

## Глава 4. Методы реконструкции сооружений водоотведения.

### 4.1. Реконструкция насосных станций водоотведения.

Насосные станции систем водоотведения - это комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий отведение сточных вод в соответствии с нуждами потребителя. Насосные станции обеспечивают подачу сточных вод на очистные сооружения, если рельеф местности не позволяет отводить эти воды самотеком. Строительство насосных станций позволяет также избежать большого заглубления самотечных коллекторов.

Тип насосной станции водоотведения определяется: глубиной заложения подводящего коллектора; объемом сточных вод, поступающих на насосную станцию; видом перекачиваемой сточной жидкости; гидрогеологическими условиями строительства; типом устанавливаемых насосных агрегатов и способом их управления.

По роду перекачиваемой жидкости насосные станции водоотведения делятся на четыре группы: для перекачивания бытовых сточных вод, производственных сточных вод, атмосферных вод и осадков, образующихся на очистных сооружениях.

К насосным станциям, перекачивающим производственные стоки, предъявляется ряд требований, учитывающих агрессивность сточной жидкости по отношению к бетону, чугуну, стали. Также необходимо применять специальные насосы и устройства для периодической промывки установок чистой водой.

Насосные станции для перекачки атмосферных вод сооружают на сетях в тех случаях, когда отсутствует возможность их транспортировки самотеком к месту сброса.

Насосные станции для транспортировки осадков находятся в едином комплексе сооружений очистки сточной жидкости и обработки осадков. Они служат для перекачки сброшенного осадка и активного ила на сооружения для дальнейшей их обработки.

В зависимости от места расположения в общей схеме водоотведения города и выполняемых функций, станции могут быть:

**локальные** - предназначены для транспортировки сточных вод от отдельно стоящих зданий, административно-хозяйственных помещений, домов индивидуальной застройки и т.п. в самотечные коллекторы;

**районные** – осуществляют транспортировку сточных вод от жилых микрорайонов из лежащих ниже коллекторов в лежащие выше;

**главные** – перекачивают сточную жидкость, отводимую со всей территории города на очистные сооружения.

В настоящее время при проектировании насосных станций водоотведения предусматривается строительство в едином комплексе с насосной станцией аварийно-регулирующих или аварийных резервуаров для сглаживания неравномерности притока сточных вод или обеспечения надежной работы системы водоотведения в аварийных ситуациях (отключение энергоснабжения насосных станций или создавшаяся аварийная обстановка на насосных станциях и др.).

Состав оборудования, его конструктивные особенности, тип, количество основного и вспомогательного оборудования определяется, исходя из объема сточных вод, поступающих на насосные станции.

**Насосные агрегаты для перекачки сточных вод.** Конструктивные особенности насосных агрегатов обуславливаются составом перекачиваемой сточной жидкости, который характеризуется большим количеством крупных и мелких включений. Кроме этого в стоках содержится и песок, являющийся абразивным материалом.

Учитывая это, лопастям рабочего колеса придается более обтекаемая форма; на корпусе насоса для производства работ по очистке рабочего колеса предусмотрены люки-ревизии; рабочие колеса изготавливают из твердосплавных материалов, например, титана, или обрабатывают специальным покрытием, которое в значительной степени предохраняет рабочее колесо от абразивного износа; внутренняя полость корпуса защищена сменны-

ми дисками; улитки насосных агрегатов должны быть покрыты специальным твердосплавным составом для предохранения от абразивного износа.

Согласно ГОСТу 113-79-80 динамические насосы для сточной жидкости выпускают следующих типов: СД - центробежные, СДС - свободновихревые. По расположению вала: горизонтальные, вертикальные (В), полупогружные (П). По уплотнению вала: сальниковое; торцовое; без уплотнения. По ступеням перекачки: одноступенчатые; двухступенчатые.

В насосных станциях помимо насосных агрегатов для перекачки сточных вод и других видов жидкостей устанавливаются решетки (решетки с ручной или механизированной очисткой, решетки-дробилки). Одним из важнейших элементов надежности работы насосных станций является запорно-регулирующая арматура: затворы, задвижки, обратные клапаны.

Для проведения монтажных, ремонтных и профилактических работ в надземной и подземной частях насосной станции устанавливаются грузоподъемные механизмы (кошки и тали, подвесные кран-балки, мостовые краны).

Для пуска, регулирования в процессе работы насосного агрегата и его остановки, а также для управления запорно-регулирующими устройствами, дренажным насосом и т. д. в надземной части в специальных помещениях монтируется энергетическое оборудование и оборудование для управления работой насосными агрегатами, запорной и регулирующей арматурой, а также щиты с контрольно-измерительными приборами и автоматики (оборудование КИПиА).

Насосные станции, осуществляющие перекачку сточных вод, по напряжению, подаваемому от источников энергоснабжения, подразделяются на 2 типа: насосные станции с напряжением до 1000 В (0,4 кВ), такие станции называют низковольтными; насосные станции с напряжением свыше 1000 В ( $6 \div 10$  кВ), такие станции называют высоковольтными.

На насосных станциях, оборудованных низковольтными электродвигателями, применяют магнитные и вакуумные контакторы для включения насосных агрегатов. Для включения различного вспомогательного оборудования применяют всевозможные магнитные пускатели и автоматические выключатели, разъединители. Для отключения от сети высокого напряжения различных аппаратов, приборов или отдельных участков цепи применяют разъединители.

Поэтому при реконструкции насосной станции выбор технологической и энергетической схемы работы во многом определяет компоновку оборудования насосной станции, стоимость строительства, надежность и долговечность ее работы, а также удобство и экономичность эксплуатации.

При реконструкции насосных станций эти схемы разрабатывают на основании подробного анализа обследования состояния насосных станции (состояние технологического состояния подводящих самотечных сетей и напорных водоводов, оборудования, установленного в насосной станции, состояния строительных конструкций, геодезических и геологических данных и др.).

Предварительный экономический анализ реконструкции может производиться по соотношению укрупненных объемов строительных работ, устанавливаемого оборудования и основных параметров работы насосных станций (перекачиваемых расходов воды, создаваемых напоров и др.).

Поэтому в анализе состояния насосной станции в обязательном порядке должны быть установлены следующие данные: состояние строительных конструкций, особенно в подвальной части здания с уточнением ее водонепроницаемости; наличие и состояние системы вентиляции в помещении решеток, машинном зале и подсобных помещениях; наличие и состояние систем водоснабжения и канализации; наличие и состояние системы отопления; определение марки и типов, установленных насосов и электродвигателей; уточнение их состояния; состояние всасывающих и напорных трубопроводов и запорно-

регулирующей арматуры; наличие и состояние решеток на крупных станциях с определением состояния строительных конструкций зданий решеток, состояния и комплектности механизированных решеток, дробилок и другого подсобного оборудования; состояние электроосвещения, энергообеспечение насосной станции и степень её автоматизации.

Реконструкцию насосной станции, возможно, осуществлять следующими методами:

- ✓ установкой насосных агрегатов на более производительные современные;
- ✓ установкой современного оборудования пуска и регулирования работы насосными агрегатами (высокочастотные преобразователи);
- ✓ изменением технологической схемы работы насосной станции с полной перепланировкой подземной части (вся подземная часть, включая машинное отделение) переделывается в приёмный резервуар и установки погружных насосов;
- ✓ изменением технологической схемы работы насосной станции с полной перепланировкой подземной части и установкой погружных насосов с системой «плавного пуска» (частное регулирование) с новой системой КИПиА;
- ✓ изменением технологической схемы работы насосной станции с устройством регулирующего резервуара и, включая все вышеперечисленные мероприятия.

Перспективным направлением реконструкции насосных станций является практическая реализация идеи «зарегулирования канализационного стока» с целью уменьшения коэффициента неравномерности притока сточных вод на очистные сооружения. В идеальном случае строительство регулируемых водоотводящих систем состоит в том, чтобы обеспечить после створа регулирования равномерную загрузку очистных сооружений в течение любых суток.

Известно, что, в общем случае, коэффициент неравномерности ( $K_{н. общ.}$ ), определяемый как отношение максимальной за год величины расхода к средней, имеет две составляющие: коэффициент суточной неравномерности ( $K_{н. сут.}$ ) и коэффициент часовой неравномерности ( $K_{н. час.}$ ):

$$K_{н. общ.} = K_{н. сут.} \cdot K_{н. час.}$$

$K_{н. общ.}$  определяется в соответствии с действующим СНиП,  $K_{н. сут.}$  принимает значения от 1,20 до 1,35 в зависимости от производительности системы.

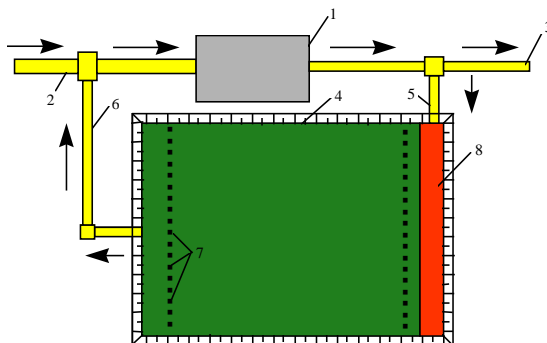
Исследования по созданию аварийно-регулирующих резервуаров на насосных станциях в 80-90-ых годах активно проводились на кафедре водоотведения под руководством проф. Калицуна В.И.

В 1996 году МГП «Мосводоканал» совместно с ГУП институтом «Мосводоканал-НИИпроект» был разработан, построен и введен в эксплуатацию новый тип канализационного сооружения - *аварийно-регулирующий резервуар (АРР)*, предназначенный для приема бытовых и производственных сточных вод при авариях, отказах на сооружениях и в часы пик. Использование регулирующих емкостей достаточного объема в составе водоотводящих систем (ВС) позволяет уменьшить значение  $K_{н. сут.}$  за счет снижения численного значения  $K_{н. час.}$  до 1.

Наличие регулирующей емкости в составе водоотводящих сетей качественно меняет их тип, так как после створа регулирования, т.е. для последующих элементов водоотведения, расчетный расход может быть уменьшен на величину  $K_{н. час.}$ . Становится возможным обеспечить практически в любое время суток равномерный режим загрузки очистных сооружений; значительно увеличивается резерв пропускной способности сетей в створе регулирования и для всей последующей цепочки коммуникаций и сооружений. Особенно эффективно использование АРР в составе реконструируемых водоотводящих сетей, так как увеличивается коэффициент использования существующих основных фондов ВС.

При необходимости увеличения пропускной способности существующих систем водоотведения, использование традиционных способов, таких как строительство каналов, насосных станций (НС), водоводов, очистных сооружений требует, в некоторых случаях, пятидесятикратно больших затрат, чем строительство АРР.

На рис.4.1. представлена принципиальная схема расположения АРР относительно насосной станции. Создание нового структурного элемента канализационной системы «НС и АРР» позволяет осуществлять прием сточных вод в часы пик в АРР от напорных водоводов НС и последующее самотечное опорожнение АРР в ночное время или в то время, когда это возможно.



**Рис. 4.1. Схема расположения АРР относительно НС:**

1 - насосная станция перекачки сточных вод (НС); 2 - подводящий канал к НС; 3 - напорный водовод от НС; 4 - регулирующая емкость АРР; 5 - труба, соединяющая напорный водовод от НС с АРР; 6 - труба, соединяющая АРР с подводящим каналом НС; 7 - фильтры-поглотители для газо-воздушной смеси; 8 - галерея задвижек АРР.

В основе инженерного решения НС и АРР приняты: рассредоточенная система подачи сточных вод в АРР через эжекторы с коническим насадком, расположенным под углом к горизонту, определяемым расчетом; лотковая часть дна АРР, имеет уклон в сторону опорожнения, при котором обеспечивается самоочищающая скорость смыва осадка сточных вод. Подробный расчёт АРР приведен в главе «Насосные станции» учебника «Водотведение и очистка сточных вод». М., АСВ, 2006 г..

#### **4.2. Реконструкция сооружений механической очистки.**

##### **Реконструкция решёток.**

Решётки предназначены для задержания в сточных водах, содержащихся крупно-размерных (более 1 см) отбросов, которые являются отходами хозяйственно-бытовой и производственной деятельности и представляют собой остатки пищи, упаковочные материалы, бумагу, тряпье, санитарно-гигиенические, полимерные, волокнистые материалы и др.

В процессе транспортирования по водоотводящим сетям крупноразмерные отбросы адсорбируют содержащиеся в сточных водах органические соединения, жиры, а, образующийся на поверхности отбросов слой органических и других загрязнений способствует налипанию на них значительного количества песка, шлаков и других минеральных частиц, что приводит к формированию многокомпонентных крупноразмерных органо-минеральных составляющих отбросов. Осредненная плотность органо-минеральных составляющих близка к плотности воды, что облегчает последующий перенос песка на крупноразмерных частицах через решетки и песколовки.

В конечном итоге песок выпадает в осадок в первичных отстойниках, что затрудняет выгрузку осевшего осадка, его перекачку по илопроводам и выгрузку сброженного осадка из метантенков. Кроме того, легкие плавающие отбросы, проходя через отстойники, усложняют работу сооружений доочистки или выносятся с очищенными сточными водами в водоемы, что является недопустимым.

Эффективное удаление крупноразмерных загрязнений из сточных вод при их прохождении через решетки позволит обеспечить нормальную эксплуатацию песколовков, первичных отстойников, метантенков, трубопроводов и каналов подачи осадков на метантенки, в цеха механического обезвоживания или на иловые площадки.

Решетки являются первым элементом всех технологических схем очистки сточных вод. Они устанавливаются в уширенных каналах перед песколовками.

В процессе длительной эксплуатации механизированных решёток на очистных сооружениях водоотведения были выявлены следующие недостатки в их конструкции:

1. недостаточная продольная и поперечная жёсткость фильтровальных пластин;
2. непродолжительный ресурс работы подшипниковых узлов механизма;
3. непродолжительный ресурс работы пластмассовых накладок.

Грабли располагаются перед решеткой со стороны потока вод. Некоторый период времени при проектировании очистных сооружений считалось, что основной функцией сороздерживающих решеток являлась защита механического оборудования и трубопроводов от засоров и, поэтому, решетки упомянутой конструкции соответствовали этому требованию.

Новые технологии и механизмы очистки воды и обработки осадков вызвали ужесточение требований водоохранных нормативных актов о недопустимости засорения водотоков-приемников очищенных сточных вод, кроме того, технологическая эффективность решеток перестала удовлетворять этим условиям. Положение усугублялось также тем, что в процессе эксплуатации возникала недопустимая деформация стержней решетки в поперечном направлении, что изменяло величину прозоров в диапазоне от 2-5 мм до 40-45 мм, что соответственно, ухудшало эффективность сороздержания.

В задачу повышения эффективности по задержанию многокомпонентных крупно-размерных органико-минеральных составляющих сточных вод входит разработка новой совершенных сороздерживающих решеток. Эта задача заключается в следующем:

1. Максимально возможное извлечение из сточных вод грубодисперсных механических примесей (ГДМП).
2. Обеспечение надежной регенерации процеживающего элемента (решетки) от задержанного шлама.
3. Необходимость сохранить сложившиеся планировочные решения и высотную схему очистных сооружений.

Рассмотрим некоторые примеры реконструкции решёток на примерах крупнейших московских станций аэрации:

При разработке проектов предусматривается, что шлам с решеток подвергается дроблению и вместе с осадком первичных отстойников направляется на обработку в метантенки.

