

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

АХМЕДОВ ЭРКИНЖОН ЭЛШОДОВИЧ

***РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ
СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД***

ДИССЕРТАЦИЯ

**На соискание степени магистра по специальности : 5А580402
«Водоснабжение, канализация, охрана и рациональное использование
водных ресурсов»**

Работа рассмотрена и
допускается к защите.
Зав. кафедрой «Проекти-
рование строительство и
эксплуатация инженерных
коммуникаций»
доц.Буриев Э.С.

Научный руководитель
доц.Буриев Э.С.

«___» _____ 2016 г.

ТАШКЕНТ – 2016

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ПСЭИК

к.т.н., доц. Буриев Э.С..

« ____ » _____ 2014 г.

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ И НАПИСАНИЮ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Магистерская диссертация по теме: Разработки технических решений по реконструкции сооружений очистки сточных вод.

название (с указанием материалов конкретных организаций)

утверждённая приказом ректората института от « ____ » _____ 2014 г.

за номером _____ по кафедре ПСЭИК

за слушателем Ахмедов Эркинжон Элиодович

научный руководитель доц. Буриев Э.С

Ф.И.О., занимаемая должность, учёная степень, учёное звание

должна быть подготовлена и представлена к предварительной защите на кафедру 02 июня 2015 г.

число, месяц, год

В работе будут использованы: Авторефераты, справочная литература, КМК, статьи журналов, отчёты о научно-исследовательской работе,

Практические, балансовые и др. материалы, стат. данные др. ведомств и т.п. за годы публикации,

материалы семинаров, обзорные проспекты, брошюры, каталоги

труды и т.д. законодательные и нормативные акты, инструкции и т.п.

современного оборудования, руководство по проектированию, монтажу и эксплуатации систем водоотведения

В работе предусматривается: Существующие технологии очистки стоков и опыт проектирования сооружений при их реконструкции. Зарубежный опыт проектирования и технологические и конструктивные параметры водоотводящих систем. применение технологии очистки сточных вод в странах СНГ. Исследования технологических параметров очистки сточных вод при принятой до реконструкции схеме работы станции аэрации Проведение экспериментов по подбору технологических параметров работы сооружений в зависимости от состава и количества сточных вод. Анализ экспериментальных данных и выбор технологии очистки стоков для проектирования систем водоотведения при их реконструкции. Моделирование и размещения выбранных сооружений на выделенной территории при реконструкции при реконструкции станции аэрации.

В работе предусматривается изложение следующих групп вопросов:

1-я группа Общие проектные данные и краткая характеристика сооружений

название

2-я группа расчет стока Подбор наибольшего вакуума в сечениях при наибольшей геометрической высоте

название

3-я группа Исследования и технология перекачку наносов из водохранилища «пачкамар».

название

Задание выдано _____

число, месяц, год

Научный руководитель доц. Буриев Э.С

подпись, Ф.И.О., дата

Задание принял слушатель Ахмедов Эркинжон Элиодович

График завершения магистерской диссертации в первоначальном варианте

ГЛАВА I. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

ГЛАВА II. . АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРПАМЕТРОВ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

название второй главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

ГЛАВА III. . ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЁТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЫДЕЛЕННЫХ ТЕРИТОРИЙ.....

название третьей главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

Предварительная защита диссертация на кафедре 02 июня 2015 г.

срок, дата, год

Задание выдано доц. Буриев Э.С

научный руководитель магистерской диссертации

Ф.И.О.

подпись

дата

Задание принял Ахмедов Эркинжон Элиодович.

