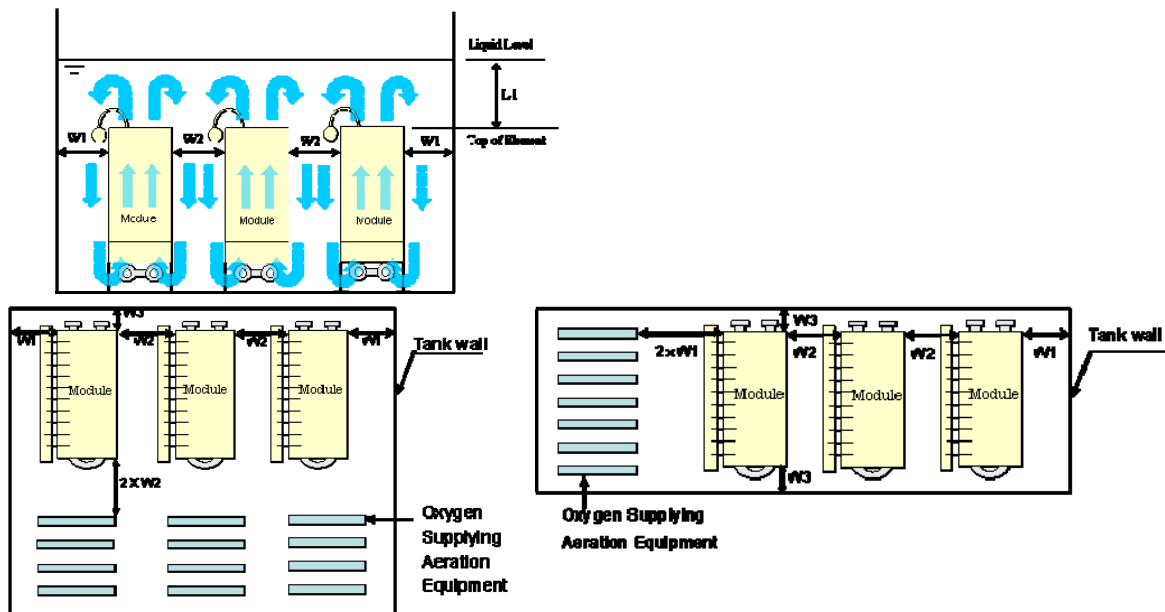
Такая концепция проектирования хорошо зарекомендовала себя для обработки неконцентрированных хозяйственно-бытовых сточных вод для систем небольшой производительности. Проектирование следует осуществлять с использованием МБР-модулей TMR140-050S/100S или TMR090-050S/100S.

При проектировании необходимо следовать ряду рекомендаций:

- Тип применяемых МБР-модулей должен быть один и тот же. Проектирование системы небольшой производительности с использованием различных типов МБР-модулей сделает ее более сложной в управлении и эксплуатации.

- Для облегчения систем управления и эксплуатации число МБР-модулей в одной технологической линии и в единичной емкости должно быть одинаковым.
- Рекомендуется проектировать систему с использованием двух и более МБР-емкостей. Это существенно упрощает эксплуатацию и позволяет по необходимости вывести одну емкость/технологическую линию из эксплуатации без остановки всей системы.
- Необходимо обеспечивать равномерное перемешивание активного ила и поступающих на очистку сточных вод.

МБР-модули должны располагаться в емкости согласно рекомендациям TORAY: расстояния между МБР-модулями, МБР-модулями и стенками емкости, МБР-модулями и аэрационными устройствами биологической очистки регламентируются (см. рис. 2.7). Во избежание взаимного влияния циркуляционных токов, создаваемых аэрационными устройствами биологической очистки и МБР-модуля друг на друга, рекомендуется тщательно соблюдать указанные рекомендуемые расстояния. Однако не следует закладывать слишком большие расстояния (существенно выше рекомендуемых), поскольку это может привести к образованию застойных зон и осаждению ила в емкости.



где  $W1$ : 380 – 680 мм,  $W2$ : 430 – 730 мм,  $W3$ : ~ 400 мм,  
 $L1$ : >500 мм (серия TMR140) or >300 мм (серия TMR090)

Рисунок 2.7. Требования по размещению МБР-модулей относительно вспомогательного аэрационного оборудования.

#### 2.4.9 Установка МБР-модулей и устройства крепления

Как правило, аэрационный блок крепко прикрепляется ко дну МБР-емкости анкерами. Для блока элементов существует два способа установки:

- а) Фиксация блока элементов к аэрационному блоку болтами,
- б) Использование системы направляющих.



Вариант крепления блока элементов к аэрационному блоку является простым и дешевым решением. Блок элементов должен быть крепко зафиксирован к блоку элементов с помощью болтов с резьбой/гаек М12, дополнительные крепления не требуются. Такое решение может быть оправдано при раздельном проектировании аэротэнка и МБР-емкости, поскольку для извлечения МБР-модулей из емкости необходимо опорожнить ее и открутить все фиксирующие блоки болты. Такой тип крепления блока элементов к аэрационному блоку не может применяться, если на месте установки невозможно организовать опорожнение МБР-емкости.

При использовании системы направляющих блок элементов может быть отсоединен от аэрационного блока без полного опорожнения МБР-емкости. Для организации системы направляющих на МБР-модулях имеются точки крепления дополнительных пластин для направляющих. Общий принцип организации системы направляющих для МБР-модуля представлен на рис. 2.8.

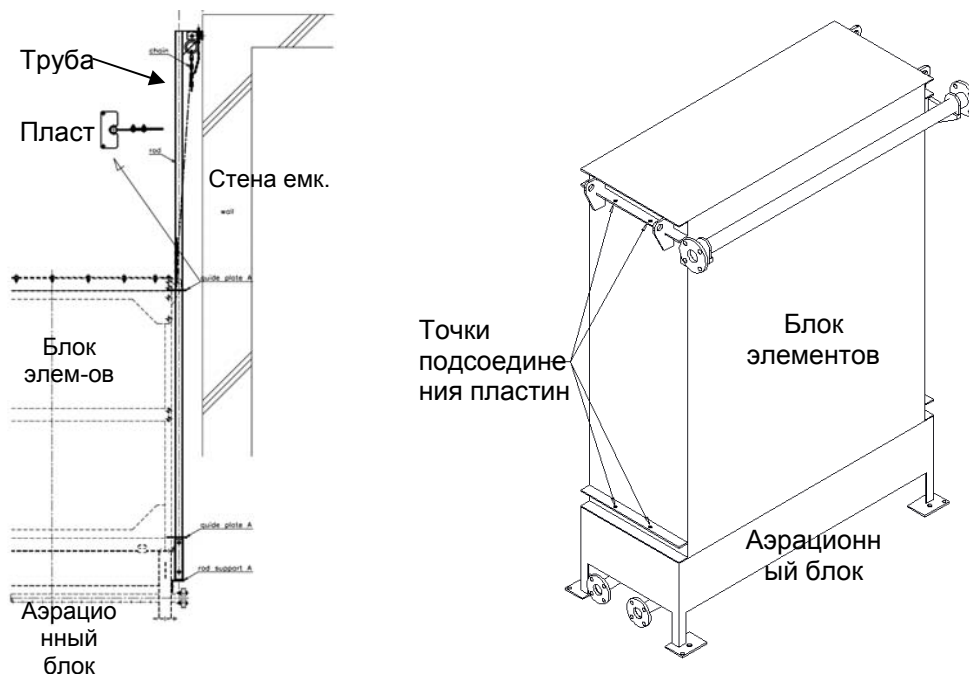


Рисунок 2.8. Система направляющих для установки МБР-модулей.

Система направляющих, пластины и устройства подъема МБР-модулей должны быть произведены и установлены подрядной организацией с учетом особых условий на месте установки. По требованию Заказчика TORAY, в качестве примера, может предоставить чертежи пластин и примеры организации системы направляющих. Крепление пластин к другим точкам, кроме специально обозначенных на МБР-модуле, запрещено. Сварочные работы, сверление и др. модификация МБР-модулей может привести к аннулированию Гарантийных обязательств TORAY.

При использовании системы направляющих блок элементов не крепится к аэрационному блоку с помощью болтов. Подробная информация по установке/выемке МБР-модулей находится в Руководстве по монтажу МБР-модулей.

## 2.5 Отбор пермеата

Ниже приведены две принципиальные схемы проведения процесса мембранной фильтрации. Процесс мембранной фильтрации может быть организован либо с всасывающим насосом, либо без применения такового – с использованием напора водного столба/гравитационных сил.

### 2.5.1 Фильтрация под действием гравитационных сил

На рис. 2.9 проиллюстрирована общая схема МБР-фильтрации с использованием гравитационных сил (сифона).

При этом перепад давления через мембрану создается путем различием уровней жидкости в емкости с МБР-модулями и в точке вывода пермеата. Для того, чтобы достичь необходимой величины давления всасывания для осуществления процесса фильтрации, точку вывода пермеата необходимо располагать значительно ниже уровня жидкости в емкости с МБР-модулями (как правило эта точка располагается на том же уровне, что и нижняя часть блока мембранных элементов).

Рекомендуется, чтобы трубопровод, соединяющий сборник пермеата и точку отвода пермеата проходил напрямую через отверстие в стене емкости. Если трубопровод проходит вдоль стенки емкости и поднимается вверх, требуется установка отдельного всасывающего насоса для обеспечения эффекта сифона. Также рекомендуется смонтировать гидрозатвор вблизи конечной точки выхода пермеата.

Расход пермеата контролируется автоматическим вентилем (регулирующий вентиль пермеата). Данный регулирующий вентиль способен полностью перекрыть линию пермеата и остановить процесс мембранной фильтрации, когда уровень жидкости в емкости с погружным мембранным модулем достигнет низшей точки регулирования (L). Когда уровень жидкости в емкости достигнет верхнего предела (H), автоматический регулирующий вентиль на линии подачи исходной воды закрывается и останавливает поток исходных сточных вод в емкость с погружным мембранным модулем.

При осуществлении процесса мембранной фильтрации с использованием напора водного столба воздух, накапливающийся в пермеате следует удалять, по крайней мере, раз в сутки, в противном случае сила всасывания может существенно сократиться, что отразится на производительности всей системы в целом. Рекомендуется предусмотреть патрубок для вывода воздуха в самой верхней точке трубопровода отвода пермеата, а перед ним следует установить автоматический нормально закрытый кран. В дальнейшем при остановке процесса фильтрации (полностью закрытый регулирующий вентиль на линии пермеата) и открытии вентиля сброса воздуха на несколько минут, можно обеспечить эффективный отвод скопившегося в пермеатотводящей линии воздуха. При организации процесса откачки пермеата по трубопроводам, восходящим по краю емкости вдоль стенки емкости (вверх), после стравливания воздуха рекомендуется заново обеспечивать эффект сифона с помощью всасывающего насоса.

Для того чтобы нивелировать колебания расхода исходных сточных вод и обеспечить стабильный процесс фильтрации, перед МБР-емкостью рекомендуется установить усреднительную емкость достаточного объема.

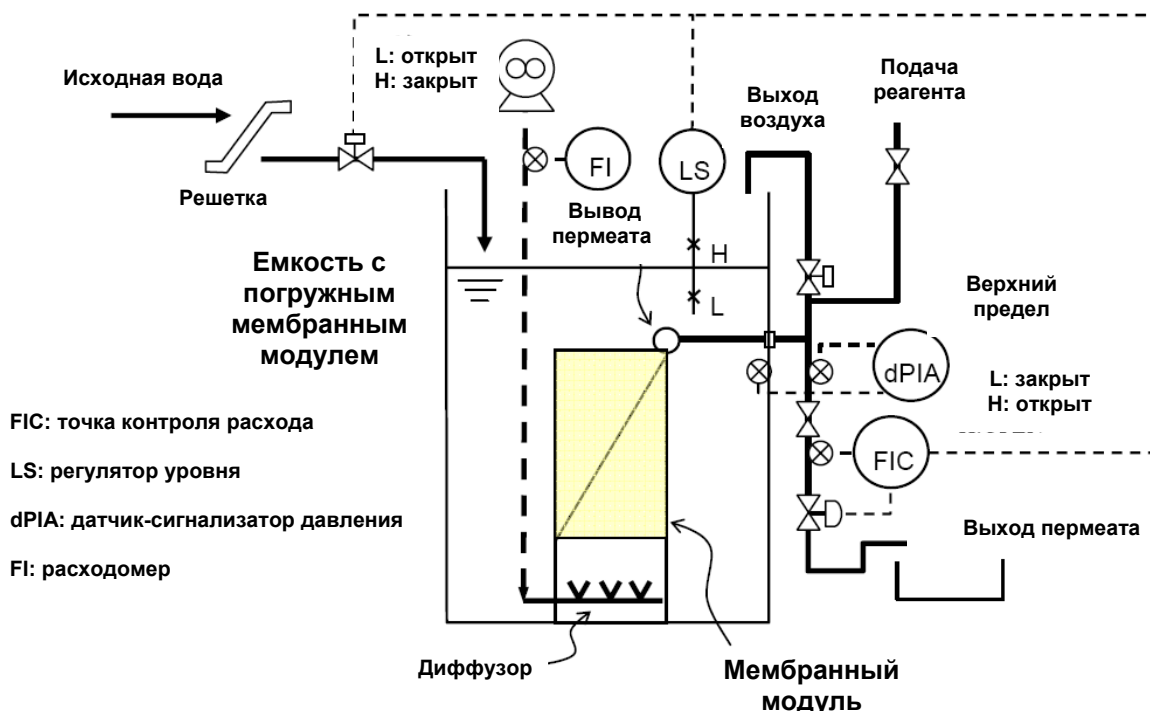


Рисунок. 2.9. Фильтрация под действием гравитационных сил.

### 2.5.2 Фильтрация с использованием всасывающего насоса

Процесс фильтрации также может быть организован с использованием всасывающего насоса (рис. 2.10).

В этом случае расход пермеата контролируется с помощью автоматического регулирующего вентиля и частотного привода всасывающего насоса. Когда уровень жидкости в емкости с мембранным модулем достигает нижней установленной точки (L), регулирующий вентиль полностью закрывается, всасывающий насос останавливается и прекращается процесс фильтрации. Когда уровень жидкости поднимается до верхней точки (H), закрывается автоматический вентиль на линии подачи исходных сточных вод и прекращается их подача в емкость.

Всасывающий насос может быть расположен как выше, так и ниже уровня воды в МБР емкости, трубопроводы отвода пермеата также могут быть расположены как выше зеркала воды и стенок МБР емкости (Рис. 2.10), так и проходить через стенку МБР емкости (Рис. 2.9). Рекомендуется использовать спиралевидный насос или насос объемного действия с опцией самовсасывания, а также тщательно контролировать расход пермеата.

В случае если всасывающий насос располагается ниже уровня воды в МБР емкости, может понадобиться патрубок отвода избыточного воздуха (см. пункт 2.4.4).

При такой схеме размещения оборудования необходимо избегать разгерметизации всасывающего трубопровода во время остановки всасывающего насоса (период релаксации). Для достижения этой цели рекомендуется установка части трубопроводов отвода пермеата выше уровня жидкости в МБР емкости.

После насоса рекомендуется установка обратного клапана, предотвращающего обратный ток пермеата и избыточное давление со стороны пермеата во время релаксации.

Перед емкостью с погружным мембранным модулем рекомендуется установить усреднительную емкость достаточного объема, для того чтобы нивелировать колебания расхода исходных сточных вод и обеспечить стабильный процесс фильтрации.

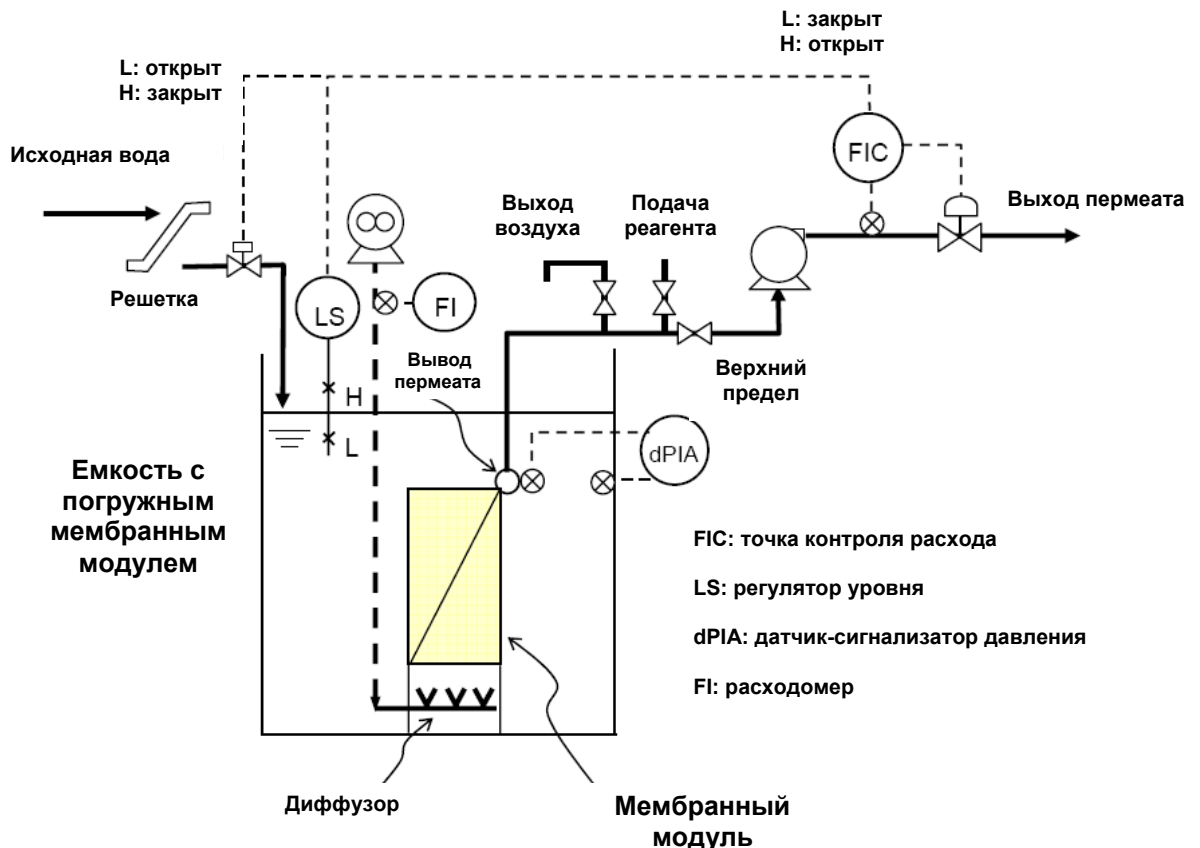


Рис. 2.10. Фильтрация с использованием всасывающего насоса.