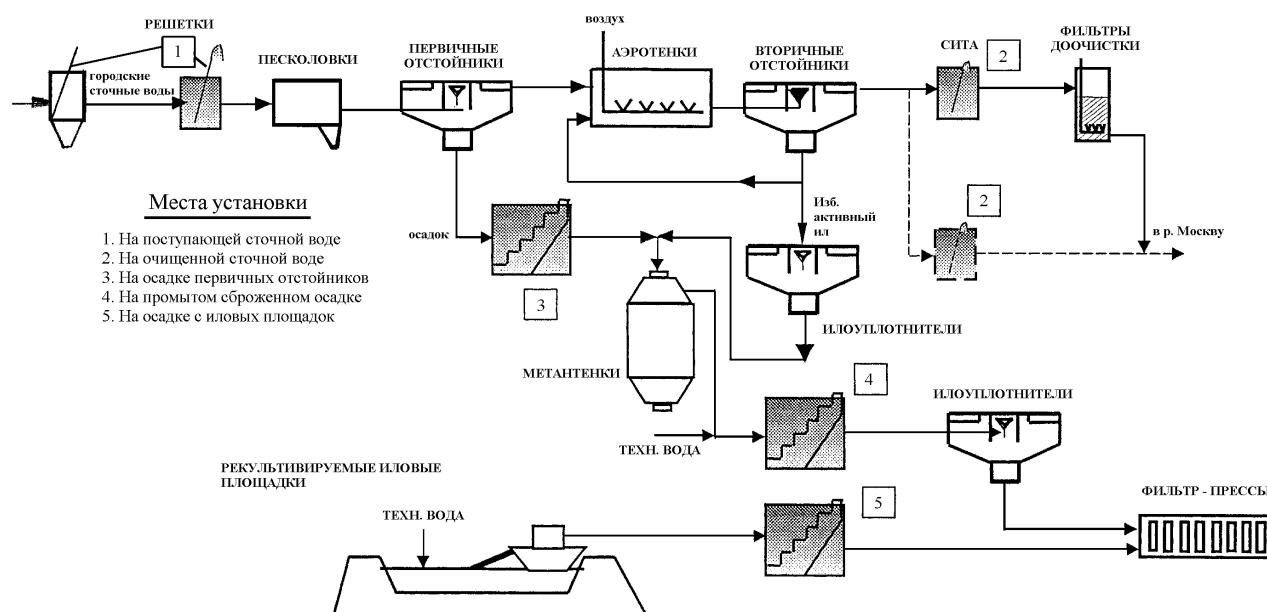
Для защиты метантенков от ГДМП возможно процеживание осадка первичных отстойников через решетки ступенчатого типа. Такое решение наиболее приемлемо при реализации схемы самостоятельной подготовки осадка к сбраживанию: процеживание - удаление песка - уплотнение.

Работу по подбору оптимальной конструкции решеток следует продолжать по двум направлениям:

- а) закупка и производственные испытания прогрессивных образцов решеток из мирового парка этих механизмов;
- б) разработка и производство на базе имеющегося опыта эксплуатации усовершенствованной решетки отечественного производства.

От надежности и эффективности работы сороздерживающих решеток зависит работа всех последующих сооружений и механизмов на станции аэрации.

На рисунке 4.2 показана перспективная технологическая схема установки решёток и сит на примере станции аэрации.



**Рис. 4.2. Перспективная схема установки решеток и сит на станциях аэрации**

В соответствии с этой схемой введение дополнительных решеток и песколовок грубой очистки позволяет создать наиболее благоприятные условия эксплуатации расположенных за ними мелкопрозорных решеток и песколовок, рассчитанных на удержание самых мелких фракций песка (0,07-0,1 мм), и как следствие, обеспечить оптимальные условия удаления осадка из первичных отстойников и его перекачки на обработку.

#### **Реконструкция песколовок.**

Сточные воды, после решеток содержат значительное количество нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.). Песколовки предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей, главным образом песка. Применение песколовок, то есть раздельная очистка сточных вод от минеральных и органических примесей, обусловлена тем, что при совместном их выделении в отстойниках возникают значительные затруднения при удалении осадка из отстойников и дальнейшей его обработке. Песколовки следует предусматривать во всех случаях, когда в состав очистных сооружений входят отстойники.

Песколовки представляют собой сооружения непрерывного действия, рассчитанные таким образом, чтобы в них выпадал и песок и другие тяжелые минеральные частицы, но не выпадал легкий осадок органического происхождения. По нормам в песколовках должен задерживаться песок с гидравлической крупностью (скоростью выпадения) 18,7-24,2 мм/сек с обеспечением выпадения его не менее 65% от содержащегося в сточных водах.

Песколовки подразделяются по направлению движения воды на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости (на тангенциальные и аэрируемые).

*Горизонтальные песколовки* представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением. Другими важнейшими элементами песколовки являются: входная часть песколовки, представляющая собой канал, ширина которого равна ширине самой песколовки; выходная часть, представляющая собой канал, ширина которого сужена от ширины песколовки до ширины отводящего канала; бункер для сбора осадка, обычно располагаемый в начале песколовки под днищем.

Необходимо обратить внимание на следующее оборудование: механизм для перемещения осадка в бункер, гидроэлеваторы и насосы для удаления осадка из песколовки и транспорта его к месту обезвоживания или другой обработки. Осадок в бункеры может перемещаться с помощью гидромеханических систем.

*Вертикальные песколовки* успешно эксплуатируют на ряде очистных станций. Они имеют цилиндрическую форму, а подвод воды - по касательной с двух сторон в основании. Конусная часть служит для сбора выпавшего осадка. Сбор и отвод воды осуществляют кольцевым лотком. При вертикальном движении воды вверх песок осаждается вниз. Следовательно, скорость восходящего потока жидкости должна быть меньше гидравлической крупности песчинок улавливаемого песка, т.е.  $v < U_0$ .

Вертикальные песколовки удобны для накопления больших объемов осадка. Их целесообразно применять в полураздельных системах и на станциях очистки поверхностных вод.

Наиболее эффективно работающие *тангенциальные песколовки* имеют круглую форму в плане и касательный подвод воды к ним и обеспечивают в песколовках вращательное движение (на периферии вода движется вниз, а в центре - вверх). Оно способствует поддержанию в потоке органических примесей. В ней интенсифицируется вращательное движение жидкости, что способствует улавливанию песка с минимальным содержанием органических включений.

Рассмотрим основные недостатки существующих песколовков:

1. Песколовки всех упомянутых выше типов, рассчитанные на задержание фракций песка  $D = 0,2-0,25$  мм, как это рекомендуется действующими СНиП, не могут обеспечить содержание песка в осадке первичных отстойников менее 5 %, что необходимо для нормальной работы последующих сооружений.

2. Высокая эффективность задержания песка расчетных фракций и большое содержание в исходной воде песка с диаметром меньше расчетной фракции свидетельствуют о том, что, исходя из условия достижения его концентрации в осадке первичных отстойников менее 5 %, расчет песколовков необходимо производить на удаление песка фракции 0,1 мм, а не 0,2-0,25 мм, как это предусмотрено действующим СНиПом.

3. Аэрируемые песколовки в сравнении с вертикальными и, тем более, горизонтальными не обеспечивают необходимого качества пескового осадка и уступают последним по эффективности задержания песка, кроме того, стоимость строительства аэрируемых песколовков из-за их большой глубины значительно выше, чем традиционных горизонтальных.

Отмеченные недостатки песколовков на КСА происходят из того, что по действующим СНиП 2.04.03-85, за счет поддержания скоростей движения воды не менее задаваемого предела (0,3 м/с), при задержании песка в песколовках одновременно стараются получить песковой осадок с минимальным содержанием органики, что противоречит требованию уменьшения скорости для максимального осаждения песка.

Характеристики работы песколовков различных типов представлены в таблице.

Таблица 4.1.

Характеристика работы песколовков различных типов

Тип песко- ловок	Содержание песка в ис- ходной во- де, %		Эффективность задержания песка в песколовке, %			Золь- ность пес- ково- го осад- ка, %	Содержание песка в осадке первичных отстойников после песколовок, %					
	фракций		Об- щая	в том числе			Об щее	в том числе фракций				
	≥ 0,25 мм	< 0,25 мм		≥0,2 5 мм	< 0,25 мм			≥0,25 мм	>0,1 4	>0,0 9	>0,07 1	≤ 0,07
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Аэри- руемые	42,7	57,3	47,9	86,7	18,9	77,6	8,01	0,90	2,52	0,63	2,45	1,51
Верти- кальные	49,7	50,3	69,1	96,2	42,5	78,3	6,80	0,40	1,62	0,49	2,62	1,67

Горизон тальные	68,7	31,3	80,7	99,1	43,3	88,7	6,60	0,49	1,83	0,48	2,42	1,38
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

В зарубежной практике отказались от стремления получить в песколовке песковой осадок с минимальным содержанием органики. Для максимального удаления песка время пребывания воды в песколовке следует назначать в пределах 15-30 мин, что подтверждается зарубежной практикой эксплуатации, т.е. песколовка работает как предварительный отстойник.

Поскольку увеличение длины песколовки во многих случаях не реально из-за невозможности размещения песколовки в существующие планировочные решения, то в этом случае следует интенсифицировать процессы очистки конструктивным нестандартным оборудованием.

Значительное влияние на эффективность улавливания песка оказывает полнота выгрузки задержанного в песколовке осадка, зависящая от надежности выгрузочных механизмов.

В 80-х годах механическое перемещение осадка вдоль песколовки было заменено гидромеханическим, которое состояло из трубы диаметром 200 мм с 84 spryskami диаметром 10 мм каждый. Многолетняя эксплуатация этой системы также показала ее ненадежность, выразившуюся в систематическом засорении spryskov и накопления песка лотка на днище в виде валиков.

Необходимо обратить внимание, что гидроэлеваторы, предназначенные для откачки пескового осадка из-за абразивного износа сопла и горловины, периодически выходили из строя.

При реконструкции выгрузку пескового осадка вместо гидроэлеватора можно производить грунтовым насосом типа ГРАТ, имеющим более высокий КПД (48-50 %) по сравнению с гидроэлеватором (15-20 %). Забор осадка из каждой песколовки к насосу производится подъемным оголовком, соединенным с всасывающей трубой насоса через шарнир, что позволяет осмотреть и очистить всасывающее отверстие оголовка не опорожняя песколовки.

Песковой осадок с песковых площадок не может быть утилизирован или депонирован, так как содержит большое количество органических загрязнений и является опасным в бактериальном отношении. Для придания песковому осадку безопасных в санитарном отношении свойств необходима его обработка. В соответствии с технологической схемой реконструкции песковой осадок, выгружаемый из песколовки всех блоков необходимо собирать в буфере-накопителе. Для обеспечения постоянства консистенции и расхода пульпы в дневную смену осадок из накопителя насосом через гидроциклон подается в шнековый пескопромыватель, а оттуда поступает на виброгрохот (сито) с прозорами 2 мм, где от песка отделяется крупная органика (семечки, косточки фруктов, кости и т.п.) и поступает в бункер-шламонакопитель. Песок из подгрохотного пространства через зумпф насосом подается в чан-пропариватель с мешалкой, где подвергается дезинфекции термическим методом. Обеззараженный песок дополнительно промывается водой, обезжизняется в шнековом промывателе и поступает в песковой бункер. Из бункеров шлам вывозится на свалку, а песок на утилизацию. Промывные воды возвращаются в песколовку.

Многолетний статистический анализ работы песколовки показывает, что расчет песколовки следует производить на задержание песка крупностью фракции 0,1 мм, а не 0,15–0,25 мм, как это предусмотрено существующими нормативными требованиями

Для обработки осадка песколовки может быть также принята одностадийная схема, которая заключается в отмывке пескового осадка от органических примесей методом гидравлической классификации, осуществляемой в напорных гидроциклонах ГЦР-500 и спиральных классификаторах КС1-12, с получением конечного продукта с зольностью 80-85% и влажностью около 30%.



### ***Реконструкция отстойников.***

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом выделения из сточных вод грубодиспергированных примесей с плотностью, отличной от плотности воды. Под действием силы тяжести частицы загрязнений оседают на дно сооружения или всплывают на его поверхность.

Относительная простота отстойных сооружений обуславливает их широкое применение на различных стадиях очистки сточной воды и обработки образующихся осадков. В зависимости от своего назначения и расположения в технологических схемах очистки сточных вод отстойные сооружения подразделяются на следующие: отстойники - первичные, вторичные и третичные (контактные резервуары); илоуплотнители; осадкоуплотнители.

**Первичные отстойники** располагаются в технологической схеме очистки сточных вод непосредственно за песколовками и предназначаются для выделения взвешенных веществ из сточной воды, что при достигаемом эффекте осветления 40-60% приводит также к снижению величины БПК в осветленной сточной воде на 20-40% от исходного значения

Во избежание повышенного прироста избыточного активного ила в аэротенках и биопленки в биофильтрах остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной сточной воде после первичных отстойников не должна превышать 100-150 мг/л. В зависимости от исходной начальной концентрации взвешенных веществ в сточной воде, составляющей 200-500 мг/л, обуславливает выбор наиболее рациональной технологии первичного осветления и требуемой продолжительности отстаивания.

**Вторичные отстойники** являются составной частью сооружений биологической очистки, располагаются в технологической схеме непосредственно после биоокислителей и служат для отделения активного ила от биологически очищенной воды, выходящей из аэротенков, или для задержания биологической пленки, поступающей с водой из биофильтров.

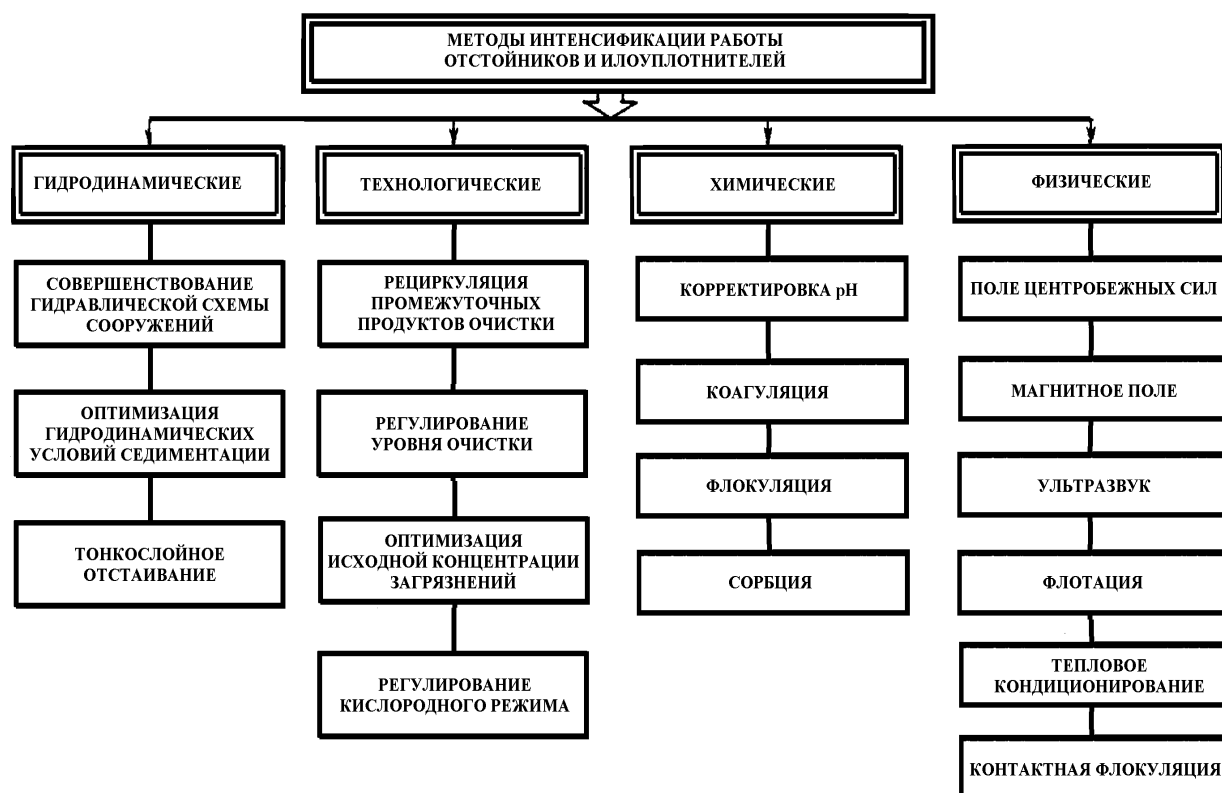
Эффективность работы вторичных отстойников определяет конечный эффект очистки воды от взвешенных веществ.

Для технологических схем биологической очистки сточных вод в аэротенках вторичные отстойники в какой-то степени определяют также объем аэрационных сооружений, зависящий от концентрации возвратного ила и степени его рециркуляции, способности отстойников эффективно разделять высококонцентрированные иловые смеси.

**Осадкоуплотнители.** В зависимости от принятой схемы очистных сооружений уплотнению могут подвергаться осадки из первичных отстойников, избыточные активные илы, смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, флотационный шлам, осадки и илы после стабилизации.

Прирост активного ила зависит от содержания в очищаемой воде взвешенных и растворенных (преимущественно органических) веществ и от эффективности работы первичных отстойников. Чем лучше работают первичные отстойники, тем меньше образуется избыточного активного ила.