Ф.И.О., слушателя, подпись

Дата

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	7
1.1 Существующие технологии очистки стоков и опыт проектирования сооружений при их реконструкции.	7
1.2 Зарубежный опыт проектирования и технологические и конструктивные параметры водоотводящих систем..	20
1.3 применение технологии очистки сточных вод в странах СНГ	36
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	43
2.1 Исследования технологических параметров очистки сточных вод при принятой до реконструкции схеме работы станции аэрации	43
2.2 Проведение экспериментов по подбору технологических параметров работы сооружений в зависимости от состава и количества сточных вод.....	47
2.3 Анализ экспериментальных данных и выбор технологии очистки стоков для проектирования систем водоотведения при их реконструкции.	66
ГЛАВА 3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЁТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЫДЕЛЕННЫХ ТЕРИТОРИЙ.....	80
3.1 Выбор оптимального состава сооружений для достижения необходимых технологических параметров очистки стоков.	80
3.2 технологический и технико-экономический анализ вариантов очистки сточных вод.....	85
3.3 моделирование и размещения выбранных сооружений на выделенной территории при реконструкции при реконструкции станции аэрации	91

ВЫВОДЫ.....	109
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: В своей работе « Узбекистан на пороге XXI века: угрозы безопасности, условия и гарантии прогресса » И.А.Каримов с тревогой отметил: «С точки зрения экологической безопасности Узбекистана большую тревогу вызывает острая нехватка и загрязненность водных ресурсов. Загрязненность речных вод ухудшает эколого-гигиеническую и санитарно- эпидемиологическую обстановку, особенно в низовьях...»[1]. В настоящее время согласно Постановлению Президента Республики Узбекистан №ПП-969 от 2 октября 2008 года с участием кредитных средств Международной ассоциации развития (МАР) и Азиатского банка реконструкции и развития (АБР) реализуются проекты реконструкции очистных сооружений и канализационных систем городов Бухара, Самарканд, Термез. В плане реконструкция очистных сооружений г. Ташкента.

В основном очистные сооружения построены в 60-х – 80-х годах прошлого века и уже физически и морально устарели, что привело к их частичному выходу из строя. В связи с этим возникла необходимость при проектировании реконструкции очистных сооружений конструктивного улучшения оборудования и отдельных технологических узлов, внедрения новых технических решений, которые способствовали бы повышению надёжности работы сооружений и снижению затрат на эксплуатацию.

Цель работы: Разработка эффективных методов технологии очистки сточных вод в условиях Узбекистана и возможность их применения при реконструкции очистных сооружений.

Методика исследований включает в себя анализ и обработку статистических данных технологического контроля работы станции аэрации,

разработку новых методов технологии очистки малоконцентрированных сточных вод (на примере станции аэрации городов Ташкент, Бухара, Самарканд и Термез).

Научная новизна работы состоит в применении научно обоснованных технологий очистки стоков и обработки осадков для данного состава сточных вод.

Практическая ценность: выбор состава очистных сооружений для станций аэрации городов Узбекистана в зависимости от их производительности и состава сточных вод.

Апробация работы. Отдельные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международных конференциях в ТАСИ.

Публикации. По результатам исследований опубликованы две статьи.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения, 33 рисунков, 5 таблиц и списка использованной литературы из 44 наименований. Общий объем 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ставится цель работы, ее научная новизна и практическая ценность, реализация и краткое содержание работы.

В первой главе приведены существующие методы очистки городских сточных вод и обработки осадков, а также предлагаемые к внедрению новые технологии очистки. Сделаны выводы и поставлены задачи по оптимизации работы станции аэрации при малых концентрациях сточных вод.

Во второй главе дается статистическая и качественная обработка данных текущих и полных анализов работы Боз-Суйской станции аэрации за шесть лет (с 1998 по 2003 год). Сделаны выводы об изменении качества очистки сточных вод и обработки осадков. Определены оптимальные параметры удовлетворительной и хорошей степеней очистки по показателям технологического контроля работы станции.

В третьей главе разработаны алгоритмы оптимизации работы сооружений станции аэрации на основе качественных и количественных показателей очистки сточных вод и обработки осадков. Даны рекомендации по применению новых технологий и схем очистки сточных вод.

В заключение работы приводятся выводы и рекомендации, список использованной литературы.

ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.

1.1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОКОВ И ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ.