### 2.5.3 Проектирование трубопроводов отвода пермеата

При подсоединении нескольких МБР модулей к общему трубопроводу отвода пермеата, диаметр трубопровода должен выбираться на основе того, чтобы скорость движения пермеата в трубопроводе соответствовала рекомендациям, приведенным в табл. 2.1. Желательно, чтобы скорость не превышала 1 м/с при максимальном расходе. Максимально возможно подсоединять до 24 МБР-модулей к одному общему пермеатотводящему трубопроводу, с возможностью выделения групп МБР-модулей по 8 шт для обеспечения азрации, проведения очистки диффузора и осуществления химических промывок. Запорные вентили, отсекающие каждый из МБР-модулей, могут быть также полезны при эксплуатации.

Для МБР-модулей серии 200D, для обеспечения простоты контроля трансмембранного давления и расхода пермеата, верхний и нижний блоки элементов должны соединяться с отдельными сборниками/трубопроводами отвода пермеата (рис. 2.11). В случае совместного подсоединения верхнего и нижнего блоков к одному трубопроводу отвода пермеата, его отвод будет производиться неравномерно. Это будет способствовать образованию застойных зон внутри МБР-модуля.

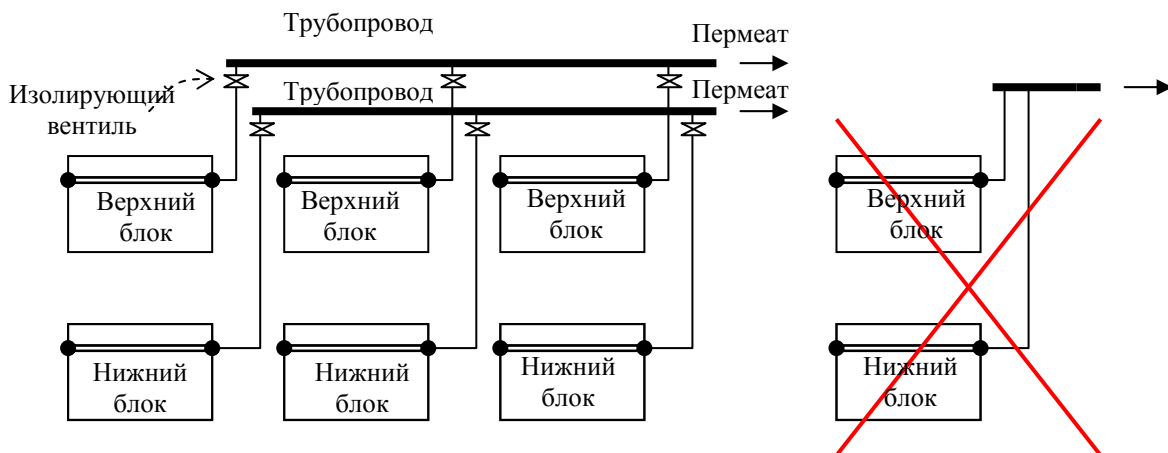


Рисунок 2.11. Соединение нескольких МБР-модулей типа 200D.

### 2.5.4 Удаление избыточного воздуха из трубопроводов

Во время эксплуатации воздух может накапливаться в верхней точке пермеатотводящей линии. Это не является показателем возникновения проблем на стадии МБР-разделения. Воздух, распределяемый азрационным устройством в основании МБР-модуля, расходуется на очистку мембран, при этом через мембрану воздух проникает лишь в том случае, когда его концентрация в МБР-емкости достигает концентрации насыщения. Механизм переноса – диффузия вследствие разницы парциальных давлений (транс-мембранное давление). Избыточный воздух следует удалять из трубопровода, поскольку он может являться причиной возникновения ошибки измерения расхода/трансмембранного давления, а также способствовать образованию воздушной пробки в пермеатотводящем трубопроводе. При отсутствии всасывающего насоса это может привести к разрыву струи при отводе пермеата.

Для сбора воздуха желательно обеспечить незначительный наклон трубопровода отвода пермеата (например, 0,5%) и установить систему отвода воздуха в верхней точке трубопровода (см. рис. 2.12). В системе, находящейся под вакуумом, можно использовать вакуумный насос, подпитку водой или другие методы удаления избыточного воздуха. Удаление воздуха (вакуумным насосом/подпиткой водой) следует проводить во время релаксации мембраны (отключен откачивающий насос пермеата).

Накопление воздуха в пермеатотводящем трубопроводе также может происходить во время длительных простоев оборудования или отключения электропитания. В этом случае избыточный воздух должен быть удален при перезапуске оборудования.

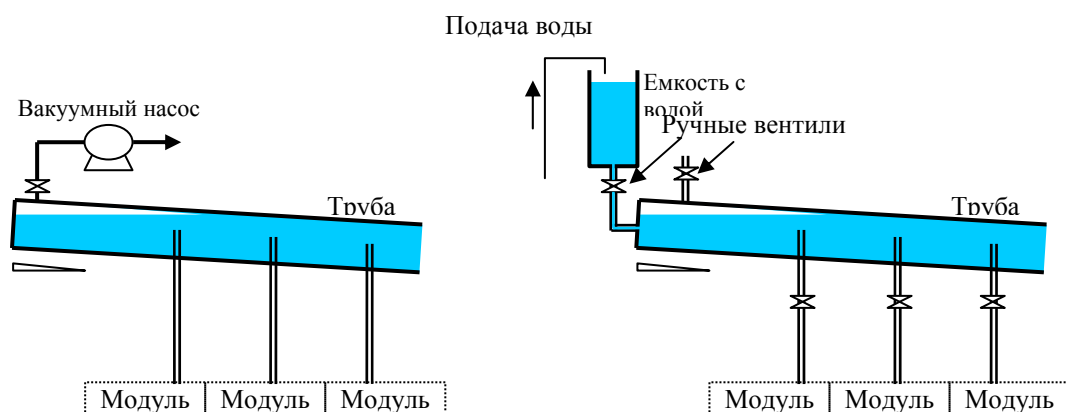


Рисунок 2.12 Пример удаления воздуха из системы

## 2.6 Подача воздуха

### 2.6.1 Требования к расходу воздуха

Непрерывная подача воздуха является важным инструментом очистки поверхности мембраны, однако слишком большой расход может вызвать серьезные повреждения мембранных элементов. Требования к расходу воздуха в зависимости от типа МБР-модуля приведены в табл. 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 Требования к подаче воздуха для МБР-модулей серии TMR140

Тип		050S	100S	200W	200D
Воздух на модуль	нл/мин/модуль	500-1000	1000-2000	2000-4000	1300-2000
	Нм <sup>3</sup> /час/модуль	30-60	60-120	120-240	78-120
Воздух на элемент	нл/мин/элемент	10-20			6.5-10

Подачу воздуха необходимо производить во время эксплуатации МБР-модулей. При остановке фильтрации (например, при отсутствии поступления сточных вод на очистные сооружения) необходимо периодически включать воздухоподогреватели и осуществлять аэрацию межмембранного пространства во избежание образования анаэробных условий в МБР-емкости и для предотвращения осаждения активного ила. Непрерывная аэрация МБР-модулей в отключенном состоянии может привести к серьезным повреждениям мембранных элементов.

Таблица 2.4 Требования к подаче воздуха для МБР-модулей серии TMR090

Тип		050S	100S
Воздух на модуль	нл/мин/модуль	500-650	1000-1300
	Нм <sup>3</sup> /час/модуль	30-39	60-78
Воздух на элемент	нл/мин/элемент	10-13	

### 2.6.2 Выбор воздуходувки

Воздуходувки и подводящие воздух трубопроводы для очистки мембран должны быть полностью независимы от аэрационной системы биологической очистки, при этом воздуходувки должны обладать достаточными характеристиками, чтобы обеспечить подачу требуемых расходов воздуха на МБР-модули. Однако, во избежание слишком большого расхода подаваемого на МБР-модули воздуха при управлении воздуходувками в систему управления должны быть введены верхние контрольные точки/значения.

Для подачи воздуха могут применяться ротационные и центробежные воздуходувки. Во избежание случайного загрязнения подаваемого воздуха и затем мембран следами масла, рекомендуется использовать безмасляные воздуходувки. В зависимости от степени загрязненности атмосферного воздуха на месте расположения установки для защиты аэрационного устройства от пыли, песка и т.п. следует применять дополнительные воздушные фильтры (особенно это касается модулей серии TMR090). Давление на выходе должно быть определено в зависимости от потерь на сопротивление. Примерные потери на сопротивление при нормальных расходах воздуха составляют 10 мбар или 1 кПа для серии TMR140 (крупнопузырчатый аэратор), и 100 мбар или 10 кПа для серии TMR090 (мелкопузырчатый аэратор). При использовании нескольких технологических линий МБР-модулей рекомендуется использовать несколько воздуходувок, в идеальном случае одна воздуходувка на одну технологическую линию.

Расход воздуха устанавливается один раз и изменяется редко, его можно контролировать преобразователем или вентилем.

### 2.6.3 Проектирование линии подачи воздуха

При проектировании одного трубопровода подачи воздуха на несколько МБР-модулей диаметр трубопровода должен выбираться таким образом, чтобы скорость воздуха в трубопроводе соответствовала рекомендуемым величинам, приведенным в табл. 2.2 (предпочтительно 7 м/сек при максимальном расходе). Для равномерного распределения воздуха в диффузоре, с каждым подающим трубопроводом можно соединять не более 10 МБР-модулей (см. пункт 2.6.5). На линии подачи воздуха к диффузору перед каждым МБР-модулем следует устанавливать изолирующий вентиль.

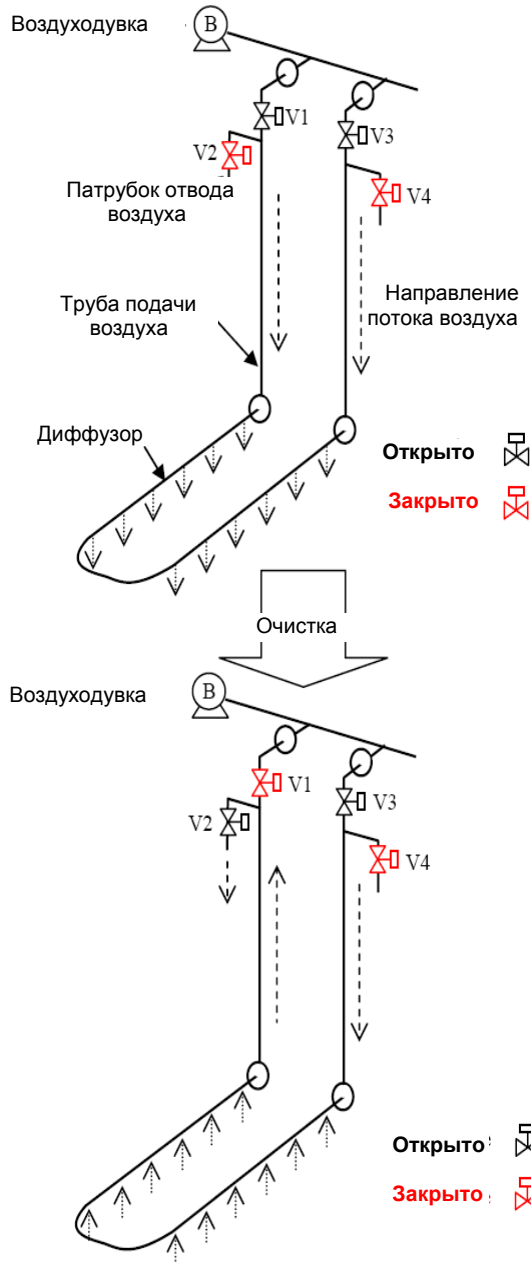
### 2.6.4 Принцип очистки диффузора для МБР-модулей серии TMR140

В процессе эксплуатации МБР-модулей серии TMR140 возможно забивание отверстий крупнопузырчатого диффузора (устройства распределения воздуха) и как следствие неравномерное распределение воздуха и забивание мембраны, в худшем случае приводящее к выходу из строя мембранных элементов. Пожалуйста, проводите очистки диффузора, по крайней мере, один раз в сутки (24 часа), чтобы предотвратить возможные проблемы в будущем.

Рекомендуется проектировать автоматическую систему очистки диффузора с использованием автоматических запорных вентилялей.

Диффузор очищается обратным током активного ила из отверстий диффузора в трубу диффузора. Всасывание активного ила происходит за счет сил всасывания, возникающих при движении воздушной струи по трубе диффузора к патрубку отвода воздуха.

Рисунок 2.13. Порядок очистки диффузора



- (i) Остановите процесс мембранной фильтрации.
- (ii) Закройте вентиль V1.
- (iii) Откройте вентиль V2. При этом активный ил будет засасываться через отверстия диффузора в трубу диффузора и затем сбрасываться вместе с воздухом.
- (iv) Вентиль V2 должен быть открыт в течение 1 минуты.
- (v) Закройте вентиль V2 и откройте вентиль V1.
- (vi) Проведите очистку другой линии диффузора по описанной выше процедуре.
- (vii) Закройте вентиль V3.
- (viii) Откройте вентиль V4. При этом активный ил будет засасываться через отверстия диффузора в трубу диффузора и затем сбрасываться вместе с воздухом.
- (ix) Вентиль V4 должен быть открыт в течение 1 минуты.
- (x) Закройте вентиль V4 и откройте вентиль V3.
- (xi) Начните процесс мембранной фильтрации.

### 2.6.5 Практические советы по организации очистки диффузора для МБР-модулей серии TMR140

При размещении нескольких МБР-модулей в технологической линии очистку диффузора можно проводить для каждого МБР-модуля согласно рекомендациям, приведенным в п.2.6.4.



Однако, возможно обеспечить очистку по существенно более удобному и простому способу, приведенному на рис. 2.14. При использовании такой схемы одновременно очищаются несколько воздушных диффузоров. Каждая точка ввода воздуха в воздушный диффузор соединяется с соответствующим трубопроводом подачи воздуха, на которых предусмотрены два автоматических вентиля на входе и на выходе. Точки выхода воздуха должны быть расположены выше уровня воды. Очистка и продувка диффузора включает следующие стадии:

- непосредственно очистка диффузора – позволяет удалить загрязнения из диффузоров, продолжительность 1 мин. с каждой стороны.
- продувка - позволяет выдуть загрязнения из трубопроводов подачи воздуха, продолжительность 30 сек.

С одним трубопроводом подачи воздуха могут соединяться не более 10 МБР-модулей.

Перед проведением очистки диффузора откачку пермеата следует остановить и возобновить после завершения очистки.