Для интенсификации работы отстойников предлагается следующие методы:



**Рис. 4.3. Методы интенсификации работы отстойников и илоуплотнителей.**

Обширные исследования, проведенные за последние годы в нашей стране и за рубежом, позволили разработать и испытать различные методы интенсификации процессов отстаивания сточных вод и уплотнения образующихся осадков. Однако из известных методов интенсификации первичного отстаивания наибольшее распространение для очистки городских сточных вод получили методы, связанные с использованием биофлокулирующих свойств избыточного активного ила и биопленки, имеющих в своем составе внеклеточные биополимеры, обуславливающие пространственное структурирование и биофлокуляцию клеточных образований.

Избыточный активный ил и биопленка представляют собой естественные биофлокулирующие добавки, образующиеся в процессе биологической очистки сточных вод. Использование их биофлокулирующих свойств целесообразно в качестве одного из самых экономичных методов физико-химического воздействия на формирование агломераций мелкодисперсной взвеси в процессе ее седиментации (осаждения).

Исследования в области изучения закономерностей процессов седиментации и гидродинамических условий ее реализации, позволили разработать и оптимизировать технологию первичного осветления сточных вод с использованием избыточного активного ила как биофлокулянта, которая обеспечивает повышение эффективности осаждения веществ в любой сточной воде до 85 - 90% и снижение БПК в осветленной воде на 40 - 50%. Возможная схема реализации этой технологии в радиальном первичном отстойнике приведена на рис. 4.4.

Размещенная в центральной части радиального отстойника зона биофлокуляции позволяет обеспечить при 20-минутном пребывании сточной воды эффективный контакт между частицами мелкодисперсной взвеси и активного ила.

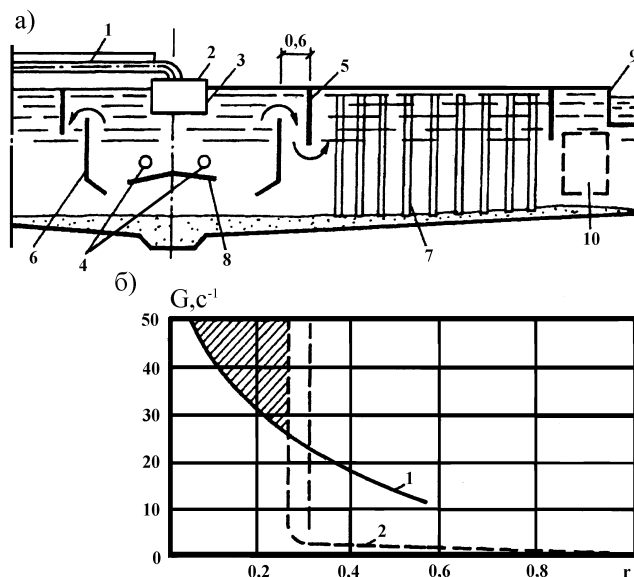


Рис. 4.4. Схема радиального отстойника с камерой биофлокуляции (а) и распределения градиентов скорости до (кривая 1) и после реконструкции (кривая 2).

(б): 1 – подвод сточной воды и активного ила; 2 – распределительная камера; 3 – зона биофлокуляции; 4 – дырчатые аэраторы; 5 – полупогружная перегородка; 6 – затопленные перегородки; 7 – низкоградиентная мешалка; 8 – защитный зонт; 9 – сборный водослив; 10 – тонкослойные блоки перекрестной схемы.

Имеющийся гидродинамический потенциал входящего потока (дополняется устройством аэратора в виде дырчатых труб, что в совокупности обеспечивает в зоне биофлокуляции необходимый градиент скорости перемешивания  $50-60 \text{ c}^{-1}$  (кривая 1)).

Из зоны биофлокуляции сточная вода проходит под перегородкой зоны воздухоотделения, где отделяются прилипшие пузырьки воздуха, способные в дальнейшем ухудшить условия седиментации.

В зоне осветления отстойника процесс седиментации стимулируется низкоградиентным перемешиванием, которое при  $G = 1-2 \text{ c}^{-1}$  обеспечивает оптимальные условия для осаждения взвешенных веществ и уплотнения образующегося осадка. Расположенные на периферии отстойника тонкослойные блоки перекрестной схемы осаждают воду на завершающей стадии, перед ее поступлением в сборный лоток. Многолетняя эксплуатация первичного отстойника, модифицированного по данной технологической схеме, показала его высокую эффективность как по задержанию взвешенных веществ - 60-80%, так и по снижению БПК в осветленной воде на 40-70% по сравнению с исходной. Однако тонкослойные блоки весьма материалоёмки.

При оптимальных добавках активного ила 160-200 мг/л, соответствующих приросту избыточного активного ила, эффективность осветления по взвешенным веществам и БПК составляла соответственно 75-80% и 50-70%, при этом влажность смеси осадка и избыточного ила, выгружаемого из отстойника, составляла 96,0-96,5%.

Интенсификация работы первичных отстойников возможна также за счет применения непрерывной откачки выпадающего осадка с его последующим уплотнением в осадкоуплотнителе. Преимущества данной технологии заключаются в поддержании практически нулевого (не более высоты скребков) слоя осадка на днище отстойника и повышения тем самым эффекта осветления воды. Быстрое удаление выпадающего осадка, особенно при условии тщательной «зачистки» всего днища скребками, позволяет избегать так называемого залеживания осадка с его последующим анаэробным распадом и попаданием в осветляемую воду трудноосаждаемых продуктов разложения.

Необходимо совершенствовать конструкции устройств для удаления плавающих веществ с поверхности радиальных отстойников, наиболее распространенных на станциях аэрации. Качающиеся приемные бункеры, затапливаемые при прохождении над ними фермы скребка и собирающие таким образом плавающие вещества, вместе со значительным количеством воды обеспечивали влажность удаляемой смеси порядка 97%.

#### ***4.3. Реконструкция песколовков Люберецкой станции аэрации.***

На ЛбСА и НЛбСА были построены песколовки горизонтального типа. Горизонтальные песколовки выполнены из железобетона и представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением.

Согласно проекту на ЛбСА и НЛбСА песколовки выполнены длиной 20 м, площадью сечения 6×2 м (h).

Важнейшими элементами песколовков являются: входная часть представляющая собой канал, выходная часть - водослив с широким порогом, приямок (бункер) для сбора песка.

Скорость движения протока сточной жидкости по горизонтальным песколовкам равна 0,3 м/сек.

На Люберецкой станции аэрации песок, который осаждается на дно по всей площади, сгребается скребковым механизмом в приямок. Удаление песка из приямков песколовков производится гидроэлеваторами.

На НЛбСА сбор песка в бункер производится системой гидросмыва. Конструктивно система гидросмыва представляет собой следующее: по дну песколовки устроены 4 лотка шириной 1 м, по которым проложены стальные трубопроводы  $d=200$  мм со sprысками с двух сторон. Общее количество sprысков 70 шт.

Подача промывной воды в смывной трубопровод осуществляется насосами, установленными в здании решеток.

Поступивший в бункер песок, разбавленный технической водой, транспортируется по пульпопроводу на обработку.

Как показал опыт эксплуатации, основными недостатками в работе песколовков ЛбСА является то, что оборудование песколовков со скребками включает сложную систему механизмов: обслуживание и ремонт которых требует больших трудозатрат.

Применённая на НЛбСА система гидросмыва значительно проще в эксплуатации, но не обеспечивает полного удаления песка из песколовков. Поэтому специалистами был разработан проект реконструкции песколовков. В рассматриваемом варианте сечение песколовки принимается в форме трапеции, что позволяет увеличить давление в трубопроводах гидросмыва и снизить количество подаваемой технической воды в 2 раза.

По первоначальной технологической схеме осадок с песколовков ЛбСА откачивался гидроэлеваторами на песковые площадки. Протяженность пескопроводов составляла более 3-х км с большим количеством дюкерных участков. Создавалась ситуация, когда гидроэлеваторы не прокачивали пульпу на такое расстояние, часто происходили засоры на трубопроводах, а гидроэлеваторы из-за абразивного износа сопла выходили из строя, что приводило к накоплению песка в приямке.

Многолетний анализ работы песколовков показал, что их расчет необходимо производить на задержание песка крупностью фракции 0,1 мм, а не 0,15 – 0,25 мм, как это было предусмотрено существующими нормативными требованиями.

В 1986 году в составе комплекса сооружений Новолюберецкой станции аэрации был построен цех по обработке осадка песколовков. Проектом предусматривалось получать при обработке осадка песколовков свободный от органических примесей песок с зольностью 94-96% при влажности 21-23% для последующего его захоронения.

Принципиальная схема обработки осадка песколовков, базировалась на сочетании двух последовательных технологических операций гидравлической классификации материала – в гидроциклонах и спиральных классификаторах.

В 1992 году на основе комплексного обследования была выполнена реконструкция цеха песка. В настоящее время установка по обработке песка песколовок, включает два напорных гидроциклона ГЦР-500 и спиральный классификатор большей производительности КСМ-10. Вся эта установка была компактно размещена на надбункерной площадке песколовок, что исключало использование конвейера.

Установка отличалась высокой эксплуатационной надежностью и позволила вывести цех песка на стабильный режим работы с получением песка влажностью 25 – 30%, который в значительной мере был очищен от органических веществ, при этом зольность пескового продукта составила 80 – 85%.

Эти мероприятия позволили отказаться от неэффективной системы складирования на песковых площадках жидкого и быстрозагнивающего осадка песколовок.

В 1993 году схема обработки осадка песколовок была дополнена буферно-усреднительным узлом на базе одной песколовок НЛБСА для предварительного накопления и усреднение материала перед подачей его на установку.

В 1994 году на основании положительного опыта эксплуатации установки институтом МосводоканалНИИпроект был разработан проект новой промышленной установки обработки осадка песколовок, размещенной в строящемся здании решеток НЛБСА.

Работа по монтажу, наладке и освоению новой установки выполнена в 1996 году.

Для обработки осадка песколовок на новой установке принята одностадийная схема, которая заключается в отмывке пескового осадка от органических примесей методом гидравлической классификации, осуществляемой в напорных гидроциклонах ГЦР-500 и спиральных классификаторах КС1-12, с получением конечного пескового продукта зольностью порядка 80-85% и влажностью порядка 30%.

Установленное оборудование скомпоновано в две независимые технологические линии. Обязка оборудования предусматривает возможность обработки подаваемого из песколовок ЛБСА и НЛБСА осадка, как отдельно – на обеих линиях одновременно, так и совместно – на одной технологической линии (вторая в резерве). Осадок из песколовок НЛБСА может подаваться на буферно-распределительный узел, состоящий из буферно-распределительной песколовки, оборудованной гидроциклоном ГЦР-500 для попутного уплотнения поступающей песковой пульпы и частичного удаления в сливную воду легких фракций органики.

Сливная вода с установки и буферно-распределительного узла направляется в отводящий канал песколовок НЛБСА.

Обезвоженный готовый песковой продукт поступает в накопительный бункер.

Из бункера готовый продукт периодически вывозится автосамосвалами на площадку складирования.

Разработанная установка может рассматриваться как типовая для применения в схемах очистки городских сточных вод на действующих и проектируемых станциях аэрации.

#### ***4.4. Реконструкция сооружений биологической очистки.***

Биологические методы очистки сточных вод выделяются среди других методов очистки универсальностью и экологической чистотой, так как в основе этого метода лежат процессы, протекающие в природе непрерывно.

Основная разница в процессах очистки заключается в интенсификации этих процессов в сооружениях биологической очистки различными методами (подачей сжатого кислорода, увеличением дозы активной биомассы в объеме сооружения, применение загрузочных материалов, температурном регулировании и другими способами).

Наибольшее распространение в практике очистки сточных вод получили распространение биологические фильтры и аэротенки. Эти сооружения достаточно надежны в работе, просты в эксплуатации и эффективны, но чувствительны к резким колебаниям притока сточных вод или изменению концентрации загрязнений, которые оказывают не-

благоприятное воздействие на качественные показатели очищенных сточных вод перед сбросом их в водоёмы.

#### 4.5. Аэротенки.

Современный аэротенк представляет собой гибкое, но достаточно сложное в технологическом отношении сооружение. Аэротенки применяют для полной или частичной очистки коммунальных и производственных сточных вод в широком диапазоне концентраций загрязнений и расходов сточных вод.

Для обеспечения нормального функционирования аэротенков необходимо, помимо сточной воды, подавать активный ил и кислород (в виде обычного сжатого воздуха или обогащённую кислородом газовую смесь).

Условия интенсивной работы аэротенков обеспечиваются:

- ✓ величиной нагрузки по органическим загрязнениям на активный ил;
- ✓ дозой и величиной индекса активного ила;
- ✓ скоростью изъятия и окисления, содержащихся в сточной воде органических загрязнений;
- ✓ седиментационной способностью активного ила;
- ✓ обеспечением равномерной аэрации всего объема сооружения;
- ✓ соответствием параметрам, при которых протекают биологические процессы (рН, температура, наличие органических загрязнений в необходимом количестве и биогенных элементов).

Аэротенки условно можно классифицировать по следующим основным признакам (см. рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Классификация аэротенков.**

Главным критерием, обуславливающим характеристики работы аэротенка, является гидравлическая схема его функционирования. В соответствии с ней можно классифицировать аэротенки на: аэротенки-вытеснители аэротенки с рассредоточенным впуском очищаемой воды и сосредоточенным впуском активного ила аэротенки-смесители.

На рис. 4.6 приведены конструктивные решения аэротенков, показывающие основные конструктивные различия между этими сооружениями и которые позволяют определять основные пути их реконструкции.

## Аэротенк-вытеснитель

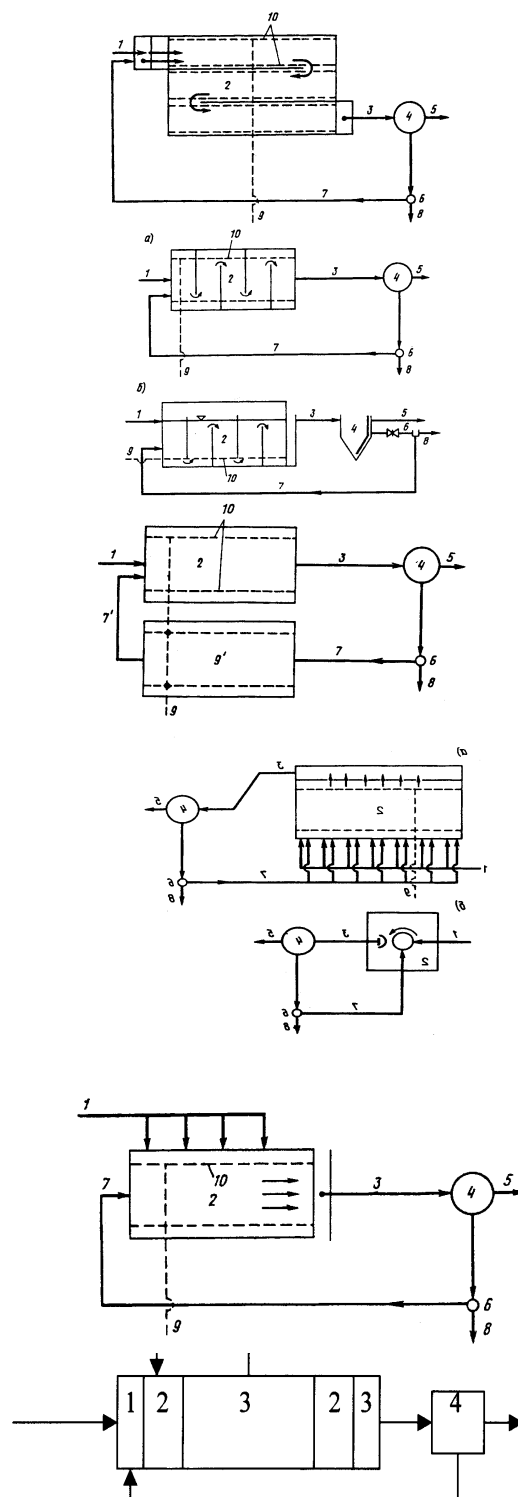
Продольное секционирование аэротенков поперечными перегородками

Аэротенк с регенерацией активного ила

Аэротенк-смеситель

Аэротенк с рассредоточенным впуском воды.