Для очистки сточных вод от населенного пункта, как правило, выбирается двух – трех ступенчатая схема, в зависимости от проведенных экологических расчетов необходимой степени очистки., включающая в себя механическую и биохимическую очистку, с обеззараживанием очищенных сточных вод; в качестве третьей ступени применяется доочистка сточных вод перед сбросом в водоем.[2,3]

Механические методы очистки позволяют осаждать не более 60% взвешенных веществ и 20% БПК. Сооружения механической очистки располагаются в технологической последовательности, позволяющей извлекать взвешенные вещества по крупностям. Первый этап механической очистки – процеживание, осуществляется на решетках или ситах, снимает загрязнения крупностью до 16 – 8 мм. Второй этап – отстаивание в поле гравитационных или центробежных сил, разделяется на две ступени: первую ступень служит для извлечения взвешенных веществ крупностью до 0.5 мм (песколовки или центрифуги и гидроциклоны); вторая ступень позволяет извлечь взвешенные вещества крупностью до 0.05 мм (отстойники разных типов).

Методы биохимической очистки почти полностью освобождают очищаемую воду от органических загрязнений биологического происхождения.

Биохимическая очистка осуществляется с помощью микроорганизмов, составляющих биоценоз активных илов или биопленок. Очистка может производиться как естественных, так и в искусственных условиях.

К сооружениям биохимической очистки в естественных условиях относятся поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды.

Сооружениями биохимической очистки в искусственных условиях являются биофильтры и аэротенки. Степень очистки по БПК составляет 80 – 90 %. В настоящее время с экологической и эпидемиологической точек зрения предпочтительными являются сооружения искусственной биохимической очистки.[5]

Обеззараживание очищенных сточных вод производится в том случае, когда сброс осуществляется в водоемы санитарно-бытового назначения. Обеззараживание чаще всего осуществляется хлором или гипохлоритом натрия. При сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения обработка хлорсодержащими реагентами не желательна.

Доочистка биологически очищенных сточных вод производится методами фильтрования через загрузку из различных материалов, микрофильтрованием и контактным осветлением. Также используются биологические пруды.

В зависимости от концентрации сточных вод выбираются следующие ступени и сооружения очистки [2,6,7]:

Таблица 1.

Концентрация сточных вод	Механическая очистка	Биохимическая очистка	Доочистка
Взвеш. В-ва – ≤ 100 мг/л, БПК - ≤ 100 мг/л	Решетки, первичные отстойники	Биофильтры без рециркуляции или аэротенки без	Не требуется.

		регенерации активного ила, вторичное отстаивание.	
Взвеш. в-ва – до 300 мг/ л, БПК – до 300 мг/ л	Решетки, песколовки, первичные отстойники	Биофильтры с рециркуляцией, аэротенки с регенерацией активного ила, вторичное отстаивание.	Фильтры или биопруды.
Продолжение таблицы 1.			
Взвеш. в-ва – от 300 до 400 мг/л, БПК – от 300 до 400 мг/л	Решетки, песколовки, первичные отстойники.	Сооружения предварительной аэрации (преаэраторы или биокоагуляторы), биофильтры с рециркуляцией или аэротенки с регенерацией активного ила, вторичное отстаивание.	Фильтры или биологические пруды.
Взвеш. в-ва > 400 мг/л , БПК - > 400 мг/ л	Решетки, первичное отстаивание, вторичное	Первичная биохимическая очистка на биофильтрах	Фильтры, микрофильтры, биологические пруды.

	отстаивание	первой ступени с рециркуляцией или аэротенках смесителях с регенерацией активного ила; вторичная биохимическая очистка на биофильтрах второй ступени без рециркуляции или на аэротенках вытеснителях; третичное отстаивание.	
--	-------------	--	--

В зависимости от производительности станции выбираются следующие очистные сооружения:

Таблица 2.