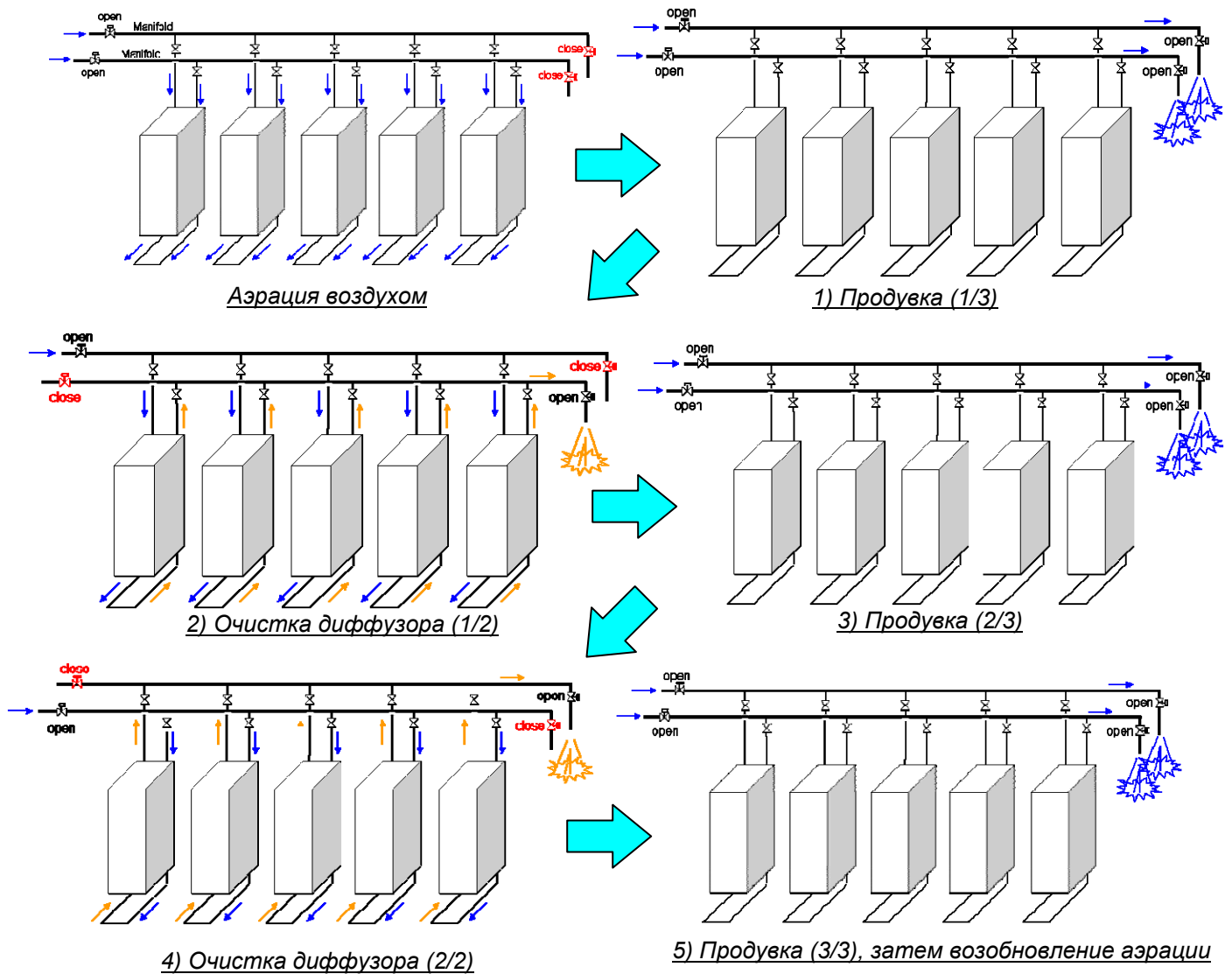


Рисунок 2.14. Очистка диффузора для систем с несколькими МБР-модулями.

## 2.6.6 Очистка азратора/диффузора для МБР-модулей серии TMR090

Средне/мелкопузырчатый азратор, установленный на МБР-модулях серии TMR090, не требует специального обслуживания или плановых работ по его очистке. Однако, если наблюдается неравномерное распределение воздуха из диффузора, необходимо следовать следующим рекомендациям:

- (i) Повторите процедуру включения/выключения воздухоудвки несколько раз или обеспечьте снижение/увеличение производительности воздухоудвки. Данное действие позволит расширить/обеспечить усадку резиновой составляющей азрирующего устройства и удалить активный ил, накопившийся на ее поверхности.

В случае, если данные рекомендации не оказали должного действия, и все еще наблюдается неравномерность распределения воздуха, следует соблюдать следующие рекомендации.

- (ii) Извлеките МБР-модуль из емкости и поместите его на ровной устойчивой поверхности. Аккуратно очистите диффузор щеткой. Для удаления загрязнений с поверхности диффузора также можно использовать мойку высокого или низкого давления. (Обычно для очистки можно использовать водопроводную воду низкого давления. Если присутствуют отложения карбонатов и др. малорастворимых соединений, следует применять мойку высокого давления). Время очистки с использованием мойки составляет от пяти до десяти секунд на каждый диффузор. В случае сильных загрязнений, оно может быть увеличено.

## 2.7 Рециркуляция иловой смеси

### 2.7.1 Принципы обеспечения рециркуляции ила

Рециркуляцию ила следует предусматривать, когда зона биологической очистки (нитри-денитрификатор) и МБР-зона располагаются в разных емкостях. При проектировании зоны биологической очистки и МБР модулей в одной емкости в целом реализуется режим идеального смешения, поэтому концентрация активного ила (доза ила) примерно постоянна по длине и ширине емкости.

Рециркуляцию следует предусматривать для достижения высокой концентрации микроорганизмов/биомассы в зоне биологической очистки (нитри-денитрификаторе). В табл. 2.5 приведены типичные концентрации в зоне биологической очистки и МБР-зоне при средних степенях рециркуляции.

Следует учитывать, что при концентрации ила/дозе ила в МБР зоне более, чем 18 г/л, TORAY снимает с себя Гарантийные обязательства на мембранные элементы и модули.

Таблица 2.5. Доза ила и степень рециркуляции

Параметр	Среднее значение	Рекомендации
Доза ила в МБР зоне	7 – 18 г/л	15 г/л
Доза ила в зоне нитрификации	5 – 12 г/л	10 г/л
Степень рециркуляции	100 – 500 % производительности сооружений	200 %

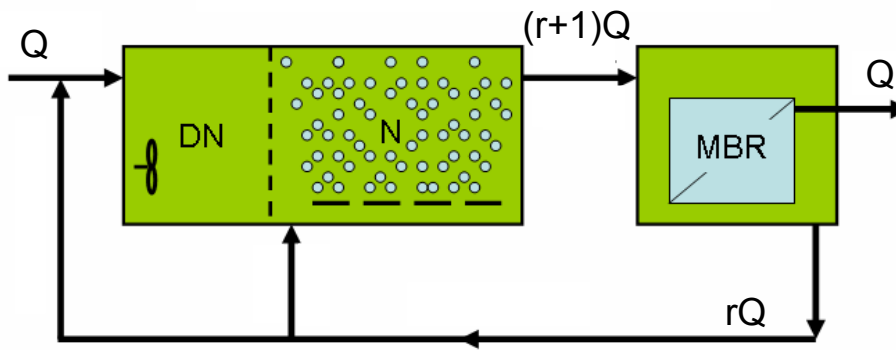


Рисунок 2.15. Общая схема рециркуляции.

Доза ила в зоне биологической очистки может быть вычислена по следующему соотношению:

$$MLSS_{bio} = \frac{MLSS_{MBR} \times r}{(1 + r)}$$

где

$MLSS_{bio}$  = Концентрация ила / Доза ила в зоне биологической очистки (г/л)

$MLSS_{MBR}$  = Концентрация ила / Доза ила в МБР зоне (г/л)

$r$  = Степень рециркуляции (-)

Из представленного соотношения видно, что чем ниже степень рециркуляции, тем больше будет различие между концентрацией ила/дозой ила в зоне биологической очистки и в МБР зоне, т.е. доза ила будет ниже в зоне биологической очистки и выше в зоне, где располагаются МБР-модули. Во избежание возникновения проблем на стадии мембранного разделения, следует избегать высоких концентраций ила/дозы ила в МБР зоне, т.е. проектная величина степени рециркуляции ила должна быть достаточной для выполнения этого требования.

С другой стороны, поскольку активный ил в рециркуляционной линии насыщен кислородом, высокая степень рециркуляции (и как следствие, высокая концентрация растворенного кислорода в активном иле) могут негативно сказываться на стадии денитрификации. Для минимизации поступления избыточного кислорода в зону денитрификации при высоких степенях рециркуляции часть потока, отводимого на рециркуляцию следует направлять в зону нитрификации. Такая диверсификация расхода общего рециркуляционного потока будет способствовать более высокой концентрации ила/доза ила в зоне нитрификации. Степень деления рециркуляционного потока, направляемого в зону нитрификации и денитрификации, следует тщательно определять и контролировать в зависимости от требований к качеству и полноте биологической очистки.

### 2.7.2 Организация рециркуляции

Рециркуляционный насос может располагаться в двух различных местах:

- на подающей линии в МБР емкость (подача ила в МБР зону насосом) или
- на линии рециркуляции (рециркуляция насосом)

Степень рециркуляции устанавливается производительностью рециркуляционного насоса.

В случае подачи иловой смеси в МБР-емкость с помощью насоса (рис. 2.16), производительность насоса должна быть больше, чем расход исходных стоков с учетом степени рециркуляции избыточного ила. В этом случае, стабильный уровень жидкости в МБР емкости можно поддерживать с помощью перелива, что не требует ни сложного аппаратурного оформления контроля уровня жидкости, ни отключения мембранных модулей из работы вследствие слишком низкого уровня воды. Во избежание проскока загрязнений в пермеат точка ввода ила в МБР-емкости должна быть расположена как можно дальше от точки вывода. Подающий трубопровод не должен подавать иловую смесь непосредственно на мембранные модули.

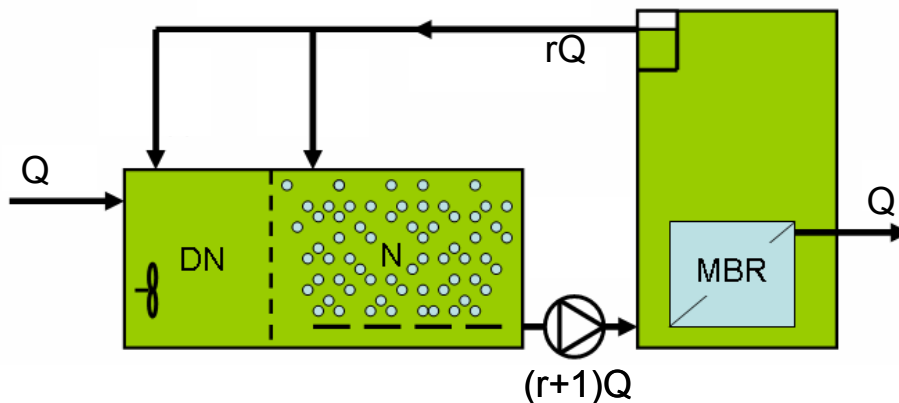


Рисунок 2.16. Подача иловой смеси в МБР емкость насосом.

Если расположение и тип емкостей на сооружениях позволяют реализовать фильтрацию путем подачи иловой смеси в МБР-емкость под действием гравитационных сил (разница уровней воды), активный ил будет подаваться через распределительное устройство путем перелива, а на линии рециркуляции следует предусмотреть циркуляционный насос (рис. 2.17). При таком типе проектирования уровень воды в МБР-емкости будет снижаться при уменьшении расхода исходных стоков, поэтому для устойчивого функционирования мембранных модулей необходим тщательный контроль уровня жидкости в МБР-емкости.

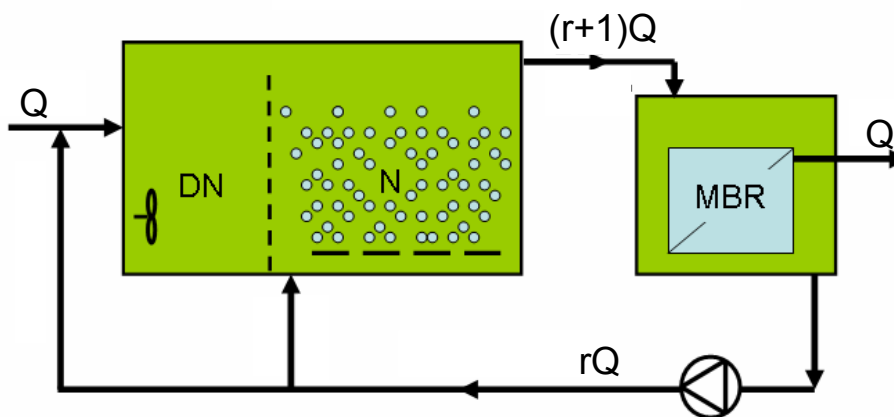


Рисунок 2.17. Рециркуляция иловой смеси с помощью насоса.

На рис. 2.18 показана также другая возможная организация рециркуляции иловой смеси. После МБР-емкости устанавливается илонакопитель, куда иловая смесь поступает путем перелива. Всасывающая линия рециркуляционного насоса связывается с илонакопителем. Данная схема предусматривает возможность эксплуатации всей системы со стабильным уровнем воды в МБР емкости и позволяет использовать рециркуляционный насос меньшей производительности.

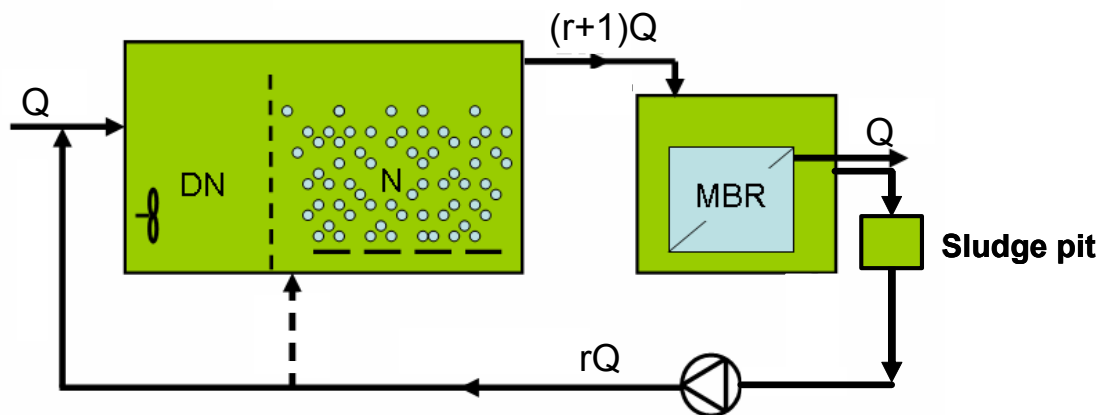


Рисунок 2.18. Рециркуляция насосом из илонакопителя.

### 2.7.3 Выбор рециркуляционного насоса

Рециркуляционный насос должен обеспечивать рециркуляцию иловой смеси с концентрацией ила/дозой ила 7-18 г/л. Рекомендуется использовать следующие типы насосов:

- Центробежные насосы для водных сред (погружного или наружного типа);
- Поршневой насос;
- Плунжерный или винтовой насос;
- Осевой насос.

## 2.8 Рекомендации по проектированию систем, обладающих высокой надежностью в эксплуатации

Выбор правильной концепции проектирования установки зависит от требований к надежности эксплуатации. Проектирование необходимо проводить исходя из размера и числа ступеней обработки, при этом желательно, чтобы имелась возможность вывести одну из ступеней из эксплуатации без ограничения производительности всей установки и при условии сохранения качества очистки.

### **Механическая предварительная очистка (рекомендации по проектированию: n+1):**

Стадию предварительной механической очистки следует проектировать с условием того, чтобы одну линию можно было вывести из эксплуатации без снижения производительности всей ступени механической очистки. В данном случае байпасирование или отвод разделяемый среды из ступени механической очистки и подача напрямую на следующие стадии очистки недопустима, поскольку может привести к неполадкам работы всей установки.

### **Биологический реактор:**

Биологический реактор следует проектировать с таким запасом, чтобы при временном выводе из эксплуатации для регламентных работ одной из емкостей биологической очистки (как правило, один раз в несколько лет), выполнялись бы требования по качеству очистки.

### **МБР модули/технологические линии:**

Проектирование стадии мембранной очистки должно осуществляться, исходя из соображений, что при остановке или выводе из эксплуатации одной технологической проектной единицы (одна емкость с МБР модулями, одна технологическая линия и т.п.) на короткий промежуток времени (максимально 1 неделя), оставшиеся мембранные модули смогли бы обеспечить заданную производительность установки. Плановая остановка модуля/технологической линии в МБР установке требуется по меньшей мере 1 раз в 6 месяцев для проведения химической промывки.

TORAY рекомендует соблюдать следующие основные рекомендации при проектировании:

- **Небольшие МБР системы с одной технологической линией:** рекомендуется проектировать с одним дополнительным МБР модулем, чтобы в случае необходимости его можно было бы вывести из эксплуатации/отключить на какое-то время без снижения производительности всей установки. Требуется установка ручных вентилях, для отключения линий отвода пермеата и подачи воздуха. 80% установленных МБР модулей должны обеспечивать нормальный режим эксплуатации установки.
- **Средние МБР системы с несколькими технологическими линиями:** Для МБР-систем средней производительности проектирование и установка дополнительной технологической емкости/линии не является экономически эффективным решением. Такие установки должны обеспечивать суточную производительность (при пиковых суточных расходах) при условии отключения одной технологической линии. Проектирование технологических линий должно осуществляться таким образом, чтобы в случае необходимости возможно было отключить один МБР модуль из технологической линии. Требуется установка ручных вентилях, для отключения линий отвода пермеата и подачи воздуха. 80% установленных МБР модулей должны обеспечивать нормальный режим эксплуатации установки.
- **Большие МБР системы с несколькими технологическими линиями:** Такие МБР-системы следует всегда проектировать с одной резервной технологической линией.

### **Насосная станция:**

Насосную станцию следует всегда проектировать с условием одного резервного насоса, способного обеспечить заданную производительность. Один или несколько насосов такого же типа, как используются в установке, следует держать на складе в месте эксплуатации установки на случай быстрой замены в случае выхода из эксплуатации рабочего насоса.