Аэротенк с одноиловой системой денитрификации



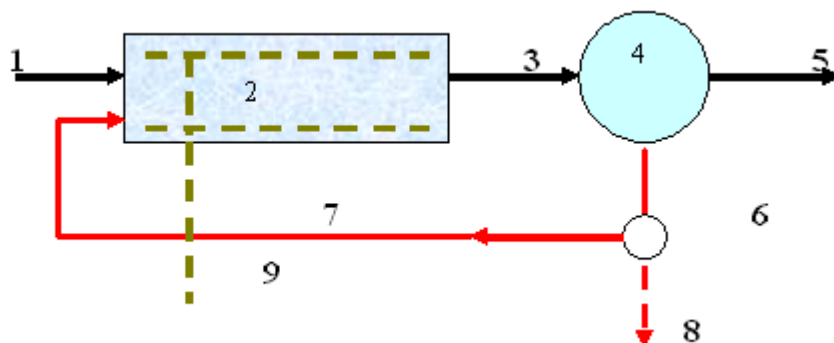
**Рис. 4.6. Основные схемы работы аэротенков.**

Обследование строительных конструкций аэротенков или других сооружений, которые включены в состав сооружений биологической очистки, имеют особое значение, так как все эти сооружения должны быть герметичны и обладать определённой прочностью. В возможности использования существующих зданий, сооружений и коммуникаций в соответствии с техническим заданием на реконструкцию.

При обследовании строительных конструкций используются специальные методы и инструменты для определения состояния железобетонных и металлических конструкций и их прочностных характеристик.

Расчёты выполняются по известным методикам расчёта аэротенков и коммуникаций, которые приведены в учебнике под редакцией С.В. Яковлева и Ю.В. Воронова «Во-доотведение и очистка сточных вод» М, изд-во АСВ 2006 г.

Рассматривая основные концепции реконструкции аэротенков наиболее наглядно их можно отследить на классической схеме аэротенка, которая приведена на рис. (рис. 4.7). На этой схеме с определённой степенью точности можно определить наиболее важные узлы и технологические параметры, которые могут подвергаться реконструкции или интенсификации



**Рис. 4.7. Классическая схема биологической очистки сточных вод:**

1 - сточная вода после первичных отстойников; 2 - аэротенк; 3 - иловая смесь из аэротенков; 4 - вторичный отстойник; 5 - очищенная вода; 6 - иловая камера; 7 - циркуляционный активный ил; 8 - избыточный активный ил; 9 - воздух из воздуходувок; 10 - аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке.

Практически все системы биологической очистки со свободно плавающим илом содержат следующие основные элементы:

- ✓ емкостные сооружения, неразделённые или разделенные на емкости (зоны) с аэрацией и без аэрации;
- ✓ оборудование для аэрации;
- ✓ оборудование для перемешивания (обеспечения поддержания ила во взвешенном состоянии в емкостях, где подача воздуха исключается или нежелательна);
- ✓ коммуникации и оборудование для перекачки рециркуляционных потоков;
- ✓ система АСУ ТП.

#### **4.5.1. Современное оборудование для биологической очистки сточных вод.**

##### **Аэрационные системы**

Большинство современных аэрационных систем относится к мелкопузырчатым. На крупных очистных сооружениях механические аэраторы, как правило, не применяются. Аэрационные системы состоят из воздухопроизводящей системы (решетки) и аэраторов. Воздухопроизводящая система с помощью специальных деталей крепится к днищу сооружения. Аэраторы на клеевых или резьбовых соединениях крепятся к воздухопроизводящей системе. Материалом для воздухопроизводящей системы обычно служит пластик или нержавеющая сталь.

Аэраторы состоят из пористого элемента, через который воздух подается в аэрируемую среду (диффузора) и корпуса. По типу аэраторов можно разделить на трубчатые, дисковые и пластинчатые, которые, в зависимости от материала диффузоров, бывают с открытыми порами или с закрытыми порами. Диффузоры с открытыми порами изготавливают из керамики, пластика, титана и др. материалов. Диффузоры с закрытыми порами изготавливают из специальной резины или силикона. Диффузоры с закрытыми порами используются в системах с пульсирующей аэрацией. После прекращения подачи воздуха



поры сжимаются, препятствуя попаданию иловой смеси в аэрационную систему и ее засорению.

Современные аэрационные системы характеризуются:

- ✓ эффективностью переноса кислорода (как правило, указывается для стандартных условий): 18-26 %,
- ✓ потерей давления в диффузорах: 0,25-0,50 м вод. ст.;
- ✓ сроком службы диффузоров и аэрационных решеток: не менее 5 лет;
- ✓ технологичностью монтажа и ремонта.

Сегодня рынок предлагает широкий спектр как российских, так и зарубежных аэрационных систем: OTT Systems; Flygt (Sanitar); НПП «Патфил» и трубчатые «Экополимер», «Этек» и др..

### ***Погружные мешалки и погружные рециркуляционные насосы.***

Погружные мешалки предназначены для перемешивания иловой смеси и применяются в технологиях биологической очистки со свободно плавающим илом.







По типу мешалки можно разделить на низкооборотные и высокооборотные.

Низкооборотные мешалки имеют диаметр лопастей 1,2-2,5 м, 2 или 3 лопасти, частоту вращения пропеллера 15-120 об/мин, электродвигатель мощностью 1-5 кВт и предназначены для организации кругового движения воды в сооружениях.

Высокооборотные мешалки имеют диаметр лопастей 0,15-0,9 м, 2 или 3 лопасти, частоту вращения пропеллера до 1400 об/мин, электродвигатель мощностью 0,2-16 кВт и предназначены для перемешивания отдельных емкостей и локальных зон.

Погружные рециркуляционные насосы предназначены для перекачки иловой смеси из одной технологической зоны в другую. По конструкции аналогичны высокооборотным мешалкам, дополнительно на пропеллер устанавливается кольцо, для подключения к напорному трубопроводу. Насосы имеют диаметр пропеллера 0,25-0,8 м, мощность двигателя 1,5-16 кВт, производительность до 5000 м<sup>3</sup>/час, напор от 0,1 до 2 м.

В комплект входит, как правило, вертикальная стойка, служащая для подъема-опускания оборудования, а также опорой для крепления мешалки или насоса. Вертикальная стойка крепится к днищу анкерными болтами и в верхней части – к стенке или мостику.

Наименование производителя	Низкооборотные мешалки	Высокооборотные мешалки	Пропеллерные насосы
KSB (Германия)			
ABS (Швеция)			



**Рис. 4.8. Оборудование ведущих европейских производителей.**

В комплект может быть включено переносное подъемное устройство (одно на несколько единиц мешалок или насосов).

Поскольку технологии глубокой очистки от биогенных элементов внедряются на отдельных очистных сооружениях в России последние 3-5 лет, серийное производство погружных мешалок и погружных пропеллерных насосов в России в настоящее время отсутствует. На рис. 4.8 представлено оборудование ведущих европейских производителей.

*Запорно-регулирующая арматура.*

Для обеспечения оптимального технологического режима в системах биологической очистки с удалением биогенных элементов необходимо постоянное регулирование подачи воздуха. Для этих целей применяется запорно-регулирующая арматура следующих типов:

- дисковые поворотные заслонки (баттерфляй);
- задвижки шиберного типа.

При выборе запорно-регулирующей арматуры следует учитывать:

- устойчивость к факторам воздействия окружающей среды – температуре и влажности (в большинстве случаев арматура устанавливается на открытом воздухе, непосредственно на сооружениях);
- для привода: скорость открытия/закрытия (для аэрационных систем нормальное время открытия/закрытия – 120-180 сек.);
- наличие предохранителей для защиты электроники, видимого индикатора позиции, наличие датчиков положения, возможность интеграции в АСУ ТП.

Образцы продукции ведущих европейских производителей представлены: WECO Armaturen (Германия) задвижки шиберного типа; Danfoss (Дания) дисковые поворотные заслонки (типа баттерфляй); EBRO Armaturen дисковые поворотные заслонки (типа баттерфляй); KSB (Германия) дисковые поворотные заслонки (типа баттерфляй)

### *Воздуходувки с регулируемой подачей воздуха.*

Для нагнетания воздуха в аэрационные системы используются следующие виды оборудования:

- ✓ высоконапорные вентиляторы (можно использовать при напоре до 3 м водяного столба);
- ✓ турбовоздуходувки;
- ✓ кулачковые воздуходувки (на принципе вакуум насоса Рута).

Регулирование подачи воздуха может осуществляться электрическим способом (частотное регулирование) либо механическим способом (гидромуфта, изменение геометрических характеристик всасывающего коллектора).

Для воздуходувки большой производительности применяют механическую систему регулирования. На всасывающем коллекторе, в непосредственной близости от рабочего колеса устанавливается аппарат, внутри которого размещена система лопаток с изменяемым углом – см. рис. .... закручивание входящего потока, что изменяет как производительность, так и потребляемую мощность агрегата. Изготовление воздуходувки большой производительности осуществляется под заказ.

### *Приборы технологического контроля.*

Приборы технологического контроля являются одним из необходимых элементов в современных технологиях биологической очистки. Они применяются как собственно для контроля в режиме on-line, так и для автоматического управления процессом.

Спектр измеряемых параметров достаточно широк, наиболее часто на сооружениях биологической очистки измеряемыми параметрами являются: расходы воздуха и жидкостей; растворенный кислород; взвешенные вещества или содержание сухого вещества; нитраты; аммонийный азот; фосфаты; общий органический углерод.

Приборы технологического контроля делятся на лабораторные и промышленные, стационарные и переносные.

При выборе марки прибора следует учитывать:

- ✓ диапазон измерений;
- ✓ погрешность измерения (как правило, в пределах 2 %);
- ✓ потребность в реагентах;
- ✓ срок службы заменяемых деталей (мембраны, датчики и т.д.);
- ✓ трудоемкость процедуры калибровки и периодичность калибровки;
- ✓ возможность интеграции с системой АСУ ТП;
- ✓ для промышленных приборов:
- ✓ устойчивость к факторам воздействия окружающей среды;
- ✓ тип установки (открытая емкость, напорный трубопровод)
- ✓ наличие системы отбора проб и пробоподготовки, либо измерение непосредственно в среде зондом.

### **Список производителей приборов технологического контроля.**

Таблица 4.1.

Наименование	Страна	Виды выпускаемых приборов технологического контроля
Danfoss	Дания	кислородомеры, расходомеры
Dr. Lange	Германия	анализаторы общего органического углерода, анализаторы аммонийного азота, азота нитратов, фосфора фосфатов, анализаторы аммонийного азота, азота нитратов, фосфора фосфатов
Endress+Hauser	Германия	кислородомеры, расходомеры, концентратомеры взвешенных веществ и сухого вещества в осадке, кислородомеры,

SERES	Франция	кислородомеры, анализаторы аммонийного азота, азота нитратов, фосфора фосфатов
Sigma		пробоотборники
STIP Isco	Германия	анализаторы БПК
Technoprocur	Швейцария	кислородомеры, анализаторы общего органического углерода, анализаторы БПК, пробоотборники, концентратомеры взвешенных веществ и сухого вещества в осадке
WTW	Германия	кислородомеры, концентратомеры взвешенных веществ и сухого вещества в осадке, анализаторы аммонийного азота, азота нитратов, фосфора фосфатов

#### 4.5.2. Основные концепции реконструкции аэротенков.

Рассмотрим, не учитывая конкретные конструкции аэротенков, по известной классической схеме очистки сточных вод возможные варианты реконструкции сооружений и оборудования, в зависимости от достижения необходимых показателей очищенной сточной воды.

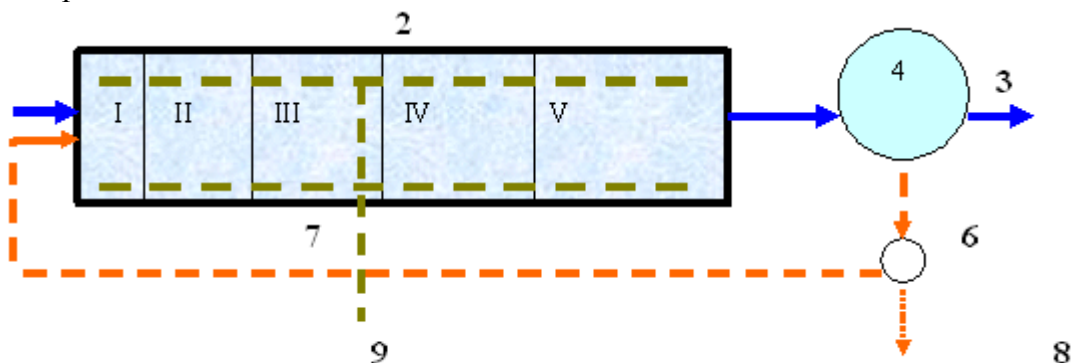
##### Секционирование аэротенков.

Применение продольного секционирования аэротенков поперечными перегородками, не доходящими либо до дна (или чередующимися: не доходящими то до дна, то до уровня воды), либо до противоположной стены (рис.3.8.) значительно повышает эффективность работы аэротенков, как по изъятию органических соединений, так и по снижению содержания аммонийного азота в очищенной воде (примерно до 3-5 мг/л).

Секционирование позволяет практически исключить продольное перемешивание иловой смеси в аэротенке и обеспечивает более полное приближение технологического режима работы аэротенка к режиму идеального вытеснителя и более строго поддерживать заданный режим аэрации в пределах каждой секции. Число таких секций принимается по рекомендациям чисто практического характера и подтверждается расчётом аэротенков-вытеснителей.

Существенные отличия от классической схемы биологической очистки в аэротенках имеют модификации, которые приближают работу аэротенков к стадийности биологического процесса очистки или создания в них одинаковых по объёму или по длине аэротенка условий с точки зрения нагрузки на активный ил или кислородного режима.

На рис. 4.9 приведён пример реконструкции способом продольного секционирования аэротенков.



**Рис. 4.9. Реконструкция аэротенка продольным секционированием.**

1 - сточная вода после первичных отстойников; 2 - аэротенк; 3 - иловая смесь из аэротенков; 4 - вторичный отстойник; 5 - очищенная вода; 6 - иловая камера; 7 - циркуляция;

ляционный активный ил; 8 - избыточный активный ил; 9 - воздух из воздуходувки; 10 - аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке.

### **Реконструкция аэротенков с использованием прикрепленных биоценозов.**

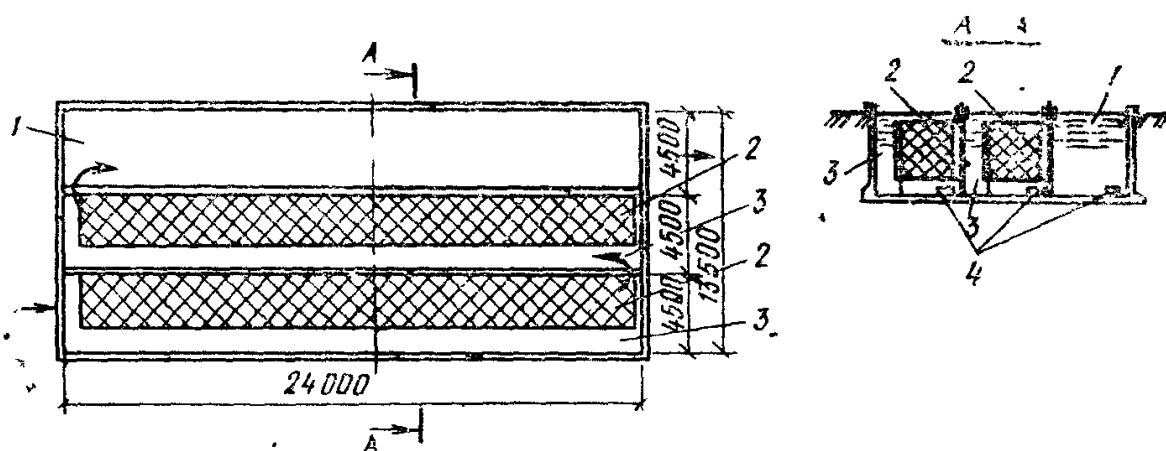
Перспективным направлением повышения дозы ила в аэрационном сооружении является использование нейтральных носителей для образования на них фиксированной микрофлоры. В этом случае в аэротенке поддерживаются два вида микробиальных культур: свободно плавающая, представляющая собой активный ил в обычном его понимании и прикрепленная к носителю.

В качестве носителей микрофлоры используются как плавающие, так и фиксированные установленные насадки из различных материалов различной формы, позволяющие значительно увеличить дозу ила в аэротенке. К таким материалам можно отнести пластмассовый шнур (или веревку), устанавливаемый в аэротенке в виде сетей определенного плетения, свободно плавающие губки различной формы с пористостью около 97% с внутренней и внешней поверхностью, способствующей прикреплению биомассы. В аэрационной зоне этот плавающий материал (плотность его близка к 1) удерживается с помощью проволочных сеток, предотвращающих его вынос в отстойные сооружения. В отечественной практике разработаны сетчатые насадки из синтетических материалов фирмами – «Экополимер», «Этек», «Грин Фрог», «Комплект-экология» и др. Помимо сетчатых насадок используются жесткие полимерные блоки весьма близкие к загрузочному материалу биофильтров, такого вида загрузочные материалы выпускаются на Загорском опытном заводе пластмасс и ряде других предприятий.