№	Производительность станции очистки	Механическая очистка	Биохимическая очистка	Обеззараживание	Обработка осадков
Продолжение таблицы 2.					
1.	≤ 1000 м ³ /сут	Решетки-дробилки, тангенциаль-	Капельные биофильтры, установки КУ	Электродиализные установки	Гидроциклоны, центрифуги,

		ные или вертикальные песколовки, двухъярусные отстойники (эмшеры), вертикальные отстойники.	(компактные установки) и БИО, блок емкостей.	для обеззараживания гипохлоритом натрия, ершевый смеситель, контактный резервуар	иловые площадки.
2.	$\leq 10\ 000$ $\text{м}^3/\text{сут.}$	Решетки – дробилки, тангенциальные или горизонтальные песколовки, вертикальные отстойники отдельно стоящие или в блоке емкостей.	Биофильтры высоконагружаемые или аэрофильтры, аэротенки отдельно стоящие или в блоке емкостей, вторичные вертикальные отстойники.	Электродиализные установки для обеззараживания гипохлоритом натрия, смеситель - лоток Паршаля, контактный резервуар.	Метантенки, аэробные стабилизаторы отдельно стоящие или в блоке емкостей, вертикальные илоуплотнители, иловые площадки.
3.	$\leq 30\ 000$ $\text{м}^3/\text{сут.}$	Механические решетки и молотковые дробилки или решетки-дробилки,	Биофильтры высоконагружаемые или аэрофильтры, аэротенки, вторичные	Хлораторная для обеззараживания газообразным хлором,	Метантенки, аэробные стабилизаторы, радиальные илоуплотнители,

		горизонтальные песколовки и горизонтальные песколовки с круговым движением воды, радиальные или горизонтальные отстойники.	радиальные или горизонтальные отстойники.	лоток Паршаля, контактный резервуар.	ели, иловые площадки; механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах.
--	--	--	---	--------------------------------------	---

Продолжение таблицы 2.

4.	$\leq 50\ 000$ $\text{м}^3/\text{сут.}$	Решетки с механическим и граблями и молотковые дробилки, аэрируемые песколовки и горизонтальные песколовки с круговым движением воды, радиальные	Биофильтры высоконагружаемые или аэрофильтры, башенные биофильтры, аэротенки, вторичные радиальные отстойники.	Хлораторная для обеззараживания газообразным хлором, лоток Паршаля, контактный резервуар.	Метантенки, аэробные стабилизаторы, радиальные илоуплотнители, иловые площадки; механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах или фильтр-
----	--	--	--	---	---

		отстойники.			прессах.
--	--	-------------	--	--	----------

В г. Ташкенте поступают на очистку слабоконцентрированные сточные воды. Это связано с тем, что Ташкент – самый крупный город в Среднеазиатском регионе: число жителей составляет 2. 5 млн. человек, поэтому на концентрацию сточных вод влияет большой процент (40%) утечек из водопроводной сети, кроме того, это крупнейший промышленный центр. Принятая схема водоотведения – зонная. Сточные воды поступают на очистку на две станции аэрации: Саларскую станцию аэрации производительностью 1.5 млн. м³/сут, средняя концентрация взвешенных веществ - 100÷80 мг/л, БПК - 90÷60 мг/л;

Боз-Суйскую станцию аэрации производительностью 800 тыс. м³/сут, средняя концентрация взвешенных веществ - 70÷60 мг/л, БПК - 60÷50 мг/л.

В связи со слабой концентрацией на Саларской станции аэрации принята следующая схема очистки сточных вод: механическая очистка - решетки с механическими граблями и дробилки, первичные радиальные отстойники диаметром 24, 30 и 40 м, часть отстойников диаметром 24 м переоборудована в преаэраторы, биохимическая очистка осуществляется на блоке четырехкоридорных аэротенков - вытеснителей с 50% регенерацией активного ила, осаждение ила происходит во вторичных радиальных отстойниках диаметром 24, 30 и 40 м. Обработка осадков избыточного активного ила осуществляется в аэробных условиях в стабилизаторах с предварительной дегельминтизацией сырого осадка в переделанных для этих целей метантенках и сушкой их после уплотнения на радиальных илоуплотнителях на иловых площадках. На Бозсуйской станции аэрации принята следующая схема очистки сточных вод: механическая очистка – решетки с механическими граблями и дробилки, горизонтальные песколовки длиной 20 м со скребковым механизмом, удаление песка производится 1 раз в сутки гидроэлеваторами, биохимическая очистка осуществляется на 4-х

коридорных аэротенках – вытеснителях с 25% регенерацией активного ила, осаждение ила происходит во вторичных радиальных отстойниках диаметром 40 м. Обработка осадков избыточного активного ила осуществляется в аэробных стабилизаторах с дегельминтизацией сырого осадка в дегельминтизаторах и сушкой их после уплотнения на радиальных илоуплотнителях на иловых площадках.