### **Воздуходувка:**

Аэрация иловой смеси необходима для стабильной работы системы биологической очистки и стадии МБР-фильтрации. Возможны следующие варианты проектирования воздуходувки:

- Одна работающая воздуходувка на технологическую линию МБР-модулей/одна воздуходувка в резерве (для всех технологических линий): Следует периодически переключать воздуходувки, находящиеся в работе/резерве. Производительность воздуходувок должна быть достаточной, чтобы обеспечить рекомендуемые расходы воздуха для каждой технологической линии МБР-модулей.
- Группа воздуходувок, работающая на все технологические линии МБР модулей, включая одну воздуходувку, находящуюся в резерве. Воздух подается на каждую технологическую линию МБР-модулей. Его расход контролируется расходомером и контрольными вентилями, устанавливаемыми на каждую технологическую линию МБР-модулей. Воздуходувки должны быть укомплектованы частотным регулятором, для того, чтобы иметь возможность снижать расход подаваемого воздуха во время плановых работ с МБР-модулями или технологическими линиями МБР модулей. Резервную воздуходувку следует периодически включать в работу.
- Общее воздухоподающее устройство/воздуходувка для аэрации иловой смеси в биореактора и для подачи воздуха на МБР модули: Расход подаваемого воздуха на стадию биологической очистки и МБР-модули следует постоянно контролировать расходомерами и контрольными вентилями на соответствующих трубопроводах. Расход воздуха, подаваемого на МБР-модули будет изменяться (увеличиваться или уменьшаться) в зависимости от расхода воздуха, подаваемого на стадию биологической очистки. Воздуходувки должны быть укомплектованы частотным регулятором, для того, чтобы иметь возможность снижать расход подаваемого воздуха во время плановых работ с МБР-модулями или технологическими линиями МБР модулей. Резервную воздуходувку следует периодически включать в работу.

## 2.9 Вентили и краны для МБР системы

Перечень вентиля и кранов, требуемых для устойчивой эксплуатации МБР системы, приведен ниже. В зависимости от концепции управления и эксплуатации всей установки могут понадобиться дополнительные вентили и краны.

Таблица 2.6. Вентили/краны для МБР-системы

<u>Наименование</u>	<u>Предусмотрен для:</u>	<u>Расположен на:</u>	<u>Назначение</u>	<u>Рекомендуемый тип</u>
Вентиль линии подачи ила	МБР емкость	Входном трубопроводе	Отключение подачи иловой смеси	Задвижка/Поворотная заслонка, Ручной контроль
Вентиль контроля пермеата	Каждая технологическая линия	Трубопроводе отвода пермеата	Контроль расхода пермеата в случае отсутствия частотного регулирования всасывающего насоса	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Автоматический контроль
Контрольный вентиль линии пермеата	Каждая технологическая линия	Трубопроводе отвода пермеата, после всасывающего насоса	Предотвращение обратного тока пермеата к мембранному модулю	-

Воздуховыпускной клапан/вентиль на линии пермеата	Каждая технологическая линия	Трубопроводе отвода пермеата, с противоположной стороны от всасывающего насоса (линия всасывания)	Выпуск воздуха из пермеатотводящей линии	Шаровой кран/задвижка, Автоматический контроль
Запорный вентиль МБР-модуля	МБР-модуль (опция)	Пермеатотводящий трубопровод каждого МБР-модуля	Ручное отключение единичного МБР-модуля при необходимости	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Ручной контроль
Вентиль контроля подачи воздуха при продувке	Каждая технологическая линия	Трубопровод подачи воздуха	Control of scouring air flow	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Автоматический контроль
Входной вентиль подачи воздуха при продувке	2/каждая технологическая линия	На входе в 2 трубопровода, предназначенных для продувки диффузора	Изолирование входной линии воздуха при прочистке диффузора	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Автоматический контроль
Выпускной вентиль отвода воздуха при продувке диффузора	2/ каждая технологическая линия	На выходе из 2х выпускных трубопроводов, предназначенных для продувки диффузора	Сброс воздуха при продувке диффузора	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Автоматический контроль
Запорный вентиль на линии подачи воздуха в МБР-модуль	МБР-модуль (опция)	Трубопроводы подачи воздуха	Ручное отключение подачи воздуха в единичный МБР-модуль	Шаровой кран/задвижка/Поворотная заслонка, Ручной контроль
Вентиль на линии подачи химического реагента	Каждая технологическая линия	Трубопровод подачи химического раствора или пермеатотводящая линия	Отключение подачи раствора химического реагента	Шаровой кран/задвижка, Автоматический или ручной контроль

Могут применяться автоматические вентили как с автоматическим, так и пневматическим управлением. При пневматическом управлении на крупных очистных сооружениях может применяться автономная компрессорная станция подачи и управления сжатым воздухом. В этом случае производительность такой компрессорной станции будет зависеть от числа вентилях/кранов, их размера и частоты регулирования открывания/закрытия.

Компрессорная станция является важным инструментом обеспечения устойчивой работы всех очистных сооружений, поэтому всегда следует проектировать резервные компрессоры. Компрессоры могут либо располагаться в отдельно стоящем здании/цехе, либо быть привязаны к конкретной емкости. Сжатый воздух может храниться в емкостных сооружениях, оборудованных датчиком давления, дроссельным и автоматическим сбросным вентилем.

Компрессорная станция должна быть укомплектована осушителем охлажденного воздуха на выходе из компрессора. Осушитель должен быть укомплектован фильтрами очистки от нефтепродуктов и мелких взвешенных частиц.



## 2.10 Контрольно-измерительная аппаратура для МБР-системы

### 2.10.1 Минимальные требования к контрольно-измерительной аппаратуре и точкам контроля

Точки измерения/контроля для МБР-системы приведены в таблице.

Таблица 2.7. Точки измерения/контроля МБР-системы

<b>Наименование</b>	<b>Предусмотрен для:</b>	<b>Расположен на:</b>	<b>Назначение</b>	<b>Рекомендуемый тип</b>
Расход на линии подачи воздуха	Каждая технологическая линия	Трубопроводе подачи воздуха к каждой технологической линии	Контроль расхода воздуха	Онлайн термический массовый расходомер
Давление подачи воздуха	Воздуходувка	Нагнетательный трубопровод	Мониторинг степени загрязнения системы аэрации	Датчик давления
Расход пермеата	Каждая технологическая линия	Пермеатотводящий коллектор	Контроль расхода и удельного расхода пермеата	Онлайн электромагнитный расходомер
Расход избыточного/отводимого ила	Каждая технологическая линия	Трубопровод отвода избыточного ила	Контроль расхода избыточного/отводимого ила и дозы/концентрации ила в МБР-емкости	Онлайн электромагнитный расходомер
Избыточный ил	Все очистные	Трубопровод отвода избыточного ила	Контроль отвода избыточного ила	Онлайн электромагнитный расходомер, датчик взвешенных веществ
Перепад давления через мембрану (транс-мембранное давление)	Каждая технологическая линия	В МБР-емкости+в пермеатотводящем трубопроводе	Контроль перепада давления через мембрану	Онлайн датчик измерения дифференциального давления
Уровень воды	Емкости	Биологическая емкость и МБР емкость	Поддержание уровней жидкости в емкостях	Датчик уровня
Температура иловой смеси	МБР емкость	МБР емкость	Мониторинг температуры	Онлайн анализ
Растворенный кислород, рН, Концентрация ила (доза ила)	Каждая технологическая линия	Емкость биологической очистки (линия рециркуляции ила)	Контроль каждого из параметров	Анализ в линии (онлайн) или лабораторные данные
Качество исходной сточной воды и пермеата <i>БПК, ХПК, Мутность, Нобц, Робщ, Общие взвешенные вещества</i>	Вход и выход сооружений	Входной/выходной патрубков на сооружения	Мониторинг качества исходных стоков и пермеата	Анализ в линии (онлайн) или лабораторные данные
Вязкость и оседаемость ила	МБР емкость	МБР емкость	Мониторинг вязкости ила и оседаемости	Лаборатория/тест на месте

Требуемые точки измерения и контроля, а также их тип зависят от области применения, особенностей проектирования и должны соответствовать общей схеме управления очистных сооружений. Все измерения должны проводиться в соответствии с рекомендациями производителей оборудования.

### *2.10.2 Рекомендации по измерению*

#### **Расход воздуха**

Контроль расхода воздуха, подаваемого на аэрацию МБР-модулей, необходим во избежание повреждения мембранных элементов избыточно подаваемым воздухом. Расход воздуха можно измерять с помощью нескольких вариантов измерения:

- Термическое измерение массового расхода,
- Измерение давления,
- Массовый расход Кориолиса.

Избыточная подача воздуха может происходить в случае, если группа воздуходувок подает воздух на несколько технологических линий с МБР-модулями и при этом число технологических линий с МБР-модулями, находящимися в режиме эксплуатации, меняется. В этом случае для поддержания рекомендуемых TORAY расходов воздуха следует регулировать объем подаваемого воздуха. Также для защиты мембран от избыточного воздуха не следует соединять воздухоподающие трубопроводы, подающие воздух на МБР-модули, с другими воздухоподающими линиями (например, подача воздуха для аэрации зоны биологической очистки).

#### **Давление воздуха**

Данные мониторинга давления воздуха, выходящего из воздуходувок, могут использоваться как показатель загрязнения воздухораспределительных устройств/диффузора МБР-модуля. Датчики, позволяющие проводить замеры, как правило, поставляются производителем воздуходувок/компрессоров.

#### **Расход пермеата/возвратного ила/избыточного ила**

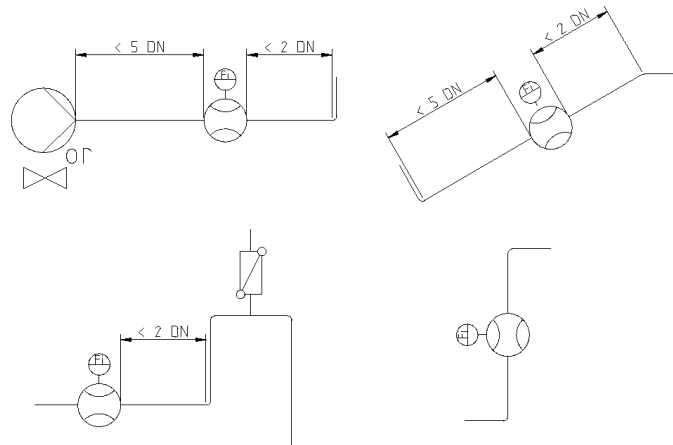
Расход жидкой фазы следует измерять и контролировать в следующих точках:

- Вывод пермеата,
- Возвратный ил,
- Ввод сточных вод,
- Вход в МБР-емкость,
- Избыточный ил.

TORAY настоятельно рекомендует измерять и контролировать расходы пермеата и возвратного ила непрерывно!

Для этих целей рекомендуется использовать электромагнитный расходомер, обладающий универсальными характеристиками и высокой точностью. Обычно в соответствии с рекомендациями производителей расходомер следует устанавливать на расстоянии не более  $>5D$ , но не менее чем  $>2D$  перед насосами, вентилями, углами и тройниками и т.д. Трубопроводы во время измерения должны быть наполнены водой. Насосы и контрольные вентили следует устанавливать перед расходомерами.

На следующей схеме приведены правильные примеры установки расходомеров относительно вспомогательного оборудования и трубопроводов.



### **Перепад давления через мембрану/транс-мембранное давление**

Разница давлений между МБР-емкостью и в трубопроводе отвода пермеата является важным параметром, который необходимо постоянно контролировать для определения проницаемости мембраны. Трансмембранное давление можно рассчитать, производя замер в одной точке – пермеатотводящем трубопроводе. Эта величина будет являться разницей между «статическим давлением» (значение давления во время релаксации) и «динамическим давлением» (значение давления во время фильтрации). В этом случае любые посторонние помехи, которые могут оказывать влияние на статическое давление должны быть устранены (например, обратное давление со стороны пермеата после всасывающего насоса).

Трансмембранное давление в МБР емкости и сборнике/трубопроводе отвода пермеата также можно измерить для каждой технологической линии МБР-модулей, точкой измерения является выходной трубопровод из последнего МБР-модуля в технологической линии. В этом случае следует использовать два датчика давления, расположенных на одной геометрической высоте, возможное различие геометрических высот должно быть учтено при расчета транс-мембранного давления.

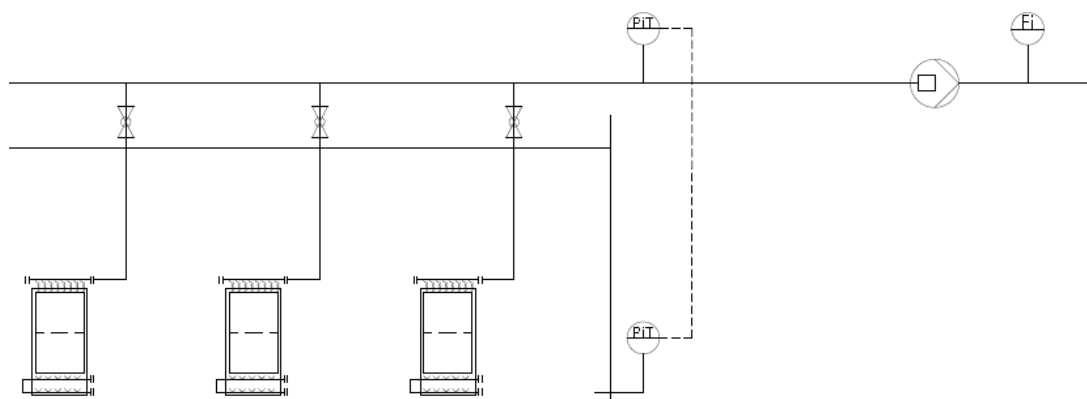


Рисунок 2.19 Точки измерения перепада давления через мембрану

### **Уровень воды**

Датчик уровня следует использовать для достижения 2-х целей:

- Контроль уровня в емкости (Остановка отвода пермеата при слишком низком уровне воды в емкости/прекращение подачи иловой смеси в МБР-емкость при слишком высоком уровне жидкости)
- Контроль производительности при организации фильтрации без всасывающего насоса (высота водного столба, удельный расход воды через мембраны и число МБР-модулей в эксплуатации)

Для этих целей применяют датчики уровня с требуемым числом точек переключения и контроля. Минимальные требования – 4 точки (Низкий/Низкий/Высокий/Высокий Высокий). Измерение уровня следует проводить даже при образовании пены на поверхности воды. В этом случае рекомендуется использовать датчики, определяющие давление или поплавковые выключатели с защитой от пены.

### **Температура иловой смеси**

Температура жидкой фазы является важным параметром при эксплуатации мембран. Это связано с существенным изменением вязкости иловой смеси, и следовательно, удельного потока через мембрану в зависимости от температуры. Температура жидкой фазы должна находиться в рекомендованных TORAY пределах.

### **Растворенный кислород, рН, концентрация/доза ила**

Концентрацию растворенного кислорода следует измерять в зоне/емкости биологической очистки как показатель нормального функционирования активного ила в зоне нитрификации. Концентрация растворенного кислорода в биологической зоне должна быть выше 1 мг/л и повышаться в МБР-емкости вследствие использования средне/крупнопузырчатых аэрирующих устройств в МБР-модулях. Высокая концентрация растворенного кислорода может негативно сказываться на процессе денитрификации. При слишком высокой концентрации растворенного кислорода в активном иле, подаваемом на рециркуляцию, его большая часть должна подаваться непосредственно в зону нитрификации (см. пункт 2.6 про рециркуляцию ила).

рН также является важным параметром, позволяющим оценить биологическую активность ила, и поэтому его следует измерять на входе в биологическую емкость, для определения режима работы стадии биологической очистки.

Измерение концентрации ила/дозы ила необходимо:

- в МБР-емкости для контроля вязкости иловой смеси,
- в емкости биологической очистки для контроля объема биомассы в системе.

Как в МБР-емкости, так и в биологической емкости реализуются режимы идеального смешения, поэтому единичного измерения на каждую емкость будет достаточно для корректного определения дозы ила.

### **Анализ качества воды**

Число и периодичность контроля качества воды зависит от колебаний состава исходных сточных вод и требований к качеству очищенной воды.

Для мониторинга и контроля качества исходной воды и пермеата TORAY рекомендует проводить следующий минимальный набор измерений качества исходной воды и активного ила в биологической емкости и пермеата:

- БПК / ХПК
- Взвешенные вещества (TSS)

- Азот (Общий азот / Норманический- /  $\text{NH}_4^-$  /  $\text{NO}_3^-$ )
- Общий фосфор
- Мутность (точка выпуска)

В зависимости от колебаний качества исходной воды, данные измерения следует проводить:

- Через 2 часа при смешении образцов,
- Через 12 часа при смешении образцов,
- Через 24 часа при смешении образцов.

Измерение мутности следует проводить в онлайн режиме после каждого сборника пермеата или в точке выхода пермеата из каждой технологической линии МБР-модулей. Если установлено только одно устройство определения мутности, измерения следует проводить отдельно для каждой технологической линии МБР-модулей. Это позволяет оценить целостность мембран в МБР-модулях каждой технологической линии.

### 3. Очистка и регенерация мембран

#### 3.1 *Различные способы очистки мембран*

Промывка и очистка мембран используется для удаления загрязнений, осевших/сорбировавшихся на поверхности, в порах мембраны и накопившихся между мембранными элементами. Основной целью очистки мембраны является максимально возможное восстановление первоначальных характеристик мембраны (прежде всего, проницаемости) и продление времени эффективной эксплуатации мембран. Для очистки мембран используют физическую очистку и химическую промывку.

##### **Физическая очистка**

Физическая очистка мембран не требует дополнительного применения химических реагентов. Она проводится одновременно с аэрацией межмембранного пространства. Очистка мембраны достигается путем продолжительного воздействия пузырьков воздуха и периодическим отключением насоса, откачивающего пермеат. При этом загрязнения, накопленные между мембранными элементами, также могут удаляться с помощью усиленной физической очистки/промывки.