Использование прикрепленной биомассы в аэротенках требует проведения эксплуатации отличающейся от эксплуатации аэротенков со свободноплавающим активным илом, прежде всего это заключается в том, что в сточной воде присутствуют волокнистые включения, нитки и волосы, которые могут прикрепляться к загрузке и тем самым закрывать свободный проход воды через загрузочный материал. Чтобы обеспечить эффективную эксплуатацию сооружений с прикрепленной микробиальной массой, рециркуляционный активный ил должен пройти предварительную очистку от волокнистых частиц в мелкопрозорчатых решётках, а сама загрузка должна периодически регенерироваться интенсивной продувкой воздухом.

Значительный интерес представляет собой процесс очистки сточных вод в аэротенках с прикрепленными микробиальными биоценозами без возврата активного ила. Использование этого метода было осуществлено кафедрой Водоотведения МГСУ в 60-ых годах XX века.

На рис. 4.10 показан пример реконструкции аэротенка с использованием с прикрепленной микробиальной массой.



**Рис. 4.10. Схема реконструкции трехкоридорных аэротенков с прикрепленной микробиальной массой.**

1- регенератор; 2 - погружные плоскостные модули; 3 - аэротенк, 4 - фильтросные пластины

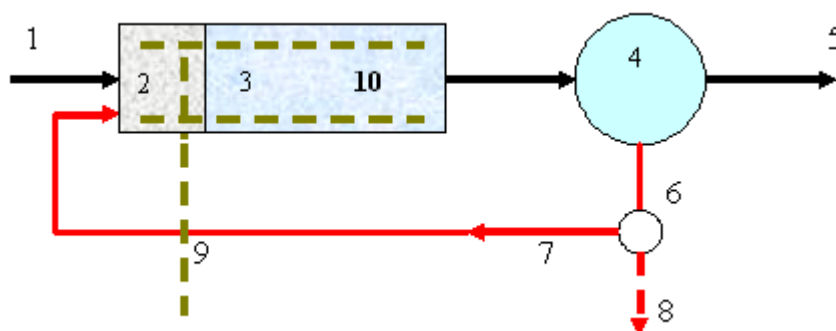
### **Реконструкция с изменением технологической схемы работы станции аэрации.**

Большое количество типов и конструкций аэротенков, а также разнообразие технологических схем очистки сточных вод даёт возможность, в зависимости от поставленной конечной цели реконструкции, изменять технологическую схему очистки сточных вод на станциях аэрации.

Реконструкция технологической схемы работы аэротенков должна носить комплексный характер. Таким образом, современная станция аэрации должна работать не только по современным технологиям, но и иметь соответствующее оборудование и систему АСУ ТП.

Реконструкция технологической схемы аэротенков зависит от характера сточных вод (хозяйственно-бытовые, производственные или смесь сточных вод) и степени их загрязнения органическими веществами, взвешенными веществами и биогенными элементами и т.д.

На рис. 4.11. приведен один из примеров изменения традиционной технологической схемы работы аэротенков в схему их работы сооружений по одноиловой системе денитри-нитрификации.



**Рис. 4.11. Пример реконструкции изменением технологической схемы работы аэротенков.**

1 - сточная вода после первичных отстойников; 2 - аэротенк; 3 - иловая смесь из аэротенков; 4 - вторичный отстойник; 5 - очищенная вода; 6 - иловая камера; 7 - циркуляционный активный ил; 8 - избыточный активный ил; 9 - воздух из воздухоподогревателей; 10 - аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке.

*Пример 1. Опыт реконструкции аэротенков Курьяновской и Люберецкой станций аэрации.*

МГП «Мосводоканал» использует на московских станциях аэрации технологии биологической очистки со свободно плавающим илом. При реконструкции московских станций аэрации также было выбрано направление на технологии со свободно плавающим илом. Изложенные в разделе вопросы относятся к специфике данного направления.

Технологический расчет сооружений биологической очистки с удалением биогенных элементов осуществляется с использованием математической модели. Наиболее известная и распространенная модель- ASM 3, для данной модели существует несколько оболочек - компьютерных программ: Simba, GPS-X, STOAT и др. Однако, для низкоконцентрированных по органическим веществам сточных вод ( $\text{БПК}_5 < 100 \text{ мг/л}$ ) применение подобных моделей не гарантирует требуемой точности расчета. В этом случае необходимо проведение исследований на лабораторной или пилотной установке.



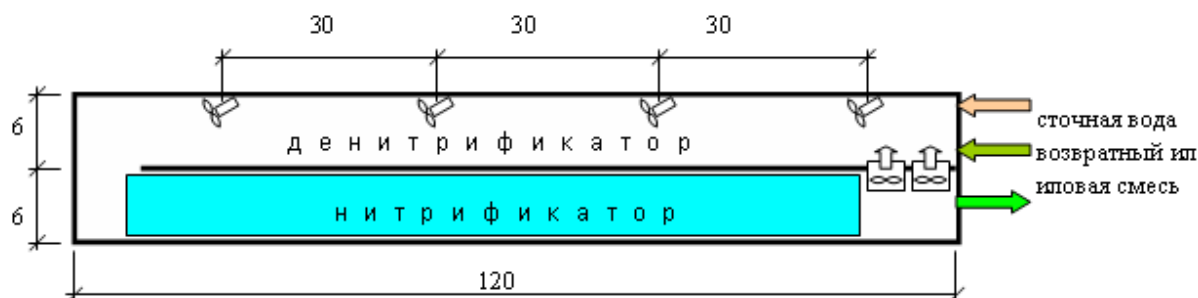
Системы биологической очистки со свободно плавающим илом содержат следующие основные элементы:

- ✓ емкостные сооружения, с разделением на емкости (зоны) с аэрацией и без аэрации;
- ✓ оборудование для аэрации;
- ✓ оборудование для перемешивания (обеспечения поддержания ила во взвешенном состоянии в емкостях, где подача воздуха исключается или нежелательна);
- ✓ коммуникации и оборудование для перекачки рециркуляционных потоков;
- ✓ система АСУ ТП.

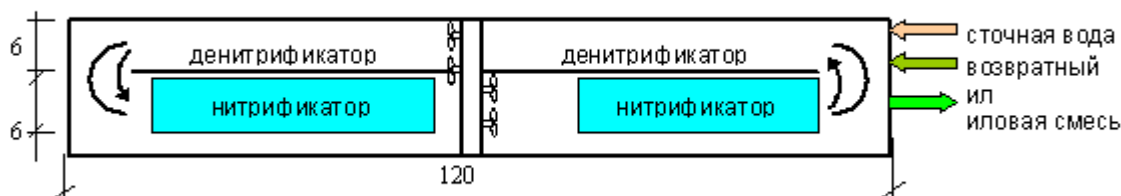
В системах нитри-денитрификации регулирование процессов может производиться по временному принципу, пространственному принципу или их комбинацией. Регулирование по временному принципу осуществляется за счет включения-выключения подачи воздуха в аэрационную систему. Регулирование по пространственному принципу обеспечивается за счет разделения объема биореактора на зоны с аэрацией и без аэрации. Существует также технология симультантной нитри-денитрификации. Необходимый баланс процесса нитри-денитрификации обеспечивается в самих хлопках активного ила, в центре которых бактерии-денитрификаторы, а на периферии бактерии-нитрификаторы. Процесс обеспечивается при поддержании в емкости низкой концентрации кислорода – 0,5-0,7 мг/л.

В целях экономии энергозатрат в технологии нитри-денитрификации применяется система с круговым движением воды, так называемая «карусель». На рис. 4.12 и в рис. 4.13 приведены две конфигурации реконструкции: «карусель» и 2-х коридорная система.

В 2-х коридорной системе поддержание ила во взвешенном состоянии в неаэрируемой зоне обеспечивается за счет мешалок, устанавливаемых, как правило, у стены коридора – см. рис. 4.12. В «карусели» рис. 4.13 поддержание ила во взвешенном состоянии также обеспечивается мешалками. Мешалки устанавливаются непосредственно в круговой поток и закрепляются к мостам, которые устанавливаются поперек потока.



**Рис. 4.12. Двухкоридорная система нитри-денитрификации.**



**Рис. 4.13. Карусельная система нитри-денитрификации.**

Из примера видно, что применение систем с круговым движением потока («карусель») обеспечивает экономию электроэнергии примерно 3 раза. Недостатком «карусели» является то, что в случае выхода из строя мешалок происходит залегание ила. Если необходимую скорость потока в карусели не удастся восстановить в течение нескольких суток, то слежавшийся на дне ил потом сложно поднять. Происходит загнивание ила и всплытие

его в виде крупных конгломератов. Проблему можно решить за счет резервных мешалок, которые могут быть установлены на дополнительном мосту, либо находиться на складе в «горячем резерве».

Системы дефосфатации обязательно включают в себя анаэробную зону, где происходит выделение соединений фосфора в раствор. Как правило, объем анаэробной зоны рассчитывается на 1-2 часа пребывания иловой смеси.

Подбор технологического оборудования производится, как правило, на конкурсной основе. Потенциальному поставщику оборудования формулируются соответствующие требования.

Основные требования для аэрационных систем заключаются в следующем:

- ✓ обеспечение потребности в кислороде (для стандартных или реальных условий);
- ✓ в режиме работы (постоянная или пульсирующая аэрация);
- ✓ в параметрах сооружений (с приложением схем и чертежей);
- ✓ в требованиях к эффективности переноса кислорода,
- ✓ в требованиях к потерям давления и долговечности системы.

Для механического оборудования:

- ✓ параметры сооружений (с приложением чертежей или схем);
- ✓ требования к скорости потока (для зон с круговым движением воды требуемая скорость потока, как правило, 0,25-0,3 м/с, что должно обеспечиваться и при включенной аэрации);
- ✓ требования по надежности и энергосбережению.

Объем строительно-монтажных работ зависит от состояния сооружений и от выбранной технологической схемы. Состав работ примерно следующий:

- ✓ демонтаж старой системы аэрации;
- ✓ демонтаж фрагментов перегородок;
- ✓ санация бетона;
- ✓ монтаж направляющих перегородок;
- ✓ монтаж мостиков для установки мешалок;
- ✓ монтаж аэрационной системы
- ✓ монтаж механического оборудования (мешалки, насосы)
- ✓ монтаж системы АСУ ТП

Для систем с круговым движением воды – «карусель» значительный объем работ по реконструкции связан со строительством направляющих перегородок. Направляющие перегородки выполняются, как правило, из монолитного железобетона. Мостики для установки мешалок выполняются из стали.

### ***Пример 2. Реконструкции аэротенков детского оздоровительного комплекса.***

Для очистки сточных вод детского оздоровительного комплекса были использованы аэротенки-отстойники, работающие в режиме полного окисления, пропускной способностью 100 м<sup>3</sup>/сут. Применение режима продленной аэрации для очистки сточных вод оздоровительных комплексов, без песколовки и первичного отстаивания, обусловлено незначительным приростом активного ила и высокой степенью его минерализации, простой эксплуатации, устойчивостью работы в режимах неравномерного поступления расхода сточных вод, или его перерывах.

Эти сооружения могут эксплуатироваться с удалением избыточного активного ила или без его удаления. В последнем случае - избыточный активный ил выносится из вторичного отстойника с очищенной сточной водой, что значительно снижает качество очистки сточной воды, а вынос взвешенных веществ может достигать 100-120 мг/л.

Для получения более высокой степени очистки следует удалять избыточный активный ил из системы, тем более что низкий его прирост позволяет производить эту операцию через значительные промежутки времени. Эффект очистки сточных вод в аэротенках составляет 85-98% по БПК<sub>полн</sub> и 90-98% по взвешенным веществам.



В результате проведённого обследования работы было установлено, что оздоровительный комплекс функционировал в тёплый период времени в период с мая по сентябрь включительно, поэтому очистные сооружения были построены на поверхности земли без утепления теплозащитным материалом.

Примененная установка биологической очистки, аэротенк-отстойник заводской готовности разработана фирмой «Биокомпакт» и по конструктивным особенностям практически не отличается от установок БИО-100, основное отличие заключается в том, что биологически очищенная сточная вода проходит через тонкослойный модуль, смонтированный на стенке разделяющий аэротенк от отстойника

Полученные санитарно-химические показатели свидетельствовали, что сточная вода имеет большое содержание взвешенных веществ и, соответственно, высокое БПК<sub>5</sub> (в среднем эти значения равны соответственно 337,6 мг/л и 285 мг/л). Отсутствие песколовки и первичного отстойника не давало возможность снизить в поступающей на очистку сточной воде концентрацию взвешенных веществ, что существенным образом сказывалось на общей эффективности работы сооружений.

Нагрузка по БПК<sub>5</sub> в среднем составила 203 г/м<sup>3</sup>сут.

Нагрузка по БПК<sub>5</sub> на 1г активного ила в сутки составила:  
при  $a=0,9$  г/л

$$q = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{a(1 - S)t} = \frac{24(285 - 43,8)}{0,9(1 - 0,33)48} = 200 \text{ мгБПК / гсут.}$$

Для того чтобы очистные сооружения работали стабильно доза активного ила должна быть: при  $Q = 35 \text{ м}^3/\text{сут}$  не менее 1 г/л; при  $Q = 50 \text{ м}^3/\text{сут}$  - 2-3 г/л.

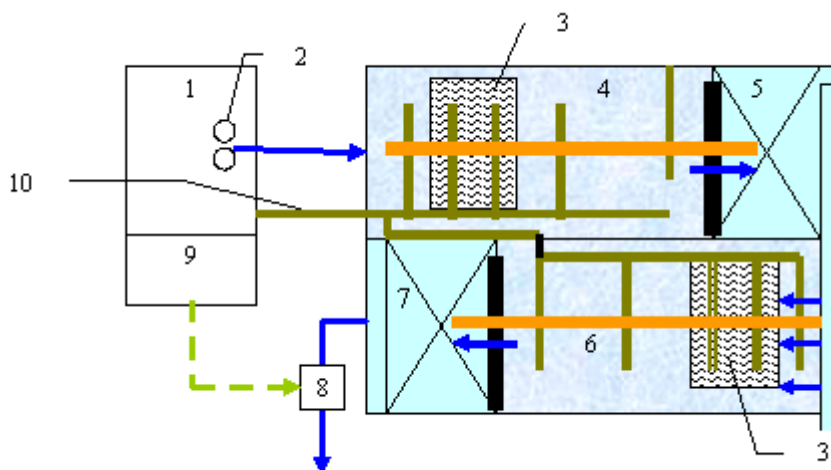
На основании анализа работы очистных сооружений можно сделать вывод, что для получения стабильных и качественных показателей очистки сточных вод необходимо провести модернизацию очистных сооружений и устранение технологических и конструктивных недостатков.

Для выполнения работ по реконструкции необходимо выполнить следующие мероприятия:

- ✓ для задержания грубых примесей и песка необходимо установить перед аэротенком решетки и песколовки;
- ✓ для интенсификации процессов биологической очистки и увеличения микробиальной массы в аэротенках следует установить блоки инертного носителя биомассы;
- ✓ использовать имеющиеся ёмкости аэротенка-отстойника для организации работы сооружения в две ступени очистки;
- ✓ усовершенствовать систему эрлифтной перекачки активного ила;
- ✓ заменить существующие насосы подачи сточной воды на очистку на насосы малой производительности и эксплуатировать их в автоматическом режиме;
- ✓ для обеспечения процесса смешения изменить место ввода трубопровода с раствора гипохлорита

На основании выводов по обследованию очистных сооружений были разработаны рекомендации реконструкции аэротенков отстойников с учётом сезонной работы оздоровительного лагеря.

Технологическая схема реконструкции аэротенков-отстойников системы КУ-100 приведены на рис. 4.14.



**Рис. 4.14. Реконструкция аэротенков-отстойников оздоровительного центра.**

1 - насосно-воздуходувная станция; 2 - песколовки; 3 - инертный носитель микробиальной массы; 4 - первая ступень аэротенка; 5 - вторичный отстойник; 6 - вторая ступень аэротенка; 7 - третичный отстойник; 8 - смеситель; 9 - хлораторная; 10 - воздухопровод.