В России и на Украине приняты следующие схемы очистки сточных вод: сооружения для механической очистки (решетки, процеживатели, песколовки), сооружения биологической очистки (аэротенк-осветлитель, биореактор), устройство обеззараживания (ультрафиолетовым излучением или другого типа), сооружения обработки осадка. При высоком содержании нефтепродуктов в поступающих сточных водах перед биологической очисткой добавляется блок физико-химической очистки.[14]

В сооружениях проходят процессы механической очистки, биологической очистки, нитрификации и денитрификации во взвешенном слое активного ила и биологической доочистки сточных вод, аэробной стабилизации и уплотнения избыточного активного ила, обеззараживания очищенных сточных вод.

Эти очистные сооружения предназначены для глубокой биологической очистки сточных вод городов, населенных мест, вахтовых поселков и промышленных предприятий малой, средней и крупной производительности. Рекомендуется для очистных станций производительностью от 1000 до 500000 м³/сут. Очищенная вода на выходе из очистных сооружений соответствует требованиям предъявляемым к водоемам хоз-питьевого и рыбохозяйственного значения. Концентрация воды после очистки (при сбросе) показаны в таблице 3.

Таблица 3.

Средние значения концентрации в очищенной воде	
БПК _{полн}	до 3 мг/л
ХПК	до 50 мг/л
Взвешенные вещества	до 3 мг/л
Аммонийный азот	0,3 – 0,4 мг/л
Азоты нитритов	0,017 – 0,02 мг/л
Азоты нитратов	0 – 6 мг/л
Нефтепродукты	0,05 мг/л

Технологическая схема ОСК Ставрополя обычная. Механическая очистка сточных вод производится на решетках и в песколовках. Избыточный активный ил подается в первичные отстойники и из них удаляется смесь осадков. Затем сточные воды проходят биологическую очистку в аэротенках. После осаждения иловых частиц во вторичных отстойниках сточная жидкость хлорируется и сбрасывается в реку Мутнянка. Осадок после решеток вывозится на свалку, песок удаляется на песковые площадки. Смесь первичного осадка и активного ила из первичных отстойников подается в специальные емкости для дегельминтизации паром (70°C). Затем осадок промывается технической водой, сгущение осадка производится в гравитационных уплотнителях. Далее осадок проходит обработку в ЦМО.[15]

С целью интенсификации качества очистки сточных вод и обработки осадка был проведен комплекс мероприятий. Произведена замена механических решеток, аэротенки были оснащены мелкопористыми трубчатыми аэраторами из полиэтилена. Отстойники оборудованы гребенчатыми переливами. Механическое обезвоживание осадка организовано на ленточных фильтр-прессах с использованием

высокомолекулярного флокулянта. Достигнутые показатели качества очистки представлены в таблице 4. [16]

Таблица 4.

Показатель	Вход	Выход	Норма на сброс	
			ВСС	ПДС
БПК _{полн} , мг/л	-	-	15,0	3,0
БПК ₅ , мг/л	92,14	11,34	-	-
Взвешенные вещества, мг/л	135,84	11,5	18,0	18,0
Азот аммонийный, мг/л	14,45	2,42	2,18	0,39
Азот нитритный, мг/л	0,17	0,14	0,305	0,006
Азот нитратный, мг/л	0,32	9,02	9,03	9,03
Фосфор фосфатов, мг/л	1,56	1,69	1,0	0,2

Для очищенных сточных вод ОСК Ставрополя временно утверждены следующие нормы: $\text{NH}_4\text{-N}$ -2,18 мг/л; $\text{NO}_2\text{-N}$ -0,305 мг/л; $\text{NO}_3\text{-N}$ -9,03 мг/л, $\text{PO}_4\text{-P}$ -1,0 мг/л. Однако, требуемые нормы соответственно составляют: 0,39; 0,006; 9,03; 0,2 мг/л. Фактическое значение этих показателей, в особенности аммонийного азота, несколько выше.