##### **Стандартная химическая промывка**

Стандартная химическая промывка или промывка на месте (CIP) проводится без извлечения мембранных модулей из МБР-емкости в определенные заранее промежутки времени или по сигналу датчика измерения трансмембранного давления (TMP). Своевременная превентивная химическая промывка позволяет сохранять проницаемость мембран на высоком уровне и проводить превентивную санитарную обработку трубопроводов.

Характерные черты стандартной химической промывки:

- Частота проведения промывки максимально один раз в месяц;
- Проводится без извлечения мембранных модулей из МБР-емкости;
- Требуется кратковременный контакт с реагентом (1-3 часа) и высокая концентрация применяемых химических реагентов.

##### **Интенсивная химическая промывка**

Интенсивная химическая промывка используется для восстановления проницаемости мембран до первоначальных или близких к ним значений после серьезных непредвиденных ситуаций на месте эксплуатации. Тип применяемых химических очищающих реагентов определяется видом специфических загрязнений и интенсивностью отложений на мембране.

Характерные черты интенсивной химической промывки:

- Проводится по необходимости, после непредвиденных ситуаций;
- Проводится с извлечением мембранных модулей из МБР-емкости;
- Требуемое время контакта с реагентом 4-6 часов, низкая концентрация применяемых химических реагентов.

## 3.2 Химические реагенты

### 3.2.1 Вещества, загрязняющие мембраны

Тип химических очищающих реагентов, применяемых на конкретных сооружениях с технологией МБР, зависит от природы загрязнений мембраны и ограничений по применению того или иного агрессивного реагента (например, хлора). К ограничениям по применению химических реагентов на месте установки можно отнести требования местных нормативных документов или предпочтения эксплуатирующей организации. Вещества, определяемые в качестве загрязнителей мембран в системах очистки сточных вод, являются, как правило, смесью различных компонентов, основными компонентами которых являются:

- Биопленка: бактерии или природные вещества (протеины, углеводы)
- Органические загрязнения: масла, жиры, углеводороды, органические коллоиды
- Неорганические осадки:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$
- Оксиды металлов: железо, алюминий, марганец
- Неорганические коллоиды: илистые отложения
- Кремний

Загрязнение поверхности и пор мембраны приводит к существенному снижению проницаемости мембран. Существует ряд факторов, применяемых при проектировании и эксплуатации системы, которые могут успешно применяться для контроля образования загрязнений:

- Предварительная подготовка (механическая решетка/фильтр, первичное отстаивание, предварительное окисление (для промышленных стоков);
- Технологические параметры процесса (удельный расход, отношение F/M (корм для микроорганизмов), возраст ила, ...);
- Регламент физической и химической очистки (периоды релаксации, интервалы между химическими промывками);
- Гидравлические параметры (размеры емкости, тип и расположение МБР-модулей, размеры линии подачи воздуха).

### 3.2.2 Химические реагенты, применяемые при очистке сточных вод

Стандартные химические реагенты, рекомендуемые для проведения очистки МБР-модулей:

- Гипохлорит натрия ( $\text{NaOCl}$ );
- Лимонная кислота;
- Щавелевая кислота.

#### **Гипохлорит натрия**

Гипохлорит натрия является сильным окислителем, обладает бактерицидным свойством. Он очень эффективен в отношении большинства микроорганизмов и поэтому используется для окисления и контроля уровня биологических и органических загрязнений на поверхности и в порах мембраны. Гипохлорит натрия воздействует и повреждает стенки клеток и подавляет энзимную клеточную активность.

Вследствие своей высокой эффективности и дешевизны NaOCl является одним из наиболее часто применяемых на практике химических реагентов. Однако, в некоторых странах (например, ряд стран ЕС) использование гипохлорита натрия ограничено вследствие возможности образования опасных побочных продуктов окисления (хлорорганические соединения). В таких случаях можно использовать альтернативные хлорсодержащие реагенты (рекомендации могут быть получены у специалистов TORAY).

### **Кислотные реагенты**

Кислотные реагенты в основном применяются для контроля образования неорганических загрязнений/осадков (в основном кальция, бария, магния) и оксидов металлов (железа и алюминия). Их применение наиболее эффективно при низких значениях pH. Наиболее распространенным кислотным реагентом является лимонная кислота.

**Лимонная кислота** является слабой органической кислотой. Растворы кислоты имеют слабокислотную реакцию. Она наиболее часто применяется для удаления и контроля образования малорастворимых осадков на поверхности мембраны. Лимонная кислота является хорошим комплексообразователем для ряда ионов металлов. Ее основные преимущества: дешевизна, доступность, низкий удельный расход, биоразложимость.

**Щавелевая кислота** является относительно сильной органической кислотой. Ее соли, - оксалаты, в основном малорастворимы в воде, но прекрасно связываются с большинством ионов металлов. Щавелевая кислота - более дорогой реагент, чем лимонная кислота. В высоких концентрациях щавелевая кислота и ее соли опасны для человека и животных.



### **3.3 Принципы обеспечения очистки мембран**

Стратегия очистки мембран включает в себя последовательность стадий и методик обработки мембраны с использованием различных очищающих агентов и имеющая целью максимально полно удалить загрязнения. Условия применения того или иного химического реагента могут существенно повысить эффективность его применения. Химические реагенты для проведения химической промывки и условия их применения выбираются на основе анализа состава загрязнений на мембране.

#### **3.3.1 Последовательность проведения промывки**

Основные органические и биозагрязнения могут удаляться с использованием раствора NaOCl, нерастворимые осадки – кислотной промывкой лимонной или щавелевой кислотой. Поскольку преобладающими загрязнениями на мембране являются (био)органические отложения, обычно, сначала проводят промывку раствором гипохлорита натрия, затем кислотными реагентами. При сильных загрязнениях мембраны можно последовательно и многократно повторять циклы химических помывок.

Если основными отложениями на мембране являются малорастворимые неорганические осадки, то кислотная промывка должна предшествовать промывке с использованием раствора NaOCl.

#### **Важное замечание по безопасности:**

При использовании растворов химических реагентов необходимо предотвращать смешение раствора NaOCl и кислот, поскольку это может вызвать образование токсичного газа, хлора.

#### **3.3.2 Условия промывки**

На эффективность химической промывки оказывают влияние тип химического реагента, концентрация и температура раствора, время контакта и т.п. Повышенные концентрации раствора, температура до 35 °С и длительное время контакта с мембраной увеличивают эффективность промывки. На практике следует определить оптимальные сочетания концентрации и температуры раствора, времени контакта и эффективности очистки мембраны. Оптимальная последовательность применения химических реагентов, концентрации их растворов и температура могут быть определены путем анализа загрязнений мембраны на месте или по данным лабораторных/пилотных испытаний.

### **3.4 Физическая очистка**

Физическая очистка используется для минимизации образования отложений на поверхности мембраны и в межмембранных каналах. Она осуществляется воздухом, непрерывно подаваемым из основания МБР-модуля. Пузырьки воздуха способствуют снижению поляризационных явлений вблизи поверхности мембраны и в пограничном слое, препятствуя тем самым отложениям осадков и загрязнений на мембране. Если мембраны эксплуатируются в правильных гидравлических условиях, дополнительных мер по обеспечению физической очистки мембран не потребуется. Условиями успешной физической очистки мембран являются:

- Устойчивая непрерывная / с промежутками аэрация межмембранного пространства;
- Концентрация ила/доза ила и удельные потоки через мембрану не превышают рекомендованные значения (см. пункт 1.4)
- На сооружениях очистки сточных вод применяются эффективные механические фильтра/решетки (см. пункт 2.2).

В случае накопления загрязнений на мембране и в межмембранных каналах в редких случаях может потребоваться более тщательная физическая очистка мембран.

#### **Интенсивная физическая очистка (после непредвиденных ситуаций)**

В некоторых случаях при серьезных загрязнениях мембран в МБР-модулях может потребоваться интенсивная химическая промывка.

На первом этапе МБР-модуль извлекают из МБР-емкости и промывают в ручном режиме. Для этого можно использовать шланг с чистой/водопроводной водой или мойку высокого давления (следует аккуратно применять мойку, поскольку она может повредить мембраны). Для очистки мембран требуется большой расход воды, подаваемой с низкой скоростью. Во избежание повреждения мембран, следует избегать шлангов высокого давления. При размещении МБР-модуля на ровной поверхности для проведения промывки водой следует предусмотреть дренажный материал, который будет отводить удаляемые загрязнения. Такую интенсивную физическую промывку мембран рекомендуется также проводить перед интенсивной химической помывкой, проводимой в отдельной емкости.

В худшем случае, при серьезных загрязнениях мембраны может понадобиться разобрать МБР-модуль и осуществить извлечение мембранных элементов из МБР-модуля. Если такая необходимость возникнет в течение гарантийного периода, такая процедура должна проводиться в присутствии специалистов TORAY. При разборе МБР-модулей нужно убедиться в наличии достаточного количества сменных пермеатотводящих трубок на месте установки.

### **3.5 Стандартная химическая промывка**

Стандартная химическая помывка мембранных элементов является ключевым инструментом борьбы с химическим и биохимическим загрязнением мембран и пермеатотводящих трубопроводов. Стандартная химическая промывка должна проводиться, когда трансмембранное давление увеличилось до 50 мбар от исходного значения (при одинаковом расходе пермеата) или в случае, если в пермеате обнаружено повышенное содержание микроорганизмов (например, E.Coli).

С точки зрения эффективности превентивной химической промывки более целесообразно применять низкоконцентрированные растворы химических реагентов в более короткие промежутки времени, чем высококонцентрированные через продолжительные промежутки.

#### **3.5.1 Особенности стандартной химической промывки**

Тип химического реагента для помывки и частота ее проведения определяется видом и степенью загрязнения мембраны. Наиболее часто мембраны, используемые в МБР-технологии, загрязняются органическими и биоорганическими веществами. В зависимости от качества исходных вод и

вида добавляемых реагентов при их обработке (соли алюминия и железа для удаления железа) мембраны могут быть загрязнены неорганическими веществами. Стандартные условия применения реагентов приведены в пункте 3.5.3, превентивная химическая промывка мембран должна проводиться с использованием низкоконцентрированных растворов.

- Стандартную химическую промывку проводят раствором NaOCl с концентрацией 1000-2000 мг/л.
- Стандартную кислотную химическую промывку проводят лимонной кислотой с концентрацией 2 г/л при pH 2.
- Основные узлы подготовки и подачи химического раствора следует автоматизировать.
- Стандартную химическую промывку проводят при низких расхода исходных сточных вод (например, ночью).
- Оптимизацию типа химического реагента, концентрации раствора и времени контакта проводят в зависимости от состояния мембран и микробиологических характеристик пермеата.

### 3.5.2 Проектирование оборудования для химической промывки

Химическую промывку мембранных элементов следует проводить, когда перепад давления через мембрану (трансмембранное давление) увеличивается до 50 мбар (максимальная величина 100 мбар). Увеличение трансмембранного давления свидетельствует о блокировании пор мембраны или ее поверхности посторонними загрязнениями. Избыточное давление со стороны пермеата более 100 мбар может вызвать серьезные повреждения мембранных элементов.

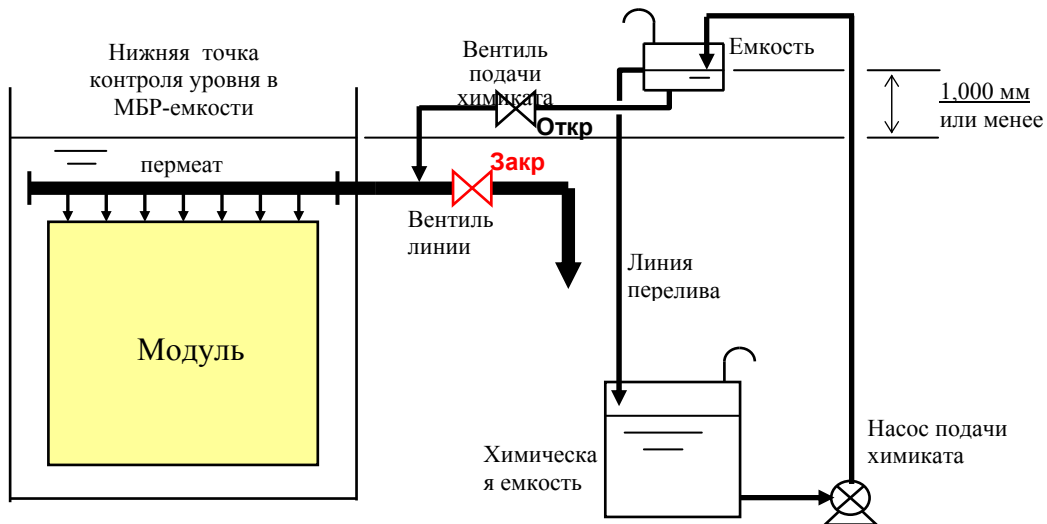


Рисунок 3.1. Расположение оборудования для химической промывки.

Для осуществления химической промывки мембранных элементов рекомендуется устанавливать две химические емкости. При этом одна емкость находится на уровне МБР-емкости и используется для приготовления химического очищающего раствора, а другая располагается таким образом, чтобы подача раствора осуществлялась под избыточным давлением со стороны пермеата не выше 100 мбар (1 м водного столба). Объем первой емкости должен быть больше или равен объему, необходимому для

проведения химической промывки МБР-модулей одной технологической линии или одного МБР-модуля (зависит от организации процесса). Расход насоса, подающего химический очищающий раствор из нижней в верхнюю емкость, можно определить из соотношения:

$$Q_c = 2 \times (\text{Расход химического реагента}) / (\text{Время подачи химического раствора})$$

Нет необходимости проектировать емкость большого объема в верхней части системы химической промывки, поскольку ее объем должен быть достаточным для обеспечения перелива заранее определенного объема химического реагента и его подачу в контур помывки.

### 3.5.3 Приготовление моющего раствора химического реагента и порядок проведения химической промывки

Концентрации и требуемые количества растворов химических реагентов приведены в табл. 3.1. Для разбавления исходных химических реагентов рекомендуется использовать чистую водопроводную/скважинную воду.

Таблица 3.1. Рекомендации по приготовлению растворов реагентов для химической промывки мембран

Химический реагент	Концентрация раствора	Количество
Гипохлорит натрия	2-6 г/л (эффективная концентрация хлора при рН около 12) Превентивно: 1-2 г/л	5 л/элемент
Щавелевая кислота	5-10 г/л (0.5-1.0 % масс.)	5 л/элемент
Лимонная кислота	10-3- г/л (1-3 % масс.) Превентивно: 2-5 г/л	5 л/элемент

#### **Порядок проведения стандартной химической промывки (см. рис. 3.1):**

1. Перед началом химической промывки произведите замер проницаемости (удельный расход, трансмембранное давление и температура жидкой фазы).
2. Удостоверьтесь, что регулирующий вентиль на линии подачи химического раствора закрыт.
3. Наполните емкость для химического реагента требуемым количеством раствора химиката.
4. Остановите процесс мембранной фильтрации, остановите процесс подачи воздуха (азрации) и закройте вентиль на линии пермеата.
5. Медленно откройте вентиль на линии подачи раствора химического реагента. Вентиль на линии подачи очищающего раствора должен быть открыт настолько, чтобы обеспечить рекомендуемое время подачи химического раствора (~30 минут). Высокий расход химического реагента может привести к недостаточно эффективной промывке мембраны.
6. После подачи требуемого количества очищающего раствора отключите насос. Ни при каких обстоятельствах не подавайте химический раствор на

мембраны с помощью повышающего насоса. Это может привести к серьезному повреждению мембран.

7. После подачи требуемого количества моющего раствора химического реагента на мембранные элементы подождите от одного до трех часов.
8. Закройте вентиль на линии подачи раствора химического реагента, откройте вентиль на линии пермеата и запустите воздуходувки. Затем начните процесс мембранной фильтрации.
9. Раствор химического реагента может оставаться в пермеате в начале фильтрации (в течение 2 или более циклов фильтрации). Обеспечьте подачу первых порций пермеата после химической промывки в емкость с исходными сточными водами или проведите утилизацию этого раствора в соответствии с принятыми нормативными документами и стандартами.

### 3.5.4 Подача химического раствора в несколько МБР-модулей

При соединении нескольких МБР-модулей с одним трубопроводом отвода пермеата возможно подавать раствор химического реагента в общий трубопровод. Для достижения равномерного распределения химического раствора в МБР-модули рекомендуется:

- Обеспечить две точки ввода раствора химического реагента и подавать очищающий раствор в равных расходах в эти две точки.
- Если общий трубопровод имеет наклон, расход очищающего реагента, подаваемого в верхнюю точку должен быть выше, чем для нижней точки.