*Пример 2. Реконструкции очистных сооружений медицинского реабилитационного центра и жилого посёлка.*

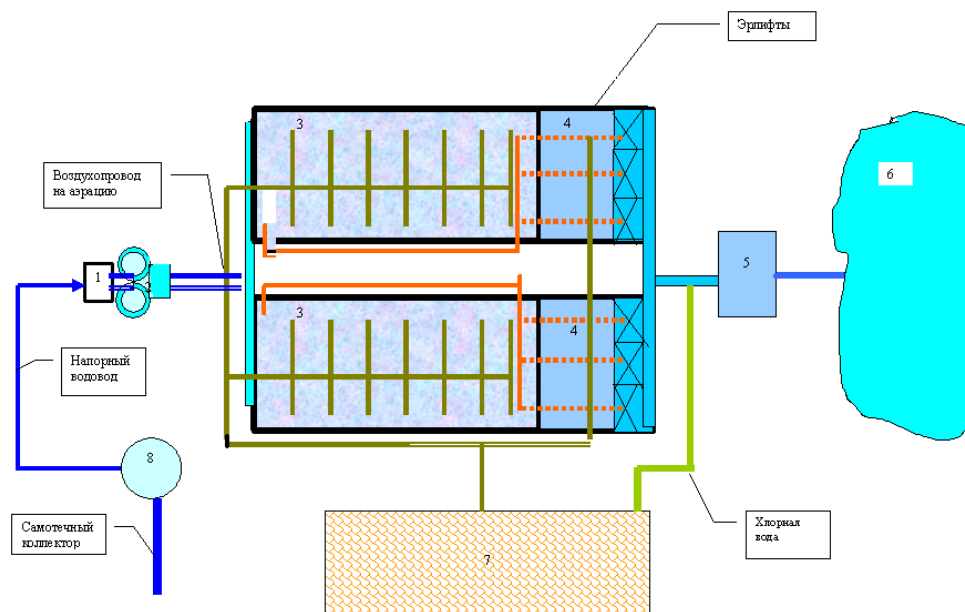
Канализационные очистные сооружения предназначены для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в количестве 445 м<sup>3</sup>/сут:

В состав комплекса очистных сооружений входят: здание насосно-компрессорной совмещенной с хлораторной, работающей на хлорной извести; приёмный колодец; два аэротенка-отстойника; контактный резервуар; иловые площадки; пруды фильтрации.

Сточная вода по самотечному коллектору через решётку-дробилку (марки РД-200) поступала в приёмный резервуар насосной станции. Из приёмного резервуара сточная вода забиралась насосами, расположенными в заглубленной части помещения насосно-компрессорной, и по напорному водоводу перекачивалась в приемную камеру аэротенков и далее по распределительным лоткам попадала в зону аэрации аэротенков.

Обогащение жидкости кислородом обеспечивалось подачей сжатого воздуха через дырчатые трубы, уложенные по дну аэрационных отделений аэротенков, а рециркуляция активного ила из вторичных отстойников осуществлялось при помощи эрлифтов. Для подачи воздуха в аэротенки были установлены ротационные воздуходувки, расположенные в одном здании с насосной станцией.

После очистки сточная вода собиралась лотками в общую камеру, установленными во вторичных отстойниках, и поступала в контактный резервуар, где смешивалась с раствором хлорной извести и направлялась по самотечному трубопроводу на фильтрующие пруды. Избыточный активный ил из отстойных зон аэротенков под гидростатическим давлением удалялся на иловые площадки (см. рис 4.15).



**Рис. 4.15. Технологическая схема очистки сточных вод медицинского реабилитационного центра и жилого посёлка 9до реконструкции).**

1 - приёмная камера; 2 – тангенциальные песколовки; 3- аэротенк; 4 – отстойник; 5 – контактный резервуар; 6 – пруды фильтрации; 7 – производственное здание (насосно-воздуходувная станция).

По принятой технологической схеме очистные сооружения работали неудовлетворительно и не обеспечивали установленных на тот период времени нормативных показателей в очищенных сточных водах. Для снижения концентрации песка, который попадал в аэротенк, была установлена приёмная камера и две песколовки тангенциального типа.

#### *Исходные данные.*

Разработка рабочего проекта реконструкции канализационных очистных сооружений медицинского реабилитационного центра и жилого посёлка была проведена на основании технического задания. В соответствии с заданием предусмотрено сохранение двух технологических линий очистки сточных вод в существующем объёме емкостей производительностью 200 м<sup>3</sup>/сут каждая.

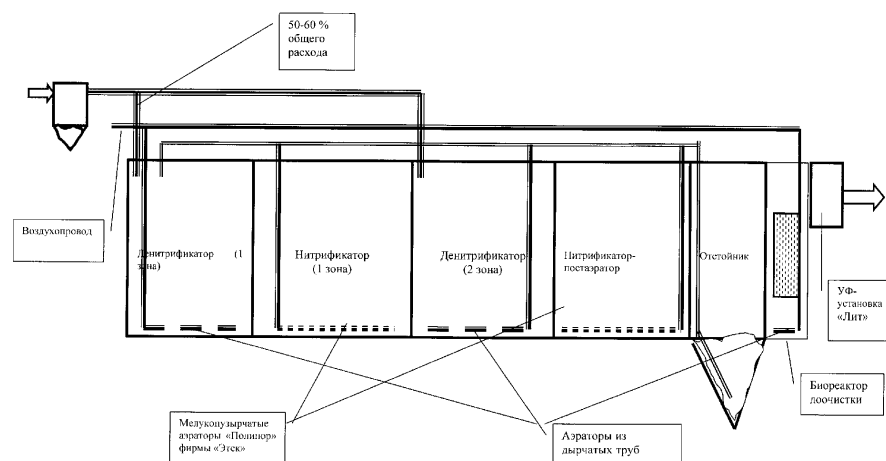
Система водоотведения и очистки сточных вод должна обеспечивать требования к качеству сброса сточных вод в открытые водоёмы в соответствии со СанПиН № 4630-2000 при максимальной производительности 400 м<sup>3</sup>/сут.

*Технологическая схема очистки сточных вод реконструкции очистных сооружений.* Хозяйственно-бытовые сточные воды от жилых и служебных зданий медицинского реабилитационного центра по самотечному коллектору поступают в приёмную камеру насосной станции очистных сооружений. После задержания грубых примесей в решётке-дробилке забираются насосами и по напорному водоводу подаются в тангенциальные песколовки, установленных вместо неудовлетворительно работающих аэрируемых песколовков. После песколовков сточные воды по самотечному коллектору поступают в блоки глубокой биологической очистки. В качестве сооружений глубокой очистки используются реконструированные ёмкости аэротенков-отстойников рис. 4.16.

Сооружения глубокой биологической очистки предусматриваются для очистки сточных вод от биогенных элементов (азот и фосфор). Осуществление такого процесса требует следующих технологических параметров:

- ✓ рецикл возвратного активного ила – 75-100%;
- ✓ средняя концентрация ила в аэротенках (доза на водосливе в конце четвертого коридора) – 2,5 г/л;

- ✓ средняя концентрация возвратного ила, поступающего в первый коридор аэротенков – 5,5 – 6 г/л;
- ✓ количество избыточного активного ила – 40 мг/л;
- ✓ при поддержании выше обозначенных параметров «возраст» активного ила 20-25 суток, то есть оптимальный для необходимого количества де нитрифицирующей массы микроорганизмов;
- ✓ концентрация растворенного кислорода в денитрификационных коридорах (зонах) не более – 1.0 мг/л;
- ✓ концентрация растворенного кислорода в конце нитрификационных коридоров не более 4.0 мг/л.



**Рис. 4.16. Технологическая схема реконструкции очистных сооружений медицинского реабилитационного центра и жилого посёлка.**

Разработанная технологическая схема очистки сточных вод медицинского реабилитационного центра и жилого посёлка предусматривает практически то же самое, но для этого существующие аэротенки-отстойники разбиваются перегородками на определённые зоны, меняется аэрационная система, компрессоры, трубопроводы воды и активного ила и др.

Ёмкость существующего аэротенка-отстойника делится продольной перегородкой на две части, в которых поперечными перегородками выделяются следующие зоны: денитрификации 1 ступени, нитрификационная зона, вторая зона денитрификации, нитрификатор-постэаэратор, вторичный отстойник, блок глубокой биологической очистки.

Далее очищенная сточная вода подвергается отстаиванию во вторичном отстойнике), время отстаивания составляет не менее 2,5-3 часов).

Осветлённая вода собирается лотками и поступает на окончательную очистку в биореактор доочистки.

Для снижения остаточной концентрации загрязнений рекомендуется использовать биологический метод, совмещённый на последней ступени с фильтрацией через специальный фильтрующий материал, покрытый иммобилизованными организмами.

Очищенная и осветленная сточная вода из аэротенка-отстойника на дезинфекцию на УФ-установке фирмы «Лит» вода и сбрасывается в существующие фильтрующие пруды.

### ***Пример 3. Реконструкции очистных сооружений жилого посёлка.***

Очистные сооружения были построены по проекту введены в эксплуатацию в 1964 г. В состав сооружений биологической очистки входят две секции биофильтров с гравийной загрузкой с предварительным отстаиванием в двух двухъярусных отстойниках D=8 м и улавливанием биопленки во вторичных отстойниках. Для выделения песка построе-

ны 2 тангенциальные песколовки  $D=800$  мм, которые в процессе эксплуатации заменены на тангенциальные.

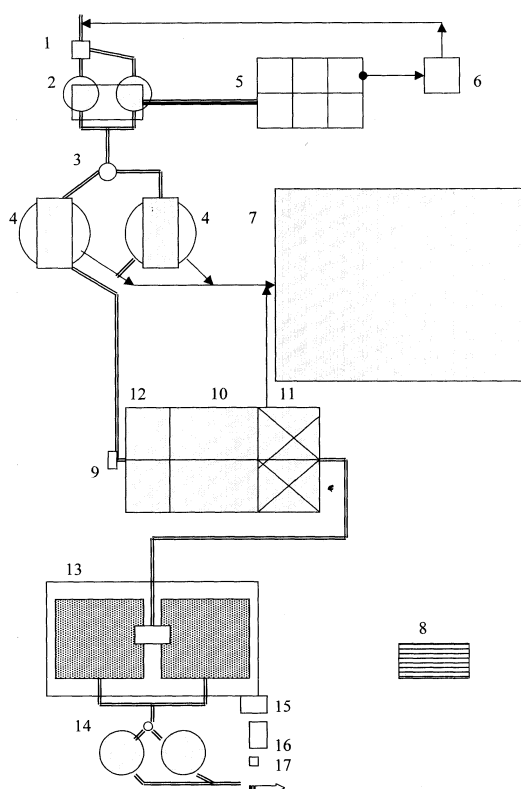
Дезинфекция сточных вод осуществляется хлорной известью. Контактный резервуар отсутствует.

До реконструкции на очистные сооружения поступало  $500 \text{ м}^3/\text{сут}$  сточных вод. По заданию Заказчика для увеличения пропускной способности очистных сооружений до  $700 \text{ м}^3/\text{сут}$  и улучшения качественных показателей очищенной воды был разработан проект реконструкции действующих очистных сооружений жилого посёлка.

В проекте принята полная биологическая очистка с использованием аэротенков-вытеснителей и доочистка очищенной сточной воды в каскаде аэрируемых и неаэрируемых биологических прудах.

Дезинфекция очищенного стока предусматривается ультрафиолетовыми лучами в установке 013-3П-РКС.

В соответствии с проектом из состава действующих очистных сооружений в настоящее время используются: приёмная камера с песколовками; биофильтры; двухъярусные отстойники; вторичные отстойники; здание лаборатории, бытовых помещений и хлораторной; песковые площадки (рис. 4.17).



**Рис. 4.17. Технологическая схема очистки сточных вод до реконструкции.**

1 – приёмная камера; 2 – тангенциальные песколовки; 3 – делительная чаша; 4 – первичные двухъярусные отстойники; 5 – песковые площадки; 6 – насосная станция дренажных вод; 7 – иловые площадки; 8 – административное здание; 9 – распределительная чаша блока сооружений; 10 – аэротенки; 11 – вторичные отстойники; 12 – аэробные стабилизаторы; 13 – биофильтры; 14 – вторичные отстойники; 15 – компрессорная станция; 16 – насосная дренажный вод; 17 – хлораторная.

Реконструкция очистных сооружений предусматривает изменение технологической схемы очистки сточных вод.

В качестве сооружений биологической очистки построены два четырехкоридорных аэротенка-вытеснителя. В процессе строительства технологическая схема работы сооружений биологической очистки была частична изменена. В результате изменения техноло-

гической схемы работы сооружений биологической очистки предполагалось, что аэротенки будут функционировать по принципу полного вытеснения без регенерации активного ила при дозе активного ила 3,5 г/л. Однако, невысокая загрязнённость сточной воды, поступающей на очистные сооружения (значения БПК<sub>полн</sub> очищенной сточной воды составляет порядка 70-150 мг/л, по взвешенным веществам 100-180 мг/л) не позволяет получить такую высокую дозу активного ила, при этом величина илового индекса в среднем ожидается не менее 150-200 мг/г.

Для завершения реконструкции необходимо было достроить: аэротенки; вторичные отстойники; минерализаторы; биологические пруды; иловые площадки; воздухоподводящую станцию; насосную станцию дренажных вод с резервуаром; станцию обеззараживания; напорные и самотечные трубопроводы.

Расчет аэротенков включает определение вместимости и габаритов сооружения, объема требуемого воздуха и дозы активного ила.

Доза ила при расчете аэротенков-вытеснителей при работе сооружения без регенерации принимается равной 3-5 г/л.

При расчете аэротенков-вытеснителей без регенерации величина  $L_{mix}$  определяется с учетом разбавления рециркулирующим расходом иловой смеси, которая равна:

$$L_{mix} = (120 + 15 \times 0,64) / (1 + 0,64) = 79 \text{ мг/л}$$

При которой период аэрации в аэротенке-вытеснителе должен соответствовать:

$$t = [(1 + \varphi \times a) / \rho \times C_0 (1 - S)] \times [(C + K_0) \times (L_{en} - L_{ex}) + K_1 \times C \times \ln L_{en} / L_{ex}] \times K = 4,16 \text{ ч.}$$

Вследствие больших колебаний по часам суток при поступлении сточных вод малых населенных пунктов эксплуатации станций аэрации с аэротенками-вытеснителями сопряжено с большими сложностями, возникающими из-за биологической неустойчивости процесса.

В данном случае, при наличии 2-х аэротенков-вытеснителей работающих в режиме продленной аэрации необходимо создать особые условия полного смешения путём установок четырёх продольных перегородок.

Время обработки сточной воды в аэротенке составит:

$$t_2 = \frac{24 \times 216 \times 2}{700} = 14,8 \text{ ч}$$

С учетом рециркуляции БПК<sub>полн</sub> сточных вод не будет превышать 80 мг/л и при поступлении расхода в часы максимального притока 88 м<sup>3</sup>/ч нагрузка по БПК<sub>полн</sub> на 1 м<sup>3</sup> сооружения составит 386 г/м<sup>3</sup>сут.