При этом использовались данные химико-аналитической лаборатории очистных сооружений (таблица 5).[17,20]

Таблица 5.

Параметры	Поступление	Камера смешения	После ПО	После ВО	Выпуск в водоем
Расход сточных вод, м ³ /сут.	135645	141674	140974	139213	137078
ХПК, мг/л	212,3	281,97	220,54	50,5	46,56
БПК ₅ , мг/л	92,1	137,9	100,7	12,25	11,3
Взвешенные вещества, мг/л	135,8	228,26	131,32	11,66	11,5
Минеральный азот, мг/л	14,936	17,3	15,32	11,7	11,6
Фосфор фосфатов, мг/л	1,57	2	2,47	1,73	1,7

Из таблицы видно, что количество воды на выходе из сооружений больше чем на входе, так как в процессе очистки используется пар и техническая вода. Количество образующихся осадков после песколовок составляет 2,3 м³/сут. (1700 кг/сут.), а после фильтр-прессов - 65 м³/сут. (11000 кг/сут.). Вода после обезвоживания осадков, а также избыточный активный ил поступают в смесительный бак. В результате значительно увеличивается концентрация загрязняющих примесей. После смеси больше чем на треть возрастает ХПК и БПК₅. Концентрация взвешенных веществ увеличивается вдвое, концентрация минеральных форм азота и фосфора также возрастет. В первичных отстойниках происходит снижение ХПК, БПК₅ и концентрации минеральных форм азота.[18,19]

Канализование городов и промышленных предприятий в Германии производится по схемам, применяемым в России. Однако в ряде промышленных районов Германии города, населенные пункты и промышленные предприятия сбрасывают сточные воды без очистки в реки, превращенные по существу в открытые каналы сточных вод. Для предупреждения засорения крупных водоемов, таких как Рейн, в устье рек, несущих сточные воды, сооружается плотина с насосной станцией, качающей все воды реки на очистные сооружения. Таким образом, в основной водоем направляется уже очищенная вода. Во время паводка на очистные сооружения подается максимально возможное количество воды. Остальной расход воды сбрасывается в основной водоем без очистки.[30,32]

Станции очистки сточных вод имеют стандартный набор сооружений и работают по традиционной классической схеме, применяющейся во всем мире: первичная механическая очистка, биологическая очистка, вторичная очистка. Сточные воды пройдя грубую очистку на решетках с прозорами 20 мм (наши отечественные имеют прозоры 16 мм), направляются на радиальные отстойники диаметром 33 м, работающие при высокой удельной гидравлической нагрузке $7 - 14 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$. Таким образом, это ниже чем нагрузка на песколовку ($23 - 27 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$) и выше нагрузки на первичный отстойник ($1,5 - 2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$). Осадок из отстойника, представляющий собой смесь песка с крупнодисперсными органическими примесями отводится в резервуар-классификатор, где частично песок отмывается от этих примесей. Из резервуара выгружается в бункер и вывозится на свалки. По данным эксплуатации в воде, поступающей на аэротенки, концентрация механических загрязнений составляет 150 мг/л, БПК₅ около 400 мг/л. При этом отсутствует проблема обработки первичного осадка. [33,34]

При биологической очистке сточных вод в аэротенках в Германии чаще всего применяется аэрация механическими аэраторами, имеющими

несколько чисел оборотов. Изменение скорости вращения аэратора производится ступенчато, автоматически в зависимости от фиксирующейся величины растворенного кислорода. Конструкции аэротенков на некоторых станциях имеют свои особенности. На очистной станции на р. Эмшер аэротенки с механическими аэраторами перекрыты шатрами, изготовленными из синтетической ткани. [35]