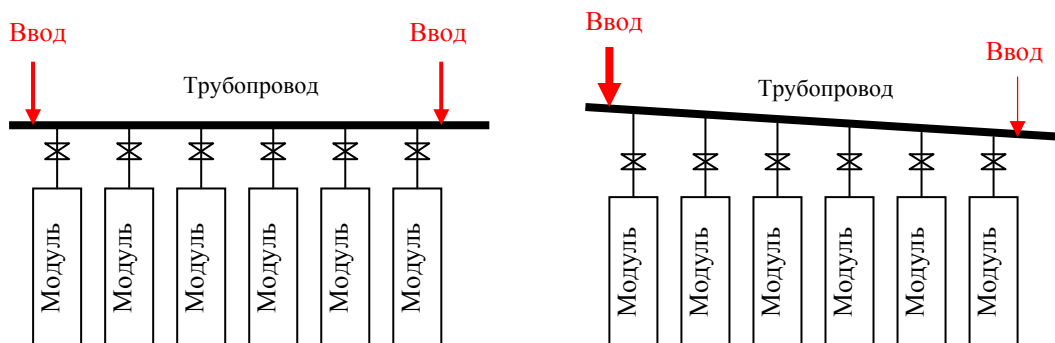


Рисунок 3.2 Точки ввода химического реагента



**ВНИМАНИЕ!**

Если оборудование, предназначенное для химической промывки, работает ненормально, имеются подтеки и т.п. - следует немедленно остановить процесс промывки и проверить его.



**ВНИМАНИЕ!**

Не производите закачку растворов химических реагентов напрямую из подающего насоса в пермеатотводящее пространство мембранных элементов, иначе значительно увеличится величина давления со стороны пермеата и мембранные элементы будут повреждены. Удостоверьтесь, что раствор химического реагента подается в пермеатотводящее пространство мембранных элементов под действием гравитационных сил и с избыточным давлением не более 10 кПа (1 м водного столба).

**ВНИМАНИЕ!**

В процессе химической промывки перед подачей раствора химического реагента, пожалуйста, убедитесь заранее, что мембранные модули полностью погружены в жидкость и уровень жидкости в емкости с мембранными модулями как минимум на 500 мм выше верхней точки мембранного модуля.

**ОПАСНО!**

Ни при каких обстоятельствах не смешивайте растворы гипохлорита натрия с растворами щавелевой или лимонной кислот. При смешении образуется токсичный газ – хлор! При проведении последовательных циклов химической помывки с использованием гипохлорита натрия и кислот необходимо промывать емкость химического реагента и подводящие трубопроводы. Остаточное содержание хлора после промывки гипохлоритом натрия не должно превышать 10 мг/л. При обнаружении следов хлора в воздухе оператор и весь обслуживающий персонал немедленно должны немедленно эвакуироваться сообщить о случившемся в вышестоящие инстанции.

**Примечания:**

Если для приготовления очищающего раствора используется пермеат, часть активного хлора будет расходоваться на окисление остаточных значений ХПК/БПК и аммония (на окисление ~1 мг/л ХПК/аммония необходимо 2-4 мг/л активного хлора). Периодически необходимо измерять концентрацию хлора в химической емкости. Если пермеат имеет высокие значения ХПК (чаще всего на сооружениях очистки промышленных сточных вод) для приготовления раствора гипохлорита натрия рекомендуется использовать водопроводную воду или добавлять большие количества NaOCl при разбавлении.

Если пермеат имеет высокие остаточные концентрации кальция, возможно осаждение малорастворимых неорганических осадков при добавлении NaOCl в такую воду. При использовании такого раствора возможно вторичное загрязнение мембран осадками малорастворимых неорганических загрязнений. Перед приготовлением раствора гипохлорита натрия с использованием пермеата желательно провести лабораторные исследования, чтобы исключить возможность вторичного загрязнения мембран.

**Дополнительные замечания:**

- Тип химического реагента для промывки и частота ее проведения определяется видом и степенью загрязнения мембраны. Как правило, загрязнения на мембране являются смесью различных (био)органических и неорганических веществ. Гипохлорит натрия эффективен в отношении (био)органических загрязнений, а кислота – для удаления осадков.
- Рекомендуется последовательно проводить химическую промывку гипохлоритом натрия и кислотным реагентом.
- Эффективность химической промывки зависит от характеристик очищающего раствора и степени загрязненности мембраны.
- Оптимизацию химической промывки (концентрация, температура, частота проведения) следует проводить в период пилотных испытаний или в начальный период эксплуатации очистных сооружений.

### **3.6 Интенсивная химическая промывка (после непредвиденных ситуаций)**

При недостаточной эффективности стандартной химической промывки или в случае возникновения на МБР-сооружениях непредвиденных ситуаций может потребоваться интенсивная химическая промывка МБР-модулей, успешное проведение которой может обеспечить восстановление характеристик мембраны, близких к первоначальным значениям.

Целью интенсивной химической промывки является достижение следующих характеристик:

- Восстановление проницаемости мембраны по чистой воде до 75 - 85% от первоначальных значений или
- Восстановление проницаемости мембраны по иловой смеси (рабочая среда) и превышение средних рабочих характеристик на 50% и более.

Для интенсивной химической промывки используются те же химические очищающие реагенты, что и для стандартной химической промывки, но с более низкими концентрациями и большим временем контакта. Если стандартную химическую промывку рекомендуется проводить регулярно (при увеличении TMP >50 мбар от начальной величины), то интенсивная химическая промывка рекомендуется к применению только в случае возникновения на МБР-сооружениях нештатных ситуаций, которые привели к следующим показателям процесса:

- Очень низкая проницаемость мембраны (<50% от первоначальных значений).
- Высокие значения TMP при пиковых удельных расходах (>50 мбар).

Загрязненные МБР-модули должны быть извлечены из МБР-емкости и помещены в отдельную емкость, наполненную раствором химического реагента. Перед тем, как помещать МБР-модули в емкость с очищающим раствором, следует вымыть скопившиеся в межмембранных каналах загрязнения и очистить поверхность мембран (интенсивная физическая очистка).

#### **3.6.1 Интенсивная химическая промывка в отдельной емкости**

Ниже приводятся рекомендации по осуществлению и интенсификации интенсивной химической промывки МБР-модулей в отдельно стоящей емкости.

Принцип интенсивной химической промывки достаточно прост: МБР-модули извлекаются из МБР-емкости, промываются и затем на определенное время помещаются в отдельно стоящую емкость с раствором химического реагента. Если на месте расположения МБР-установки возможно осуществить опорожнение МБР-емкости от иловой смеси, то МБР-емкость может использоваться в качестве емкости для проведения интенсивной химической промывки (при условии, что ее стенки изготовлены из химически стойкого материала).

**Порядок проведения интенсивной химической промывки:**

1. Приготовить емкость достаточного объема, изготовленную из химически стойкого материала, и обеспечить доступность вспомогательного технологического оборудования (всасывающий насос/аэрационное устройство/подводящие трубопроводы).
2. Произвести замер температуры, дозы ила и проницаемости мембраны в режиме фильтрации.
3. Остановить процесс фильтрации для МБР-модулей, который подлежат промывке.
4. Извлечь МБР-модули из емкости и провести интенсивную физическую очистку мембранных элементов (см. пункт 3.4).
5. Поместить МБР-модули в емкость с химическим очищающим раствором с заданной концентрацией, температурой и рН (см. табл. 3.3).
6. Оставить МБР-модули в емкости с химическим раствором на определенное время (см. табл. 3.3).
7. Один раз в течение часа в течение пяти минут следует включать режим фильтрации с низкими значениями удельного потока (<15 л/м<sup>2</sup>час) и аэрацию. Пермеат следует возвращать обратно в емкость с химическим реагентом.
8. Замерить и записать условия проведения интенсивной химической промывки и основные технологические параметры.
9. Для очистки мембран от остаточных загрязнений воздух на мембранные элементы следует подавать в течение не менее 5 минут после завершения интенсивной химической промывки.
10. Установить МБР-модули обратно в МБР-емкость и запустить нормальный режим эксплуатации (или при необходимости провести химическую промывку с использованием других реагентов).
11. Произвести замер температуры, дозы ила и проницаемости мембраны в режиме фильтрации при тех же значениях расхода пермеата, что и в пункте 2.
12. Произвести оценку эффективности проведения интенсивной химической промывки на основе сопоставления данных о проницаемости мембран, приведенных к одинаковой температуре (например, 20°C).

Таблица 3.3 Рекомендуемые реагенты и концентрации их растворов

Параметры		Ед. измерения	Значение
Промывка NaOCl	Концентрация	мг/л	500 - 1000
	рН		> 10
Кислотная промывка	Время контакта	ч	6-24
	Концентрация	мг/л	1000 - 5000
	рН		2-3
	Время контакта	ч	6-24
Температура жидкости		°C	>15

**Примечание:**

Размер и объем емкости для интенсивной химической промывки должен быть достаточным, чтобы при размещении в ней МБР-модуля химический раствор не переливался через стенки.



При загрузке/выгрузке МБР-модуля из емкости будьте осторожны и стойте под МБР-модулем, из которого может вытекать химический раствор гипохлорита натрия или кислоты.

Интенсивная химическая промывка МБР-модуля может проводиться последовательно гипохлоритом натрия и кислотным реагентом. В этом случае для интенсивной химической промывки следует либо использовать другую емкость, либо, тщательно промыв имеющуюся емкость от раствора гипохлорита натрия, заполнить ее кислотным реагентом. Ни при каких условиях растворы гипохлорита натрия и кислоты не должны смешиваться!



**ОПАСНО!**

Ни при каких обстоятельствах не смешивайте растворы гипохлорита натрия с растворами щавелевой или лимонной кислот. При смешении образуется токсичный газ – хлор!

При проведении последовательных циклов химической промывки с использованием гипохлорита натрия и кислот необходимо промывать емкость химического реагента и подводящие трубопроводы. Остаточное содержание хлора после промывки гипохлоритом натрия не должно превышать 10 мг/л. При обнаружении в воздухе следов хлора оператор и весь обслуживающий персонал должны немедленно эвакуироваться и сообщить о случившемся в вышестоящие инстанции.

#### **Рекомендации по проведению интенсивной химической промывки:**

Тип химического реагента для интенсивной химической промывки и частота ее проведения определяется видом и степенью загрязнения мембраны. Следует соблюдать следующие рекомендации:

Концентрации растворов рекомендуемых химических реагентов и условиях их применения приведены в табл. 3.3. Чем выше концентрация химического реагента, температура и продолжительнее контакт с МБР-модулем, тем выше эффективность промывки. Желательно осуществить оптимизацию концентраций применяемых химических растворов и времени проведения промывки. Желательно начинать интенсивную химическую промывку в более мягких условиях и затем увеличивать концентрацию и температуру реагента, время контакта с мембранами.

TORAY рекомендует следующее:

- На первом этапе концентрация раствора NaOCl должна составлять 500 мг/л, температура <35 °С, время контакта 6 часов
- Интенсивную химическую промывку наиболее эффективно проводить при концентрации раствора NaOCl 1000 мг/л, температуре 35 °С и времени контакта 24 часа. Такие жесткие условия химической промывки должны применяться в экстренных случаях не чаще одного раза в год.
- Интенсивная химическая промывка кислотой должна проводиться при концентрации реагента 1000-2000 мг/л, pH=2.0 и температуре раствора <35 °С. Время контакта 6 часов. При высокой степени загрязнения мембран концентрация и температура химического раствора, а также время контакта с МБР-модулем могут быть увеличены.

### 3.6.2 Способы повышения эффективности интенсивной химической промывки

Интенсивная химическая промывка очень эффективна для удаления большинства загрязнений мембран и восстановления их проницаемости. Существует ряд факторов, которые влияют на эффективность интенсивной химической промывки и интенсифицируют ее.

#### **Факторы, влияющие на эффективность интенсивной химической промывки:**

- Перед приготовлением раствора химического реагента убедитесь, что емкость для его приготовления не содержит посторонних загрязнений и примесей, которые могут снизить эффективность помывки.
- Перед установкой МБР-модулей в емкость убедитесь, что иловые отложения на МБР-модулях (особенно в межмембранном пространстве) удалены.
- Температура очищающего раствора является важным фактором, влияющим на эффективность промывки. Максимальная температура химического очищающего раствора ~35°C.
- Периодическая фильтрация с использованием химического раствора увеличивает эффективность очистки и позволяет удалить загрязнения, осевшие в порах и на обратной стороне мембраны.

#### **Советы по организации интенсивной химической промывки:**

- Для удаления остатков загрязнений периодически следует запускать аэрацию межмембранного пространства.
- На месте расположения установки желательно предусмотреть оборудование для подогрева растворов химических реагентов (тэны и т.п.).
- Периодически следует включать всасывающий насос и обеспечивать фильтрацию химического раствора через мембрану.
- Для более эффективного использования химических реагентов и во избежание смешения растворов NaOCl и кислот для интенсивной химической промывки следует использовать различные емкости.

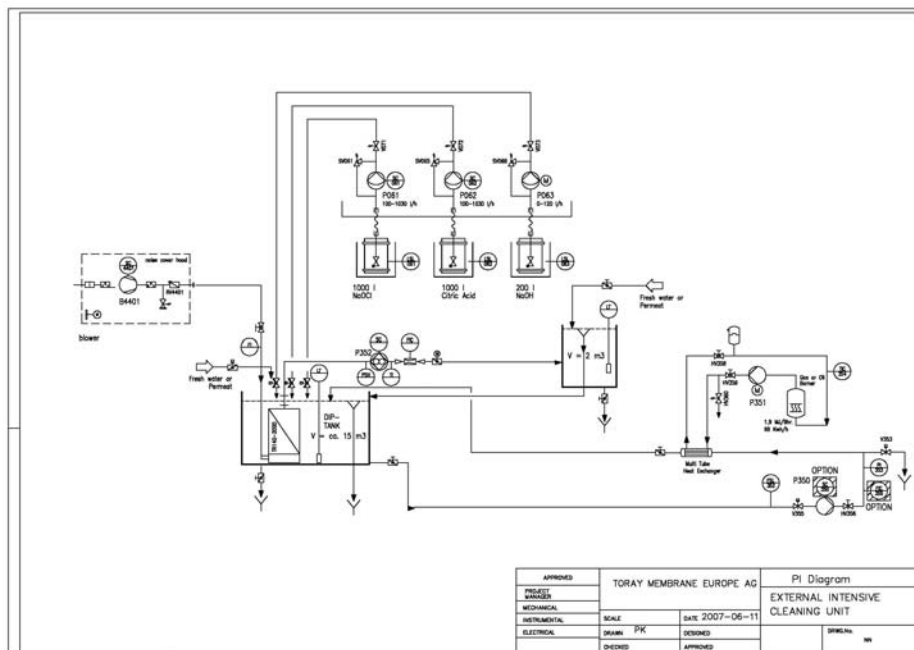


Рисунок 3.3. Пример организации интенсивной химической промывки.

### 3.7 Расчет проницаемости

Состояние мембраны можно оценить по величине ее проницаемости. Проницаемость – это относительная величина, приведенная к 1 м<sup>2</sup> мембраны при теоретическом дифференциальном давлении всасывания равным 1 бар. Проницаемость необходимо измерять при одинаковых значениях расхода пермеата. В зависимости от текущего состояния мембраны для получения одного и того же объема пермеата потребуется большее или меньшее давление всасывания.

#### Пример вычисления:

Исходные данные:

- Число МБР-модулей TMR140-200D в технологической линии 3
- Площадь поверхности мембраны в МБР-модуле 280 м<sup>2</sup>
- Площадь поверхности мембраны в технологической линии 840 м<sup>2</sup>
- Расход пермеата одной технологической линии 22.0 м<sup>3</sup>/ч
- Трансмембранное давление 0.050 бар
- Температура жидкости в МБР-емкости 17°C
- Доза ила (для информации) 12 г/л

В этом случае проницаемость вычисляется из соотношения:

Вычисление удельного потока пермеата:

$$\text{Удельный расход (л/м}^2 \cdot \text{ч)} = \frac{\text{Расход пермеата (м}^3 \text{/ч)} \times 1000}{\text{Площадь мембраны (м}^2\text{)}} = \frac{22.0 \times 1000}{840} = 26.19$$

Вычисление проницаемости при заданной температуре

$$\text{Проницаемость (л/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{бар)} = \frac{\text{Удельный расход (л/м}^2 \cdot \text{ч)}}{\text{Трансмембранное давление (бар)}} = \frac{26.19}{0.050} = 523.8$$

Приведение проницаемости к 20°C:

$$P_{T1} = P_T \times \frac{C_T}{C_{T1}}$$

$$C_T = 5.752466 \times 10^{-4} \cdot T^2 - 5.192241 \times 10^{-2} \cdot T + 1.938531$$

где  $P_{T1}$ : Приведенная проницаемость при T1 °C

$P_T$ : Проницаемости при T °C

$C_{T1}$ : Температурный коррекционный фактор при T1 °C

$C_T$ : Температурный коррекционный фактор при T °C

$$C_{20} = 1.130181, C_{17} = 1.222096$$

$$P_{20} = P_{17} \times \frac{C_{17}}{C_{20}} = 523.8 \times \frac{1.222096}{1.130181} = 566.4 \text{ (л/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{бар)}$$

Таблица 3.4 Температурный фактор

T (°C)	C <sub>T</sub>	T (°C)	C <sub>T</sub>
10	1.476832	25	1.000000
15	1.289125	30	0.898531
20	1.130181	35	0.825924

### 3.8 Порядок обращения с химическими реагентами

#### 3.8.1 Техника безопасности

В зависимости от области использования технологии МБР, химическая промывка кислотными реагентами может предварять и следовать за химической промывкой раствором гипохлорита натрия. При проектировании системы, разработке инструкций по эксплуатации и регламентов проведения химических промывок МБР-модулей следует обращать на аккуратный порядок обращения с химическими реагентами и принимать все необходимые меры техники безопасности. Например, кислотные реагенты и гипохлорит натрия, ни при каких обстоятельствах не должны смешиваться друг с другом.