Нагрузку на активный ил  $q_i$  мг БПК<sub>полн</sub> на г беззольного вещества ила в сутки, надлежит рассчитывать согласно СНиП:

$$q_i = \frac{24 \times (L_{en} - L_{ex})}{a_i \times (1 - S) \times t_{at}} = \frac{24 \times (79 - 15)}{3 \times (1 - 0,35) \times 14,8} = 53,2 \text{ мг/г} \times \text{сут.}$$

Для предотвращения вспухания активного ила при небольших нагрузках процесс биологической очистки следует вести при дозе активного ила не более 2 г/л.

$$q_i = \frac{24 \times (79 - 15)}{2 \times (1 - 0,35) \times 14,8} = 79,8 \text{ мг/г} \times \text{сут}$$

Если принять максимальную величину взвешенных веществ, поступающих в аэротенк порядка 120 мг/л, то прирост активного ила составит:

$$P_i = 0,8 \times 120 + 0,3 \times 79 = 119,7 \text{ мг/л}$$

Продолжительность аэрации для длительной аэрации определяется по формуле:

$$t = \frac{(L_{en} - L_{ex})}{a_i \times (1 - S) \times \rho} = \frac{79 - 15}{2 \times (1 - 0,36) \times 6} = 8,2 \text{ ч.}$$

где  $L_{en}$  - БПК<sub>полн</sub> неочищенной сточной воды с учётом рециркуляции, так как применены аэротенки-вытеснители;

$L_{ex}$  - БПК<sub>полн</sub> очищенной сточной воды, мг/л;

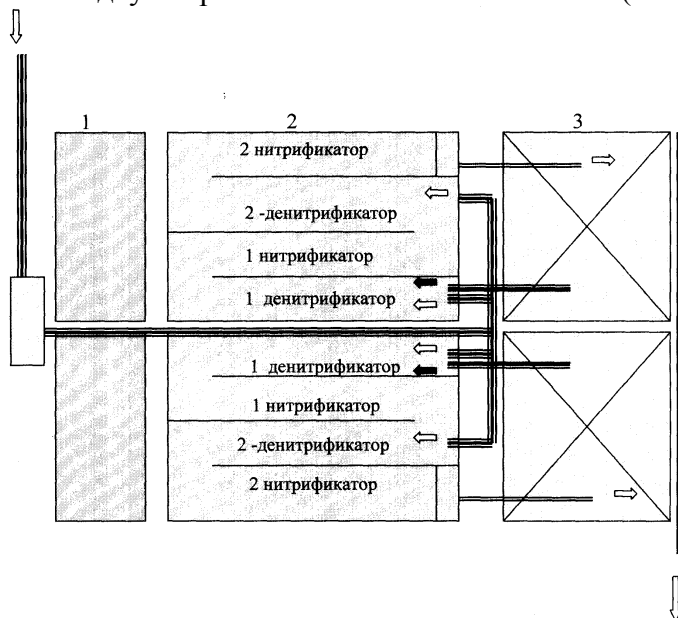
$a$  - доза активного ила (в данном случае она принята не более  $2 \text{ г/л}$ );

$S$  - зольность активного ила, равная -  $0,35$ ;

$\rho$  - средняя скорость окисления органических веществ -  $6 \text{ мг/л}$ .

Как видно, полученные технологические параметры свидетельствуют о не соответствии объемов и нагрузок на объем аэротенка и активный ил.

*Рекомендуемая технологическая схема очистки сточных вод.* Загрязнённые сточные воды от жилого посёлка поступают в приёмную камеру очистных сооружений, после освобождения от грубых примесей в решетках и песка в двух тангенциальных песколовках  $d = 800 \text{ мм}$  осветляются в двух первичных отстойниках  $d = 8 \text{ м}$ . (см. рис. 4.18).



**Рис. 4.18. Схема реконструкции аэротенков по одноиловой системе денитри-нитрификации.**

1 - аэробный стабилизатор; 2 - аэротенк; 3 - вторичный отстойник.

Осветлённая сточная вода поступает в распределительную камеру блока сооружений биологической очистки, а затем в два четырёхкоридорных аэротенка-вытеснителя.

Очищаемые сточные воды, поступающие в голову аэротенков, делятся на два потока с  $Q = 250-350 \text{ м}^3/\text{сут}$  на каждую из секций аэротенков. Далее каждый из этих потоков на каждой секции аэротенков делится на два не равных по объёму потока, один из которых, поступает в первый коридор аэротенка (денитрификатор), а второй - в третий коридор аэротенка (также денитрификатор). При чём количество сжатого воздуха подаваемого в эти коридоры не должно превышать по растворённому кислороду  $1 \text{ мг/л}$ . Циркуляционный ил постоянно подаётся эрлифтами в первый коридор аэротенка. Таким же образом осуществляется подача исходной сточной воды и циркуляционного активного ила и во вторую секцию аэротенка.

Таким образом, биологическая очистка сточных вод происходит по принципу одностадийного процесса денитри-нитрификации.

Удаление азота, достигается чередованием аэробных и анаэробных зон. В период пуско-наладочных работ и дальнейшей эксплуатации последовательность и продолжительность аэробных и анаэробных фаз очистки может изменяться в зависимости от соотношения аммонийного и нитратного азота. В процессе аэрации аммонийный азот окисляется до нитратов, в анаэробной зоне он восстанавливается до молекулярного азота и отдувается в атмосферу.

Для более полного удаления фосфатов перед четвертым коридором аэротенка следует предусмотреть подачу химических реагентов. В качестве реагента можно рекомендовать

хлорное железо, так как этот реагент будет увеличивать содержание железа в воде и тем самым выводить из системы фосфаты, а наличие дополнительного коагулированного хлопка создает условия для интенсификации процессов отстаивания во вторичных отстойниках.

После биологической очистки сточные воды направляются во вторичные отстойники, так как завершение процессов по изъятию из очищенной сточной воды соединений фосфора будет проходить во вторичном отстойнике.

#### **4.6. Реконструкция биологических фильтров и станций биофильтрации.**

Методы реконструкции очистных сооружений средних и малых городов в значительной мере отличаются от приёмов реконструкции комплексов очистки сточных вод крупных и городов и, прежде всего, это зависит от коэффициента неравномерности поступления на очистные сооружения сточных вод и санитарно-химических показателей стока. На очистных сооружениях небольшой производительности, биологическая очистка, как правило, осуществляется в биофильтрах.

По конструктивному устройству биофильтр достаточно простое сооружение и состоит из: резервуара (круглого или прямоугольного в плане); фильтрующей загрузки; водораспределительного устройства; дренажного устройства; вентиляционного устройства.

Биофильтры классифицируются по конструктивным особенностям сооружения и виду загрузочного материала. Основное предназначение биофильтров - очистка хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод.

На рисунке 4.19 приведена классификация биофильтров по видам загрузочного материала.

Наилучшими материалами для засыпки биофильтров с объёмной загрузкой являются щебень, гравий и галька и другие материалы, которые должны удовлетворять требованиям прочности и морозостойкости. Загрузка биофильтров по высоте имеет одинаковую величину фракций загрузки, и только нижний поддерживающий слой имеет значительно более высокую крупность.

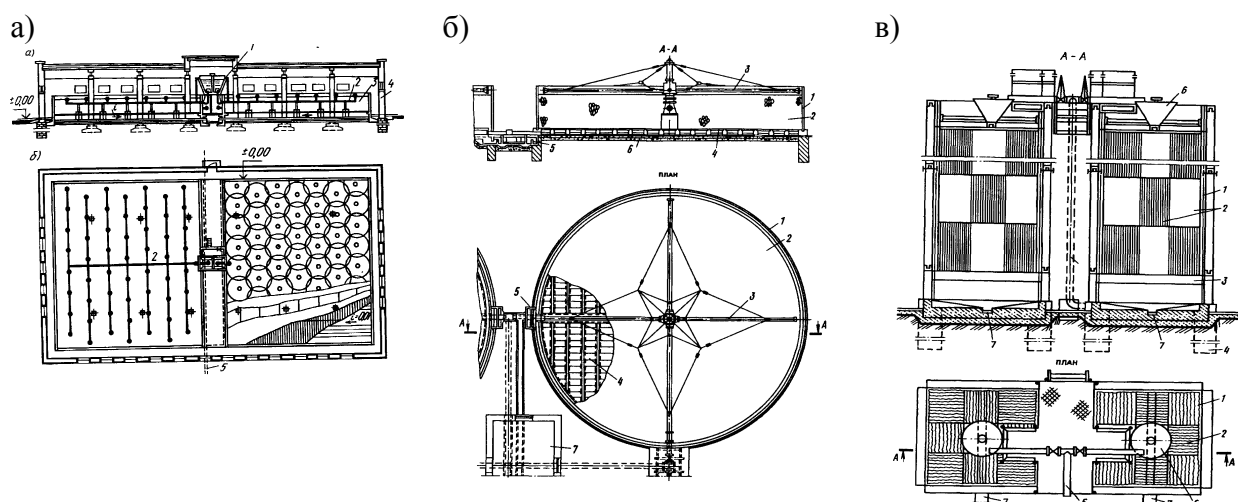


**Рис. 4.19. Классификация биофильтров по видам загрузочного материала.**

Среди биофильтров с объёмной загрузкой значительные конструктивные отличия имеет только высоконагружаемый биофильтр, которые заключается не только в величине фракций загрузочного материала, но и в конструкции днища и дренажа, которые обеспечивают возможность искусственной продувки материала загрузки воздухом и установки на отводных трубопроводах гидравлические затворы.

На рис. 4.20 приведены конструктивные решения биофильтров с различными загрузочными материалами, показывающие основные конструктивные различия между этими сооружениями и которые позволяют определять основные пути их реконструкции.



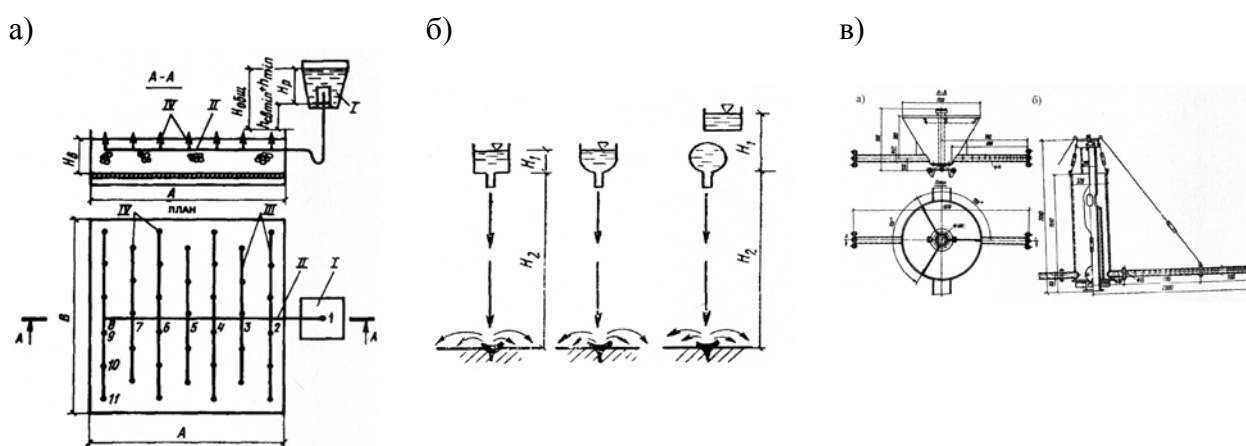


**Рис. 4.20. Капельный, высоконагружаемый и биофильтр с плоскостной загрузкой.**

а) Капельный биофильтр. б) высоконагружаемый биофильтр. в) биофильтр с плоскостной загрузкой.

Особенностями эксплуатационного характера биологических фильтров всех конструкций являются необходимость орошения всей поверхности биофильтра с возможно малыми перерывами в подаче воды и поддержание повышенной нагрузки по воде на  $1 \text{ м}^2$  поверхности фильтра (в плане). Эффективная работа биофильтров в значительной мере достигается равномерным орошением сточной водой поверхности загрузочного материала.

Распределения сточных вод по поверхности биофильтров может осуществляться при помощи неподвижных или подвижных устройств. На рис. 4.20. приведены три получившее в настоящее время системы орошения.



**Рис. 4.20. Системы орошения поверхности загрузочного материала:**

а) спринклерная система; б) водоструйная система; в) реактивный ороситель.

Основная задача вентиляции биофильтров заключается в обеспечении подачи в тело загрузки достаточного для осуществления процессов биологической очистки количества кислорода воздуха.

В зависимости от типа и конструкции, а также от климатических условий размещения сооружений различают два вида вентиляции биофильтров: естественную и искусственную. Искусственная вентиляция в основном используется в высоконагружаемых био-

филтрах (аэрофилтрах). Для других типов биофилтров искусственная вентиляция применяется только для обеспечения необходимого воздухообмена внутри помещения, в котором размещается биофилтр, или поддержания требуемой температуры.

Обогрев биофилтра осуществляется теплом сточной водой, (при понижении ее температуры ниже  $6^{\circ}\text{C}$  подается воздух в тело биофилтра через калорифер).

В зимний период эксплуатации биофилтров с плоскостной загрузкой, установленных на открытом воздухе, возможно переохлаждение очищаемой сточной жидкости, поэтому для поддержания нормального режима работы биофилтра, при реконструкции следует устанавливать в вентиляционных окнах регулируемые жалюзийные решетки. Другими приемами при реконструкции вентиляционных систем: являются снижение коэффициента неравномерности притока сточных вод; установка экранов или купольных перекрытий.

В зависимости от пропускной способности биофилтров и эффективности очистки сточных вод применяются различные технологические схемы.

В классической технологической схеме очистки сточных вод на биофилтрах процессы удаления загрязнений осуществляются в проточном режиме с периодическим или непрерывным орошением поверхности загрузочного материала и включают сооружения биофилтрации и вторичного отстаивания, оборудование и коммуникации для подачи и распределения сточной воды, отведения и рециркуляции очищенной воды, вентиляции биофилтров.

Биофилтры могут быть одно- и двухступенчатыми, с рециркуляцией и без нее, в зависимости от степени загрязнения поступающих на биологические фильтры сточных вод. В некоторых случаях биофилтры применяются в качестве сооружений первой или второй ступеней биологической очистки в комплексе с другими биоокислителями.

Возможно использование биофилтров с плоскостной загрузкой в одно- и двухступенчатых технологических схемах очистки сточных вод с уменьшением времени первичного отстаивания или без него.

Среди большого количества технологических схем очистки сточных вод с использованием биофилтров, в отечественной практике наиболее распространены следующие две технологические схемы.

Первая технологическая схема, предусматривает подачу сточной воды канализационной насосной станцией на отметку, которая позволяет обеспечить самотечную очистку на всех сооружениях станции биофилтрации производительностью от 100 до 10000  $\text{м}^3/\text{сут}$ . Состав сооружений, как правило, состоит из следующих сооружений: приёмная камера; решётки; песколовки; двухъярусные отстойники; биофилтры; вторичные отстойники; контактные резервуары; хлораторная и иловые площадки.

Вторая технологическая схема предусматривает подачу сточной воды канализационной насосной станцией в приёмную камеру очистных сооружений, которая расположена практически на одной отметке с отводными каналами биофилтра, что позволяет провести при самотечном режиме только механическую очистку (в решётках, песколовках и первичных отстойниках). Для подачи сточной воды на биологические фильтры на территории очистных сооружений строится насосная станция для подачи сточной воды на биофилтры. Состав сооружений практически не отличается от сооружений по первой схеме, исключением может быть только первичный отстойник.

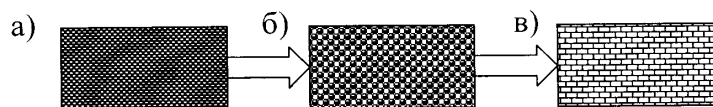
Пропускная способность такого комплекса сооружений обычно изменяется в широком диапазоне и может колебаться от 1000 до 50000  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

### **Основные методы реконструкция биофилтров.**

Рассмотрим, не учитывая конструкцию биологического филтра, за исключением погружных биофилтров и комбинированных сооружений основные методы реконструкции их, в зависимости от достижения необходимых показателей очищенной сточной воды.

**Замена загрузочного материала (с увеличением или без увеличения слоя загрузочного материала) и изменение конструкции биофильтра.**

Например, биологические схемы можно реконструировать по следующей схеме (рис. 4.21.)



**Рис. 4.21. Общая схема реконструкции биологических фильтров.**

а) капельный биофильтр; б) высоконагружаемый биофильтр; в) биофильтр с плоскостной загрузкой.

То есть возможность выполнить работы по реконструкции капельного биофильтра в высоконагружаемый или в биофильтр плоскостной загрузкой, но высоконагружаемый биофильтр, возможно, реконструировать только в биофильтр с плоскостной загрузкой.

Для биофильтров с объёмной загрузкой при замене загрузочного материала возможно два варианта:

1. Вариант – реконструкция капельного биофильтра в высоконагружаемый.

Для этого необходимо увеличить высоту слоя загрузочного материала минимум до 2-3 м, установить низконапорные вентиляторы; подвести воздухопроводы к окнам в междудонном пространстве; установить в каналах на выходе из биофильтров гидравлические затворы для предотвращения утечки воздуха в атмосферу.