На очистной станции завода фирмы BASF применены аэротенки карусельного типа, имеющие размер в плане 122X116 м и глубину 4,25 м. Вследствие содержания в воде 120 мг/л нитритов она подвергается денитрификации. Денитрификация производится анаэробным методом, для чего в последнем коридоре аэротенка воздух отключен. При продолжительности пребывания вод в этом коридоре в течение 1 – 2 ч содержание нитритов снижается до 5 мг/л. Осадок образующийся на очистных сооружениях обрабатывается в радиальных илоуплотнителях диаметром 52,5 м, после этого он направляется на фильтр-прессы камерного типа с площадью фильтрации 1050 м² каждый. Чтобы осадок лучше отдавал влагу, перед фильтр-прессами он смешивается с угольной пылью, являющейся отходами угледобывающей промышленности. На 1 т сухого осадка используется 1,3 т угольной пыли. Это позволяет обезводить смесь до влажности 45 – 50%. [30,32]

1.2 ЗАРУБЕЖНЫЕ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДООТВОДЯЩИХ СИСТЕМ.

Очистка сточных вод и обработки осадков городов с населением более 80 тыс. человек требуют, чаще всего, разработки технологий, учитывающих особенности состава сточных вод и улучшающих качество очистки. Для выбора наиболее подходящего метода очистки нужны не только экспериментальные данные апробации различных методов, но и анализ новых технологий очистки стоков в различных странах при сходных концентрациях и количестве сточных вод.

При работе Российских станций аэрации в г. Москве предложено использовать технологию двухступенчатого сбраживания осадков с предварительным механическим сгущением. Данная технология позволяет в 1.5 раза увеличить производительность сооружений, и существенно повысить выход биогаза. В настоящий момент эти сооружения обеспечивают стабилизацию и дегельминтизацию осадков, образующихся при обработке более 6 млн. м³ сточных вод в сут. [14,23,25,26]

Помимо обработки осадков разработан эффективный метод глубокой аэробной биологической очистки органосодержащих сточных вод со значительным сокращением, а в отдельных случаях, с полным исключением образования избыточного активного ила. Метод предназначен для очистки сточных вод предприятий агропромышленного сектора (животноводческих комплексов, молочных заводов, мясокомбинатов и других аналогичных производств) и хоз-бытовых сточных вод малых и крупных населенных пунктов. Предлагаемый метод предусматривает учет специфики указанных видов сточных вод и особенностей конструктивного исполнения технологических элементов схемы очистки.

Основу метода составляет комплексное использование продленной аэрации сточной воды со специально организованными режимами подачи питания на определенные стадии биологической очистки и авторегулирование специфического состава биоценоза активного ила.

Высокая эффективность очистки по основным качественным показателям очищенной воды достигается за счет полного цикла биохимического окисления углерод- азотосодержащих соединений. Степень очистки по биогенным элементам удовлетворяет требованиям для сброса очищенных сточных вод в открытые водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Предлагаемый метод предназначен для очистных сооружений производительностью от 50 до 50000 м³/сут.[18,22,44]

С 2002 г. БОС в г. Новочебоксарске была предложена новая схема, так как добиться существенного изменения качества очистки сточных вод при существующей технологической схеме было не возможно. В основе этой схемы лежит стратегия совместной очистки сточных вод 1-го и 2-го потоков (рисунок 1).



Рисунок 1. Предлагаемая схема биологической очистки.