#### **Замечание:**

При смешении растворов кислоты и гипохлорита натрия выделяются токсичные пары хлора.

Перед применением того или иного химического реагента следует тщательно промыть химические емкости, перед разведением/подачей другого химического реагента.

Рекомендуется полностью опорожнить емкости для химических реагентов, промыть емкости, трубопроводы и МБР-модули проточной чистой водой.

Перед проведением кислотной химической промывки следует удостовериться, что остаточное содержание хлора в промывной воде не превышает 10 мг/л.

При выделении паров хлора, весь обслуживающий персонал (включая дежурного оператора) должен немедленно покинуть зараженную зону и сообщить о случившемся в вышестоящую инстанцию или компетентные ответственные органы.

Существует несколько простых правил для дежурного инженера, которые следует применять для сокращения риска поражения при выделении паров хлора:

1. Предусмотреть отдельные емкости для приготовления и подачи растворов различных химических реагентов;
2. Установить контрольный вентиль на трубопроводе между емкостями во избежание случайных протечек из одной емкости в другую;
3. Укомплектовать рабочую зону, где возможно выделение газа, датчиками обнаружения газообразного хлора и сигнализацией;
4. Удостовериться, что в системе управления технологическим процессом четко прописано какие химические растворы (кислотные или гипохлорит натрия) и когда применяются для химической промывки. Затем в программе управления технологическим процессом следует предусмотреть время, необходимое для проведения промывки химических емкостей чистой водой;
5. Установить pH датчик в химической емкости и соединить его с сигналом от насоса, подающего раствор химического реагента (например, если pH <6 насос подачи раствора гипохлорита натрия не может включаться; если pH > 8.5 - насос подачи кислоты не включается и т.п.);
6. Соединить сигналом насосы, подающие растворы кислоты и гипохлорита натрия таким образом, чтобы они не могли одновременно включаться в работу;
7. Ни при каких условиях не проводить химическую промывку без оператора на месте химической промывки. Установить напоминание оператору о том, что при смешении кислотных растворов и гипохлорита натрия образуется токсичный газ – хлор. Также установить программное подтверждение о том, что трубопроводы подачи химических растворов на МБР-модули должны

- быть хорошо промыты перед тем, как проводить химические промывки различными реагентами;
8. Промаркировать соответствующими предупреждающими наклейками химические емкости и насосное оборудование;
  9. Удостовериться, что в руководстве по эксплуатации установки приведены достаточные данные о том, как действовать в случае выделения газообразного хлора;
  10. Удостовериться, что на месте локализации установки имеются индивидуальные средства защиты в достаточном количестве, имеются источники чистой воды для своевременной промывки кожи и глаз.

### 3.8.2 Рекомендации по обращению с химическими реагентами

Химические реагенты, применяемые для химической мойки мембранных элементов опасны для здоровья человека, особенно при контакте с кожными покровами. При обращении с химическими реагентами, следует надевать защитные очки, перчатки и другие средства индивидуальной защиты. Для определения уровня опасности применяемых химических веществ следует обратиться к Паспорту безопасности (MSDS) для конкретного химического вещества. Если применяемые химические реагенты попали на кожные покровы, пожалуйста, соблюдайте рекомендации, приведенные в Паспорте Безопасности.

#### (1) Гипохлорит натрия / NaClO – водный раствор

##### (А) Меры предосторожности при обращении

- (а) Обеспечьте надежную вентиляцию помещения. Избегайте источников тепла и искр. Не допускайте контакта с кислотами.
- (б) Перемещайте емкости с химикатом с осторожностью. Не допускайте опрокидывания или любого другого силового воздействия на них.
- (в) Старайтесь ни при каких обстоятельствах не разливать химикат. Избегайте образования паров.
- (г) Прочно герметизируйте емкость с реагентом после использования.
- (д) Тщательно мойте руки, лицо и промывайте рот после использования реагента.
- (е) Не допускайте приема пищи на месте проведения работ, кроме специально отведенных для этой цели мест
- (ж) Не приносите защитную одежду, применяемую на рабочем месте, в места отдыха и приема пищи.
- (з) Не допускайте проникновения посторонних лиц в места хранения и обращения с химическими реагентами.
- (и) Используйте защитную одежду для глаз и кожи. Защищайте дыхательные пути.
- (к) В случае использования химикатов на улице не допускайте попадания паров в помещения.

(B) Меры предосторожности при хранении

- (а) Храните контейнер с химикатом в темном прохладном месте. Избегайте прямого попадания солнечных лучей. Тщательно проверяйте герметичность упаковки во избежание попадания химиката в воздух.
- (б) Для хранения используйте устойчивые к коррозии контейнеры.

(2) Щавелевая кислота /  $(\text{COOH})_2$

(A) Меры предосторожности при обращении

- (а) Не допускайте контакта с кислотами и щелочами.
- (б) Перемещайте емкости с химикатом с осторожностью. Не допускайте опрокидывания или любого другого силового воздействия.
- (в) Старайтесь ни при каких обстоятельствах не разливать химикат. Избегайте образования паров.
- (г) Прочно герметизируйте емкость с реагентом после использования.
- (д) Тщательно мойте руки, лицо и промывайте рот после использования реагента.
- (е) Не допускайте приема пищи на месте проведения работ, кроме специально отведенных для этой цели мест
- (ж) Не приносите защитную одежду, применяемую на рабочем месте, в места отдыха и приема пищи.
- (з) Не допускайте проникновения посторонних лиц в места хранения и обращения с химическими реагентами.
- (и) Используйте защитную одежду для глаз и кожи. Защищайте дыхательные пути.
- (к) В случае использования химикатов на улице не допускайте попадания паров в помещения.

(B) Меры предосторожности при хранении

- (а) Храните контейнер с химикатом в темном прохладном месте. Избегайте прямого попадания солнечных лучей. Тщательно проверяйте герметичность упаковки во избежание попадания химиката в воздух.
- (б) Для хранения используйте устойчивые к коррозии контейнеры.

(2) Лимонная кислота /  $\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$

(A) Меры предосторожности при обращении

- (а) Не допускайте контакта с кислотами и щелочами.
- (б) Перемещайте емкости с химикатом с осторожностью. Не допускайте опрокидывания или любого другого силового воздействия.
- (в) Старайтесь ни при каких обстоятельствах не разливать химикат. Избегайте образования паров.
- (г) Прочно герметизируйте емкость с реагентом после использования.
- (д) Тщательно мойте руки, лицо и промывайте рот после использования реагента.
- (е) Не допускайте приема пищи на месте проведения работ, кроме специально отведенных для этой цели мест

- (ж) Не приносите защитную одежду, применяемую на рабочем месте, в места отдыха и приема пищи.
- (з) Не допускайте проникновения посторонних лиц в места хранения и обращения с химическими реагентами.
- (и) Используйте защитную одежду для глаз и кожи. Защищайте дыхательные пути.
- (к) В случае использования химикатов на улице не допускайте попадания паров в помещения.

(В) Меры предосторожности при хранении

- (а) Храните контейнер с химикатом в темном прохладном месте. Избегайте прямого попадания солнечных лучей. Тщательно проверяйте герметичность упаковки во избежание попадания химиката в воздух.
- (б) Для хранения используйте устойчивые к коррозии контейнеры.



**ОСТОРОЖНО!**

Химические реагенты, применяемые для химической мойки мембранных элементов опасны для здоровья. Порядок обращения с соответствующими химикатами описан в “Рекомендациях по безопасной эксплуатации” (MSDS) соответствующего химического реагента. Пожалуйста, используйте соответствующие средства защиты (напр., защитные очки) и специальную одежду (напр., защитные перчатки).



**ОСТОРОЖНО!**

Если химический реагент попал на кожу или одежду, немедленно промойте пораженный участок кожи достаточным количеством воды.



**ОСТОРОЖНО!**

Если химический реагент попал в глаза, немедленно промойте их большим количеством проточной воды и обратитесь к врачу.



**ОСТОРОЖНО!**

Пожалуйста, храните химические реагенты в темном прохладном месте, не подвергайте их воздействию прямого солнечного света.



**ОСТОРОЖНО!**

Пожалуйста, для хранения химических реагентов используйте соответствующие коррозионно-стойкие емкости и контейнеры, подходящие для хранения соответствующего химического реагента.



**ОПАСНО!**

Ни при каких обстоятельствах не смешивайте растворы гипохлорита натрия с тяжелыми металлами или растворами кислот. При смешении образуется токсичный газ – хлор!



**ОПАСНО!**

Ни при каких обстоятельствах не смешивайте растворы гипохлорита натрия с растворами щавелевой или лимонной кислот. При смешении образуется токсичный газ – хлор!



## 4. Управление технологическим процессом, диспетчерское управление и сбор данных (SCADA)

### 4.1 Общие условия управления технологическим процессом

Обычно для управления технологическим процессом на сооружениях и системах, использующих МБР-технологии, применяют обратный контроль (front-to-back). Основным параметром является значение уровня в биореакторе (аэрационной емкости, в случае, если ил в МБР-емкость подается с помощью насоса) или в МБР-емкости (в случае обеспечения рециркуляции с помощью насоса). Необходимым условием контроля и управления данными является обработка всех сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Поэтому расход пермеата каждой технологической линии МБР-модулей регулируется по уровню жидкости в биореакторе.

Датчик уровня в биореакторе определяет контрольную точку расхода пермеата. При этом каждая точка сравнивается с контрольной точкой, а степень различия между ними можно превратить в электрический сигнал для пермеатотводящего насоса. Высокое значение уровня в емкости будет в конечном итоге превращено в сигнал увеличения частоты вращения насоса, более глубокому вакууму, более высоким значениям транс-мембранного давления и в конечном итоге приведет к более высокому расходу пермеата.

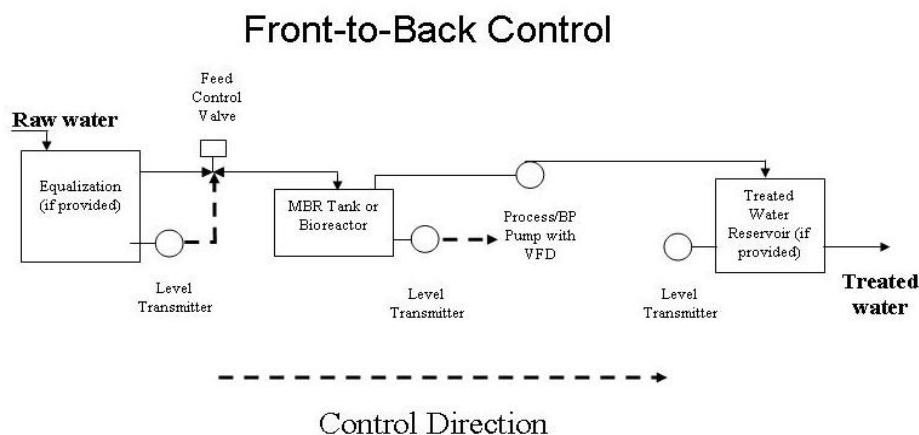


Рисунок 4.1 Обратный контроль

#### **Контроль давления всасывания**

Во время фильтрации необходимо проводить мониторинг трансмембранного давления (TMP). В случае увеличения значений TMP выше установленной величины потребуются химическая промывка мембран.

#### **Контроль расхода пермеата**

Датчик уровня в биореакторе определяет точку контроля расходомера на линии пермеата. Текущее значение расхода пермеата сравнивается с контрольной точкой, различие между ними переводится в выходной сигнал на датчик частотного регулирования всасывающего насоса или контрольный вентиль расхода пермеата. Повышение уровня жидкости в биореакторе будет приводить к установке следующей точки контроля контроллера расхода пермеата. Соответственно, вырабатываемый сигнал будет являться основанием для открытия вентилей или регулирования частоты, будет

способствовать более глубокому вакууму, более высоким значениям TMP и приведет к более высокому расходу пермеата.

В случае низкого расхода сточных вод, поступающих на очистку, следует соблюдать следующим рекомендации, которые помогут оптимизировать работу МБР-системы:

- Отключить одну, две или более технологических линий МБР-модулей,
- Последовательно отключать/включать технологические линии МБР-модулей в работу,
- Эксплуатировать очистные сооружения в режиме низких удельных потоков, не отключать технологические линии МБР-модулей.

## 4.2 Контурь контроля

### 4.2.1 Системы с одной технологической линией: контроль уровня в биореакторе по расходу пермеата

Блок-схема организации процесса с одной аэрационной емкостью и одной МБР-емкостью с организацией подачи ила с помощью насоса приведена на рис. 4.2. Гидродинамический расход системы контролируется по уровню в аэрационной емкости.

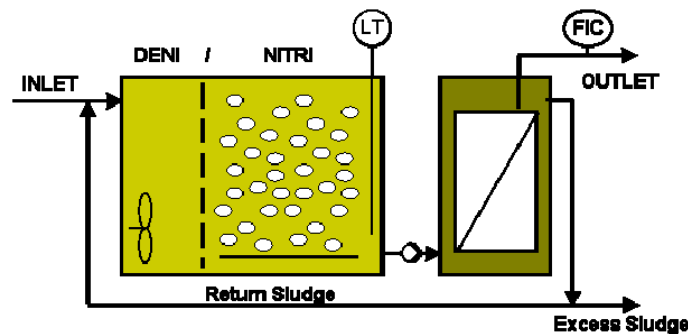


Рисунок 4.2 Блок-схема (пример)

В контроллер с программируемой логикой задается несколько предельных величин значений уровня в аэрационной емкости, затем они соединяются функцией, описываемой ниже:

Уровень в аэрационной емкости [%]	Контроль функции
100	Время задержки (20 сек.), затем после отключения таймера: Сигнал „Слишком высокий уровень воды” Остановка насоса подачи ила
99	
98	
97	
96	Время задержки (20 сек.), затем после отключения таймера: Контроль расхода пермеата по 3 <sup>ей</sup> фиксированной установочной точке SP3
95	
94	
93	

92	Время задержки (20 сек.), затем после отключения таймера: Контроль расхода пермеата по 2 <sup>ой</sup> фиксированной установочной точке SP2
91	
90	Время задержки (20 сек.), затем после отключения таймера: Статус: Возобновление и перезапуск Контроль расхода пермеата по 1 <sup>ой</sup> фиксированной установочной точке SP1
89	
88	
87	
86	Время задержки (20 сек.), затем после отключения таймера: Статус „Возврат к исходным настройкам, перезапуск“ Предварительные условия для перезапуска
85	Время задержки (20 сек.), затем после остановки таймера: Статус „Возврат к исходным настройкам без перезапуска“ Сигнал „Уровень в аэрационной емкости слишком низкий“

В представленном выше случае расход SP3 должен соотноситься с максимальным расходом.

При снижении уровня жидкости изменяются установочные контрольные точки при задержке предельных величин.

#### 4.2.2 Система с одной технологической линией: контроль расхода пермеата

Входным сигналом для данного контрольного контура является сигнал от датчика расхода пермеата. Пример описания одной аэрационной емкости, соединенной с одной технологической линией МБР-модулей с организацией подачи ила насосом приведен на рис. 4.2.

Контрольная функция реализуется следующим образом:

Переменные на входе:	Расход пермеата
Изменяемые величины на выходе:	Скорость вращения пермеатотводящего насоса или открытие вентиля контроля расхода пермеата

#### Пример

Если расход пермеата по контрольному датчику ниже, чем контрольная установочная точка, то выходной сигнал будет увеличен при увеличении частоты вращения привода или увеличения прозора контрольного вентиля пермеата таким образом, чтобы достигалось значение контрольной установочной точки.

#### 4.2.3 МБР-система с несколькими технологическими линиями: расход пермеата определяется по уровню в биореакторе/усреднительной емкости

Пример организации процесса, когда одна аэрационная емкость соединяется с двумя технологическими линиями МБР-модулей (А и В), а ил подается с помощью насоса в каждую МБР-линию приведен на рис 4.3. Оператор должен определять главную МБР-линию и МБР-линию в режиме ожидания (в

рассматриваемом случае: А – главная линия, В – в режиме ожидания). Гидравлический расход системы будет контролироваться по уровню в аэрационной емкости.

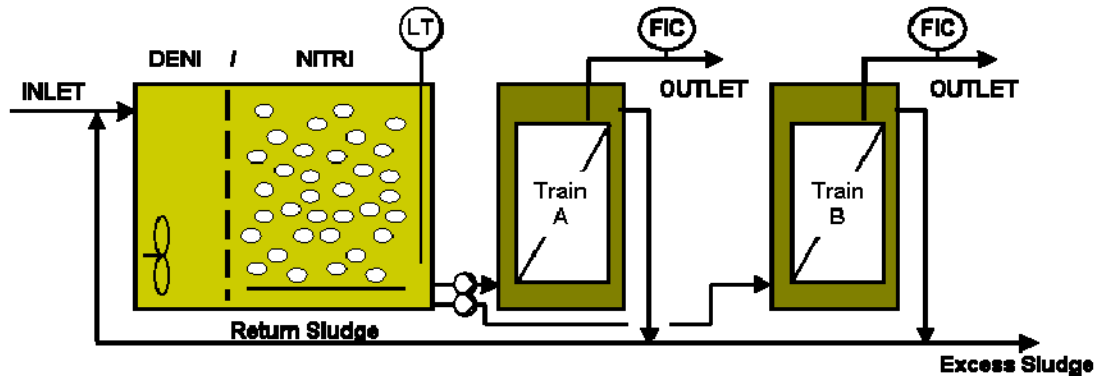


Рисунок 4.3 Блок-схема потоков (пример)

В контроллер с программируемой логикой задается несколько предельных величин для датчика уровня в аэрационной емкости, они соединяются функцией, описываемой ниже:

Пример

МБР-система: максимальный расход стоков = 100 м³/ч, минимальный расход стоков = 0 м³/час

Расход пермеата будет контролироваться по контрольным точкам расхода пермеата, которые определяются датчиком уровня в усреднительной или аэрационной емкости.