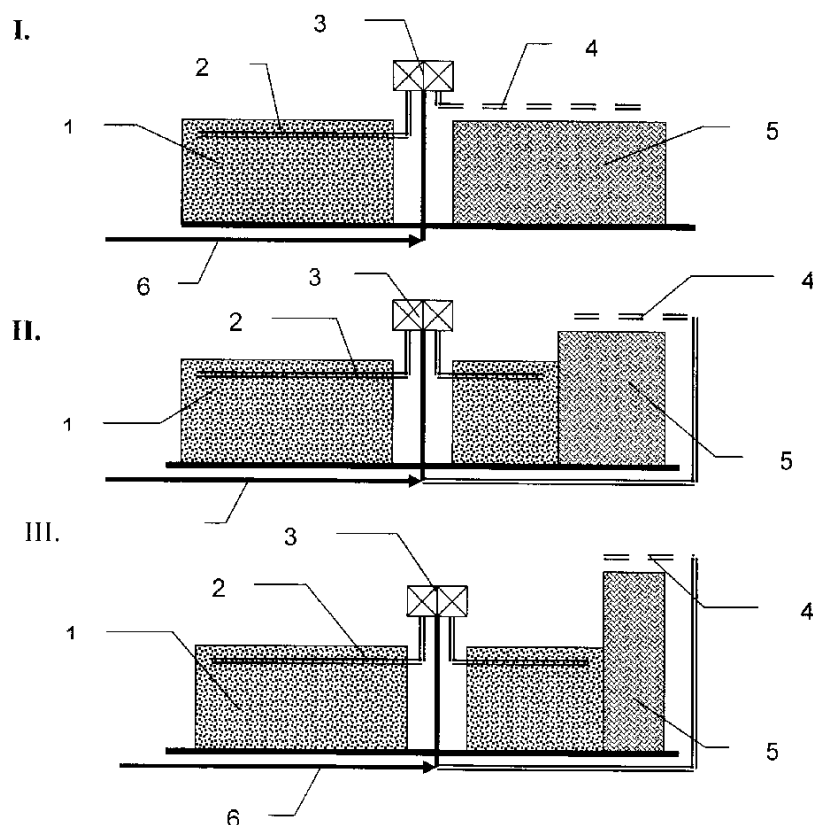
Пропускная способность биофильтра будет увеличена в 1,5 - 2,5 раза.

2. Вариант – реконструкция биофильтра с объёмной загрузкой в биофильтр с плоскостной загрузкой. При этом интенсифицировать работу биофильтров с объёмной загрузкой возможно тремя способами:

- ✓ перегрузить одну из секций биофильтров с заменой гравийной загрузки на плоскостную. Высота слоя загрузочного материала при этом не увеличивается.
- ✓ перегрузить половину секции биофильтра с заменой гравийной загрузки на плоскостную при увеличении высоты слоя до 4 м;
- ✓ перегрузить часть секции биофильтра с заменой гравийной загрузки на плоскостную и увеличением высоты ее слоя до 4 м и более.

При замене объёмного загрузочного материала на плоскостную необходимо принимать во внимание, что оптимальная высота слоя загрузки в биофильтрах с плоскостной загрузкой должна быть не менее 3-4 м. На рисунке 4.22 приведены эти три возможных способа реконструкции биофильтров с объёмной загрузкой при замене на плоскостной загрузочный материал.

Во всех вариантах биофильтр с плоскостной загрузкой является первой ступенью биологической очистки, на второй ступени очистки остается биофильтр с объёмной загрузкой. Вторая ступень биологической очистки должна обеспечить очистку сточных вод до требуемых показателей. Дополнительно для подачи сточной воды на вторую ступень очистки необходимо устройство насосной станции.



**Рис. 4.22. Варианты реконструкции капельных биофильтров при замене объёмной загрузки на плоскостную.**

1 – объёмная загрузка биофильтра; 2 – оросительная сеть биофильтров с объёмной загрузкой; 3 – дозирочные баки; 4 – оросительная система биофильтра с плоскостной загрузкой; 5 – плоскостная загрузка; 6 – подача сточной воды на биофильтры.

I – замена гравийной загрузки на плоскостную, без увеличения высоты слоя загрузочного материала;

II – замена гравийной загрузки на плоскостную с увеличением высоты слоя до 4 м;

III – замена гравийной загрузки на плоскостную с увеличением высоты ее слоя до 4-6 м.

Вариант реконструкции сооружений без увеличения высоты слоя при загрузке биофильтра плоскостной загрузкой из-за возможности проскока неочищенной сточной воды не даёт существенного улучшения качественных показателей очищенной воды.

В результате реконструкции биофильтров по варианту I пропускная способность очистных сооружений увеличится в 2-3 раз, более рационально при реконструкции использовать варианты I или II, которые позволяют улучшить показатели очищенной на биофильтрах сточной воды и увеличить пропускную способность биофильтров в 4-6 раз.

#### ***Замена оросительной системы.***

Этот метод интенсификации в основном относится к реконструкции спринклерной системе орошения в водоструйную и, только в исключительных случаях (качающиеся желоба, водоналивные системы или вращающиеся оросители), возможна замена движущихся систем орошения на водоструйные.

***Изменение технологической схемы работы станции биофильтрации с заменой загрузочного материала.***

В большинстве случаев реконструкции замена гравийной загрузки на плоскостную не решает проблем глубины очистки сточных вод с доведением показателей воды до нормативных показателей удовлетворяющим сбросу в открытые водоёмы. Для решения задачи увеличения пропускной способности станции биофильтрации и улучшения качест-

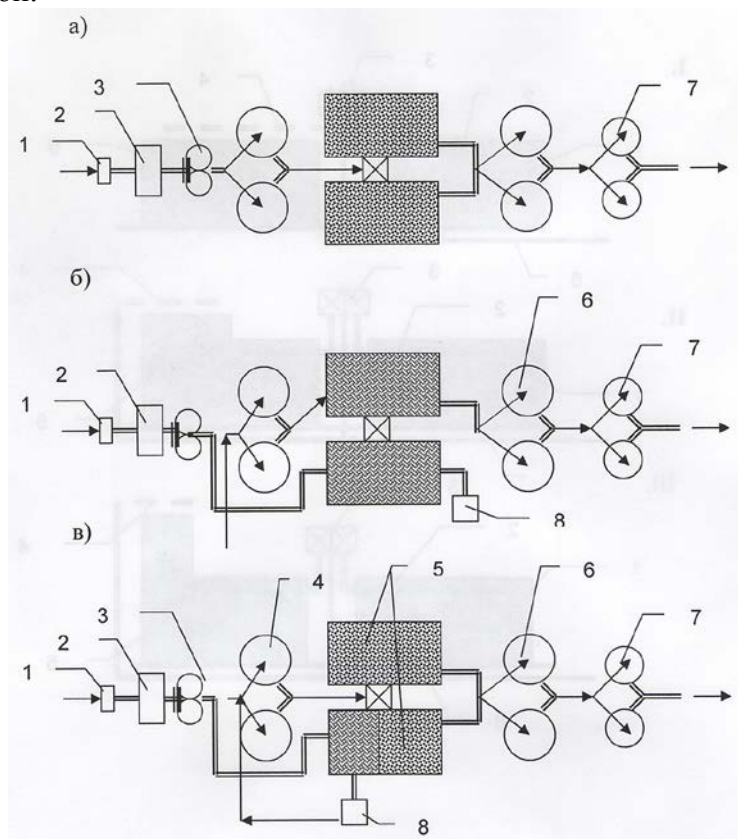
венных показателей очищенных сточных вод необходимо изменение технологической схемы работы станции биофильтрации. В этом случае рассматривается только реконструкция биофильтров путём с изменения технологической схемы очистки сточных вод.

**Первый вариант.** Реконструкция обоих аэрофильтров путем замены гравийной загрузки на плоскостную (пластмассовую) и работа реконструируемых биофильтров в две ступени.

**Второй вариант.** Реконструкция одного из биофильтров с заменой загрузочного материала. В этом случае работа сооружений также будет осуществляться по двухступенчатой схеме: на первой ступени работает биофильтр с плоскостной загрузкой, а на второй - аэрофильтр.

На рис. 4.23 приведены три технологические схемы реконструкции станции биофильтрации с заменой объёмной загрузки на плоскостную.

Для реализации второго варианта реконструкции потребуются строительство дополнительных отстойников после биофильтров с плоскостной загрузкой и насосной станции для перекачки осветленной воды после отстойников на вторую ступень в биофильтр с объёмной загрузкой.



**Рис. 4.23. Существующая схема очистки на аэрофильтрах до реконструкции (а) и варианты реконструкция высоконагружаемых биофильтров.**

а – существующая схема очистки сточных вод; б - с полной заменой загрузочного материала в биофильтрах; в - с заменой загрузочного материала в одной из секций биофильтров.

1 - существующие аэрофильтры; 2 - трубопровод для подачи неочищенной сточной воды; 3 - напорный трубопровод неочищенной сточной воды; 4 - трубопроводы очищенной воды после аэрофильтров; 5 - очищенная сточная вода после аэрофильтров во вторичные отстойники; 6 - биофильтры с пластмассовой загрузкой; 7 - очищенная сточная вода на третичные отстойники; 8 - третичные отстойники; 9 - насосная станция; 10 - напорный трубопровод на вторую ступень биологической очистки; 11- вторичный отстойник; 12 - реактивные оросители.

При разработке реконструкции биофильтров и станций биофильтрации следует рассматривать несколько вариантов, выбор основного варианта, по которому будет осуществляться реконструкция, должен быть подтверждён технико-экономической целесообразностью применения выбранного варианта и его технико-экологической эффективностью. При изменении технологической схемы очистки модернизация сооружений должна рассматриваться по всему комплексу сооружений.

Рассмотрим пример реконструкции биофильтров.

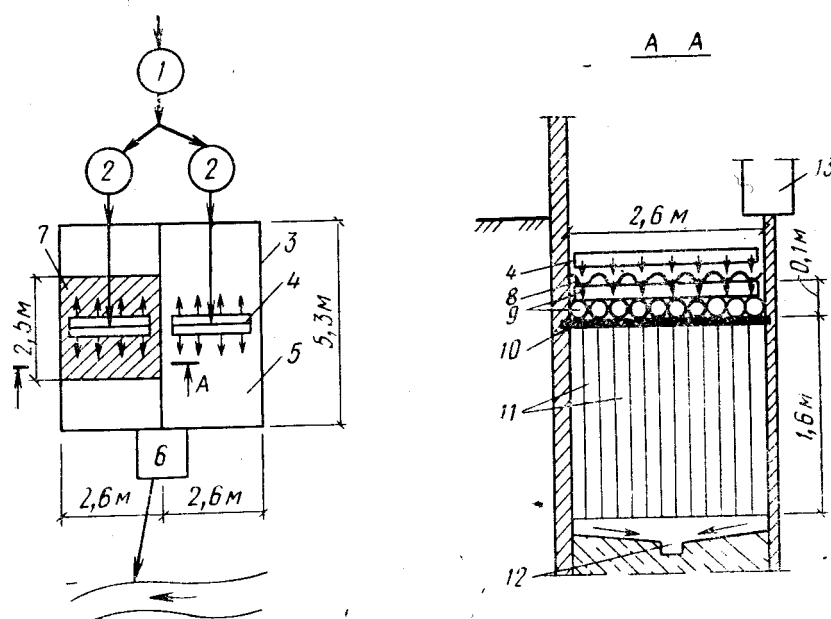
Пример. Реконструкция станции биологической фильтрации для отдельно стоящих зданий.

Очистные сооружения для группы зданий (школа, жилые дома, баня, и т. д.) рассчитаны на пропускную способность  $100 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Сточная вода по поверхности биофильтров распределяется с помощью двухсекционных опрокидывающихся желобов. Далее вода растекается по гофрированным асбестоцементным листам, уложенным горизонтально на поверхности загрузочного материала таким образом, что гофры расположены вдоль направления движения воды от опрокидывающегося желоба. В нижней части гофров асбестоцементных листов имеются отверстия диаметром  $10 \text{ мм}$  через каждые  $20\text{--}25 \text{ см}$ , через которые сточные воды и поступают на загрузочный материал биофильтра. Общий объем двух секций биофильтра  $50 \text{ м}^3$ . Биофильтры рассчитаны на пропуск  $100 \text{ м}^3/\text{сут}$  сточных вод с БПК<sub>5</sub> поступающих сточных вод  $100\text{--}120 \text{ мг/л}$  и средней температурой воды зимой  $T=10^\circ\text{C}$ . Биофильтры расположены в не отапливаемом здании.

В настоящее время на очистные сооружения поступает  $60 - 130 \text{ м}^3/\text{сут}$  сточных вод при БПК<sub>5</sub> в среднем  $100 \text{ мг/л}$ . В связи с тем, что загрузка биофильтров практически вышла из строя (загрузка закольматировалась), в одной из секций она была заменена на гравийную с сохранением всех конструктивных параметров и системы распределения воды. В другой секции загрузка была выполнена из мягкой тканевой.

Вода в биофильтр подается, через опрокидывающийся желоб в расположенные горизонтально листы из гофрированного стеклопластика с отверстиями диаметром  $10 \text{ мм}$  через каждые  $10 - 15 \text{ см}$ .

Через эти отверстия обрабатываемая сточная вода поступает на два ряда гофрированных пластмассовых дренажных труб диаметром  $50 \text{ мм}$ , расположенных крестообразно, а затем на подвешенные к металлической балке полотнища тканевой загрузки (через  $20 - 25 \text{ мм}$ ), высота которых равна  $H=16 \text{ м}$ ; пористость такой загрузки  $P \approx 98\%$ , площадь удельной поверхности  $S_{\text{уд}} = 90 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Два ряда дренажных труб, расположенных над тканевой загрузкой, обеспечивают равномерное распределение воды по ее поверхности. На рисунке 4.24 приведена технологическая схема реконструкция очистных сооружений от отдельных зданий и разрез реконструированного биофильтра.



**Рис. 4.24. Технологическая схема реконструкции очистных сооружений от отдельно стоящих зданий.**

1 - распределительная камера; 2 - септики; 3 - здание биофильтров; 4 - опрокидывающийся желоб; 5 - секция биофильтра размером 2,6×5,3 м в плане с гравийной загрузкой; 6 - хлораторная; 7 - секция биофильтра размером 2,5×2,6 м в плане с тканевой загрузкой; 8 - листы гофрированного стеклопластика с отверстиями; 9 - два ряда гофрированных пластмассовых дренажных труб; 10 - металлические балки со стержнями для крепления полотнищ тканевой загрузки; 11 - полотнища тканевой загрузки; 12 - отводящий лоток; 13 - мостик для обслуживания биофильтров.

Допустимая органическая нагрузка по БПК<sub>5</sub> и необходимый объем загрузки из тканевого материала при требуемой БПК<sub>5</sub> очищенной сточной воды 20 мг/л при  $\eta = 2,25$  определяемая в соответствии с формулами (1) будет составлять:

$$F = P \times H \times \kappa_T / \eta = 98 \times (1,6 + 0,1) \times 0,126 / 2,25 = 9,32 / (\text{м}^2 \times \text{сут}).$$

Объем биофильтра будет равен:

$$V_p = 50 \times 100 / 9,3 \times 90 = 6 \text{ м}^3.$$

Принимаем конструктивно размеры секции биофильтра с мягкой тканевой загрузкой равными 2,5×2,6 м в плане; таким образом, ее общий объем составит (с учетом трубчатых дренажных распределителей воды)  $V_{\text{общ}} = 2,5 \times 2,6 \times 1,7 = 11 \text{ м}^3$ .

#### *Реконструкция биологических прудов.*

В технологической схеме очистки сточных вод принимаются биологические пруды двух типов аэрируемые и неаэрируемые. Согласно расчёту для высоконагружаемых прудов (аэрируемых), если следовать указаниям СНиП, отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. При меньших значениях отношения необходимо предусматривать конструкции впускных и выпускных устройств, которые обеспечивали бы движение воды по всему живому сечению пруда.

Известно также, что работа биологических прудов зависит от климатических условий и главным образом от температуры наружного воздуха. В тёплый период года БПК очищенной в биопруде сточной воды, как правило, не снижается ниже 5-6 мг/л, а содержание взвешенных веществ - ниже 15-30 мг/л. При эвтрофикации водоёма (цветении воды) эти показатели могут повышаться. В холодное время года, несмотря на снижение ско-

рости потребления кислорода в результате снижения температуры воды (из-за длительного времени пребывания в биопруде), возможно достичь в очищенной сточной воде БПК до 2-4 мг и содержание взвешенных веществ до 10 мг/л.

Ряд исследователей пришли к выводу, что биопруды целесообразно устраивать трёхсекционными, где учитываются функции отстойника, окислителя и стабилизатора-минерализатора. В этом случае расчёт необходимо производить последовательно от секции к секции, принимая во внимание то, что БПК воды, выходящей из предыдущей секции, будет соответствовать БПК воды, поступающей в последующую секцию.

Глубину биопруда следует принимать в зависимости от системы аэрации - механической или пневматической, так как фитопланктон, обильно развивающийся в мелких проточных прудах, может аккумулировать свыше 90% фосфора и азота, содержащихся в сточных водах.

Опыт эксплуатации аэрируемых биологических прудов показывает, что они не могут обеспечить необходимую степень очистки и более того они, как правило, могут являться источником вторичных загрязнений.