- Точка контроля 1 = 10 м³/ч
- Точка контроля 2 = 20 м³/ч
- Точка контроля 3 = 30 м³/ч
- Точка контроля 4 = 40 м³/ч
- Точка контроля 5 = 50 м³/ч

Уровень в аэрационной или усреднительной емкости [%]	Контрольная функция
100	Сигнал "Уровень в аэрационной или усреднительной емкости слишком высокий" > Остановка насоса подачи ил
99	
98	Установка расхода пермеата по контрольной точке 5 (SP5 = 50м³/час) для технологических линий МБР-модулей А и В
97	
96	Установка расхода пермеата по контрольной точке 4 (SP4 = 40м³/час) для технологических линий МБР-модулей
95	
94	Технологическая линия В : ON (включение), установить контрольную точку расхода пермеата для технологических линий А и В на точку контроля 3 (SP3, 30м³/час)
93	
92	Технологическая линия В : OFF (отключение) / По умолчанию > перезапуск возможен, контрольная точка расхода пермеата для технологической линии А задается точкой 2 (SP2, 20 м³/час)

91	
90	Технологическая линия А : ON (включение) / Перезапуск, контрольная точка расхода пермеата задается для технологической линии А точкой 1 (SP1, 10 м <sup>3</sup> /час)
89	
88	
87	
86	Технологическая линия А : отключение / По умолчанию > Перезапуск возможен
85	Технологическая линия А : отключение / По умолчанию нет > Перезапуск не возможен
84	Сигнал "Уровень в аэрационной или усреднительной емкости низкий"
83	
82	
81	
80	

При снижении уровня жидкости изменяются установочные контрольные точки при задержке предельных величин.

#### Замечание

Во избежание выпадения осадков и образования аноксидных условий в МБР-емкости время от времени во время отключения технологических линий МБР-модулей следует включать воздухоподушки и обеспечивать кратковременную аэрацию мембранных модулей. В то же время следует учитывать, что непрерывная продолжительная аэрация МБР-модулей во время их отключения может нанести серьезные повреждения мембранным элементам (См. пункт 2.6.1).

#### *4.2.4 МБР-система с несколькими технологическими линиями МБР-модулей: контроль расхода пермеата*

Контур постоянного контроля будет получать входной сигнал от датчика расхода пермеата. Ниже приводится описание такого процесса при котором одна аэрационная емкость соединяется с двумя МБР-емкостями с МБР-модулями (А и В).

Функция контроля и управления может быть реализована следующим образом:

Переменные на входе: Расход пермеата в технологической линии А (FT-A) или В (FT-B)  
 Изменяемые величины на выходе: Скорость вращения пермеатотводящего насоса или открытие вентиля контроля расхода пермеата для технологических линий А и В

#### Пример

Если расход пермеата при FT-A ниже, чем контрольная установленная точка, то выходной сигнал будет увеличен, увеличится частота вращения насоса или прозор вентиля контроля пермеата до достижения значения контрольной точки.

### Альтернативный вариант

Для надежной эксплуатации двух МБР-линий требуется контроль по времени плюс блокировка на основании данных контрольных точек:

Перед запуском программы оператор выбирает несколько опций в маске:

- a) Эксплуатация только технологической линии А
- b) Эксплуатация только технологической линии В
- c) Эксплуатация технологической линии А и В (автоматическое переключение)
  - c1) Главная технологическая линия = А
  - c2) Главная технологическая линия = В

В зависимости от того, какая технологическая линия была выбрана «Главной» (установочный флажок), контроллер с программируемой логикой автоматически определит другую технологическую линию, как находящуюся в режиме «Ожидание».

В «Автоматическом» режиме, таймер 01 (30 мин.) запустится и сначала будет запущена технологическая линия, определенная ранее как «Главная».

Когда таймер 02 выключится и фиксированная установочная точка FIC A/B-3 (LT01-5) не будет выполняться, то автоматически произойдет переключение технологических линий (от Главной технологической линии).

#### 4.2.5 Контроль уровня в МБР-емкости

Данный контрольный контур может быть необходим, если иловая смесь подается в МБР-емкость самотеком и уровень жидкости в аэрационной емкости выше, чем в МБР-емкости (См. рис 4.4).

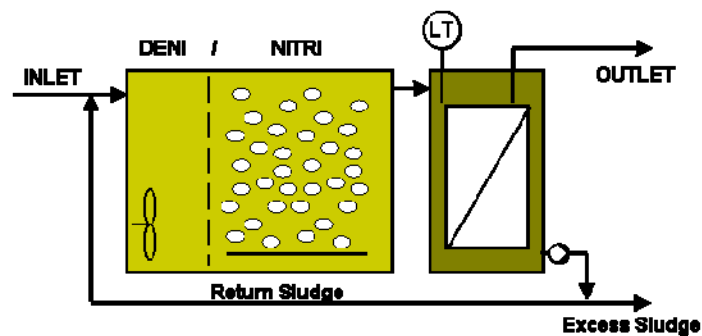


Рисунок 4.4 Блок-схема (пример)

Расход возвратного ила из МБР-емкости будет контролироваться датчиком уровня в этой емкости. Данная система контроля будет получать входной сигнал от датчика уровня в МБР-емкости.

Функция контроля и управления может быть реализована следующим образом:

Переменные на входе:	Уровень в МБР-емкости
Изменяемые величины на выходе:	Скорость вращения/частота насоса отвода избыточного ила
	Скорость вращения пермеатотводящего насоса или открытие вентиля контроля расхода пермеата

В такой конфигурации для защиты мембран от высыхания уровень воды в МБР-емкости всегда должен быть на 300 – 500 мм выше, чем верхняя часть МБР-модуля (см. рис. 2.2). Если уровень в емкости понижается до нижней точки, откачка пермеата должна быть прекращена (уровень нельзя контролировать по насосу отвода избыточного ила, если возвратный ил первоначально подается в расположенную рядом аэрационную емкость, из которой иловая смесь в МБР-емкость подается переливом).

Во избежание частых отключений откачивающего насоса на линии пермеата следует использовать альтернативный вариант с илонакопителем после МБР-емкости. Стабильное значение уровня в МБР-емкости будет поддерживаться путем перелива в илонакопитель, избыточный и возвратный ил будут отводиться из илонакопителя. В данном случае уровень является относительно изменяемой переменной.

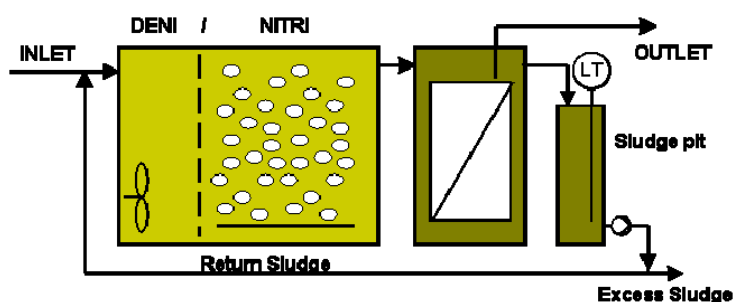


Рисунок 4.4 Блок-схема процесса с илонакопителем

#### 4.2.6 Контроль расхода воздуха

Входным сигналом от системы контроля будет сигнал расходомера с трубопровода подачи воздуха, функция контроля может быть реализована следующим образом:

Переменные на входе:	Расход воздуха
Изменяемые величины на выходе:	Скорость вращения воздуходувки или открытие вентиля контроля расхода воздуха

Когда контроллер находится в положение “Auto” и расход воздуха ниже установленной контрольной точки, то выходной сигнал увеличивается (поэтому увеличивается прозор вентиля контроля расхода воздуха или частота вращения воздуходувки) до момента достижения контрольной точки. Расход воздуха должен быть постоянным, следует избегать флуктуаций расхода воздуха. В этой связи контроль подачи воздуха и подающих трубопроводов должен производиться отдельно от аэрационных систем биологической очистки или стадии предварительной подготовки.

### **4.3 Обработка и представление данных процесса: эксплуатация, запись и хранение данных**

#### **4.3.1 Общие рекомендации**

Разработка программного обеспечения для контроля технологического процесса должна проводиться с учетом выполнения следующих задач:

- Отображение диаграммы активных потоков, включая индикацию положения каждого вентиля или компонента системы вентиляей, в том числе для всех аналоговых данных.
- Отображение и графическое представление основных параметров контроля, включая диаграммы для соответствующих аналоговых данных.
- Контроль технологических параметров.
- Индикация превышения величины/значения, сигналы.
- Доступ к технологическим параметрам.
- Удаленная передача данных (LapLink or PC Anywhere)

Доступ к системе контроля технологическим процессом должен иметь 2 уровня допуска:

#### **Уровень 1: Пароль не требуется**

- Обычный режим эксплуатации системы.
- Выбор/запуск/остановка программ, эксплуатация в ручном режиме.
- Изменение таймеров и предельных точек контроля, доступных оператору.

#### **Уровень 2: Требуется пароль для доступа**

- Изменение критичных (влияющих на Гарантию) точек контроля и таймеров, устанавливаемых инженером процесса

Мы рекомендуем следующие параметры для контроллера с программируемой логикой и системы диспетчерского управления данных:

- Персональный компьютер, промышленный компьютер:
- $\geq 2$  GB оперативной памяти / 120 GB жесткий диск / CD привод / высокоскоростной модем (V90) или ISDN card (пакет программ для удаленного доступа)
- Сенсорный экран  $\geq 19$  дюймов
- Цветной экран (например, струйный)
- Система бесперебойного питания (размер определяется потреблением контроллера и персонального компьютера в течение  $\sim 10$  мин).

#### **4.3.2 Технологическая схема процесса и маски**

Графическое представление процесса должно быть реализовано на цветном экране.

Путем анализа диаграмм расход и динамики изменения технологических параметров оператор всегда обладает информацией о том, в какой стадии находится процесс в конкретный момент времени. Время обработки и дополнения данных, а также время обновления информации на экране не должно превышать 500 миллисекунд.



Должна существовать определенная иерархия диаграмм изменения расхода и основных технологических параметров. При этом на самом верхнем уровне должны располагаться общие данные о процессе, включая наиболее важные технологические параметры (аналоговые данные расходомеров, датчиков давления). Рекомендуется предусмотреть возможность выбора интересующей диаграммы указателем типа мышь или на сенсорном экране из меню процесса. В окне детального представления данных собираются все соответствующие процессу сигналы аналоговых данных, вентилей и агрегатов.

Ниже приведен пример цветного представления компонентов, цветовая схема может быть изменена в зависимости от предпочтений/требований региона/местности.

- |                                |         |
|--------------------------------|---------|
| - Статус-ON                    | Зеленый |
| - Статус-OFF                   | Белый   |
| - Ошибка                       | Красный |
| - Предельная величина / Сигнал | Красный |

TORAY рекомендует предусмотреть следующие опции системы контроля:

Таблица 4.1 Меню системы контроля

No	Название	Описание
1	<b>Просмотр маски</b>	В данной маске показан выбор доступных масок.
2	<b>Маска выбора и основных стадий процесса</b>	В данной маске имеется несколько опций запуска/остановки автоматического режима, выбор ручного режима и т.п.
3	<b>Диаграмма потоков "Просмотр процесса"</b>	Показаны основные потоки, аналоговые технологические данные, индикация текущего состояния системы (Ручной/автоматический режим).
4	<b>Детализированная диаграмма потоков "Технологическая линия в работе"</b>	Приведены показатели и статус каждого вспомогательного устройства или системы устройств (моторы и т.п.), все аналоговые данные
5	<b>Отчеты</b>	Команды оператора в хронологической последовательности (выбор/старт/стоп), изменения контрольных точек, таймеров, граничных величин и т.п.
6	<b>Протоколы сигналов</b>	Представлены сигналы, включая статус «Приход», «Принято», «действие» в хронологическом порядке.
7	<b>Графическая диаграмма для технологических данных</b>	Свободный выбор временных интервалов и границ изменения основных технологических данных, выбор представления данных (до 4-х значений вместе на одной диаграмме).
8	<b>Конфигурация контроллера</b>	Изменение параметров контроллера (P/I/D). Защищено паролем.
9	<b>Предельное значение маски</b>	Индикация и изменение границ изменения всех технологических параметров процесса. Защищено паролем.
10	<b>Таймер/счетчик маски</b>	Индикация и изменение всех таймеров и счетчиков. Защищено паролем.

#### 4.3.3 Обслуживание процесса

##### **Команды процесса**

Команды процесса могут выдаваться с терминала путем нажатия соответствующей иконки на экране.

Команды процесса:

- Выбор режима процесса (ручной/автоматический).
- Выбор/старт/остановка последовательности программ.
- Изменение текущих величин контроллера.
- Изменение состояния контроллера (ручной/автоматический).
- Изменение таймеров/счетчиков и предельных значений.

##### **Команды контроля (ВКЛ (ON) / ВЫКЛ (OFF))**

Команды контроля могут быть доступны только в ручном режиме.

Поэтому сначала должен быть выбран ручной режим процесса, затем путем нажатия на нужный символ процесса/системы управления можно управлять частотным регулятором.

Если одна из частей системы (например, технологическая линия) была переключена в ручной режим цвет экрана или иконки, сообщающей об этой системе/процессе должен измениться. Это позволит легко отличить, какие рабочие элементы системы были переключены или работают в ручном режиме. Для моторов с частотным приводом в ручном режиме должно быть выбрано и предустановленно определенное значение скорости вращения.

##### **Сообщения и сигналы об отказах в работе системы**

Сообщения об отказе в работе того или иного оборудования могут быть отмечены изменением цвета иконки или миганием соответствующего символа. После устранения неполадки цвет должен измениться на первоначальный или символ должен перестать мигать. Ошибки в аналоговых технологических данных должны быть отмечены красными флажками или цветом символов. Численные значения основных технологических данных, счетчиков и т.п. должны быть показаны на диаграмме процесса.

Каждое сообщение о неполадке, отказе в работе того или иного оборудования должно быть записано на принтер или внешнее устройство для последующего изучения.

#### 4.3.4 Хранение данных (возврат к исходной точке – back-up)

Во избежание потери данных при отключении/перебоев электропитания все данные должны храниться на дополнительном жестком диске. Мы рекомендуем предусмотреть автоматическое сохранение данных на жестких диск и запись на съемные носители (CD, флеш-память) каждый день.

#### 4.3.5 Запись технологических параметров

Для правильной эксплуатации системы фильтрации и сохранения Гарантии на мембранные модули необходимо проводить регулярную запись технологических параметров в журнале и в виде диаграмм. Журнал хранения данных и диаграммы должны выводиться на печать ежедневно, с последующим хранением.

### Журнал данных

Журнал фиксации данных для каждой технологической линии должен содержать следующие данные:

Аналоговые данные:

• Давление пермеата во время фильтрации	X.XXX	бар
• Давление пермеата во время релаксации	X.XXX	бар
• Расход пермеата во время фильтрации	XXX.X	м <sup>3</sup> /ч
• Температура жидкости в МБР-емкости	XX	°C
• Расход исходного (возвратного) ила	XXX	м <sup>3</sup> /ч
• Расход воздуха	XXXX	м <sup>3</sup> /ч
• Уровень в МБР-емкости	X.XX	м
• Расход избыточного ила	XX.X	м <sup>3</sup> /ч

Цифровые данные:

• Количество пермеата во время фильтрации	XXXXXX	м <sup>3</sup>
• Количество избыточного ила	XXXXXX	м <sup>3</sup>

Установки таймера для:

• Время фильтрации / время релаксации	XX / XX	мин
• Интервалы между очисткой диффузора	XX	час

Онлайн данные и/или лабораторные данные для:

• Концентрация ила/доза ила	X.X	г/л
• рН иловой смеси	X.XX	
• Мутность пермеата	X.X	NTU
• ХПК в пермеате	XXXX	мг/л
• NH <sub>4</sub> -N в пермеате	XXXX	мг/л

Расчетные данные для:

• Транс-мембранного давления (P статическое-P всасывание) XXX мбар	
• Удельного расхода пермеата (расход с м <sup>2</sup> мембраны) л/м <sup>2</sup> час	XX.X

Отметки оператора:

- Поле для ввода замечаний и отметок оператора.

Диаграммы данных

Для выбора диаграмм данных мы рекомендуем следующее:

- Необходимо, чтобы четыре технологических параметра могли быть представлены на диаграмме.
- Свободный выбор различных технологических параметров для построения диаграммы.
- Изменение масштаба и вида графика в одной цветовой гамме.
- Вывод данных на печать.
- Свободный выбор временного промежутка из истории наблюдений (например, 15 мин / 30 мин / 1 час / 1 день)

#### **4.4    *Рекомендации по пересылке технологических данных***

Мы рекомендуем оборудовать компьютеры и терминалы графической обработки данных интернет доступом (модем/ISDN/ADSL/LAN) и дополнять специальным программным обеспечением для удаленного доступа (PC Anywhere или эквивалентную). После соединения с удаленным терминалом Ваш персонал будет иметь возможность оказывать поддержку оператору на месте расположения установки.