Схема предусматривает комбинированное биологическое удаление азота и фосфора в системе с активным илом - технология нитриденитрификации. Расчеты показали, что в данном случае

целесообразно организовать анаэробную зону в первичных отстойниках, а бескислородную и аэробную - в существующих аэротенках. Использование в технологии первичных отстойников позволит повысить пропускную способность очистных сооружений и качество очистки.[25,26]

Для реализации предлагаемой схемы предполагается реализовать ряд мероприятий:

- организовать единое поступление сточных вод и их совместную очистку;
- вслед за существующими решетками установить решетки тонкой механической очистки;
- установить в существующие горизонтальные песколовки системы удаления и обработки песка;
- реконструировать распределительные чаши для организации равномерного расхода сточных вод по сооружениям;
- переоборудовать первичные отстойники в анаэробные реакторы с подачей возвратного ила (коэффициент рециркуляции 0,6) и установкой в них погружных механических мешалок;
- организовать подачу иловой смеси в начало аэротенков;
- бескислородную зону разместить в начале аэротенков с организацией в ней пневматического перемешивания;
- в аэробной зоне провести ревизию системы аэрации;
- организовать внутренний рецикл иловой смеси из конца аэробной зоны в начало бескислородной.

Кроме того, для доведения качества очистки по БПК и взвешенным веществам, предусмотрена доочистка сточных вод, организация ультрафиолетового обеззараживания. Представлен альтернативный вариант оборудования для обезвоживания осадка с последующим обеззараживанием на площадке буртования.[29]

Предлагаемая схема позволит достичь качества сточных вод, соответствующего требованиям на сброс в водоемы рыбохозяйственного водопользования (см. таблицу 6). [35,39]

Таблица 6.

Характеристика качества очистки сточных вод БОС г. Новочебоксарска.			
Параметры	До реконструкции		После реконструкции
	1 поток	2 поток	
БПК ₅ , мг/л	24,76	11,68	до 5,0
NH ₄ -N, мг/л	1,77	2,87	0,26
NO ₂ -N + NO ₃ -N, мг/л	6,73	4,74	4,92
Фосфор фосфатов, мг/л	2,62	1,19	0,8

На станцию биологической очистки сточных вод Воскресенского АО "Минудобрения" поступают сточные воды городов, а также близрасположенных населенных пунктов и предприятий. По своему составу эти воды на 60 % состоят из хозяйственно-бытовых и на 40 % из производственных сточных вод. Производственные сточные воды отличаются значительным разнообразием вследствие их образования на химических комбинатах, металлообрабатывающих производствах, предприятиях легкой и пищевой промышленности, различных автохозяйствах. В сточных водах, поступающих на станцию биологической очистки, содержатся загрязняющие вещества бытового происхождения, значительные количества солей тяжелых металлов, сложных органических

веществ, нефтепродуктов, а также соединения азота и фосфора с концентрацией 60-100 мг/л. [17]

Станция биологической очистки запроектирована по традиционной схеме городских станций аэрации и включает механизированные решетки, горизонтальные песколовки, первичные и вторичные радиальные отстойники, двухкоридорные аэротенки, контактные резервуары. В дополнение к этим сооружениям были введены в эксплуатацию разработанные в НИИ КВОВ гравийно-песчаные фильтры с восходящим потоком воды.[38]

В связи с возросшими требованиями, предъявляемые к качеству очищенных сточных вод ($BPK_{полн}$ 3 мг/л, аммонийный азот 2 мг/л, фосфаты 5 мг/л), были проведены исследования с целью определения путей интенсификации процесса биохимического окисления в аэротенках органических загрязнений и биогенных веществ (соединений азота и фосфора). Проводился поиск наиболее эффективных и экономичных путей окисления в аэротенках за счет увеличения находящегося там количества биомассы, что в свою очередь обусловило снижение нагрузок на ил, увеличение удельной скорости окисления, повышение возраста ила. Возможными путями увеличения количества биомассы являются: иммобилизация ее на различных носителях, повышение степени рециркуляции ила из вторичных отстойников в аэротенки.

В процессе исследований установлено, что если для полной биологической очистки возраст ила не превышает 2-3 сут, то для глубокого удаления азота возраст ила должен быть не менее 10 сут, доза ила более 3.5 г/л, продолжительность пребывания стоков в аэротенке не менее 8-10 ч. При этом для нитрификации аммонийного азота требуется дополнительное количество кислорода из расчета 4,6 мг кислорода на 1 мг аммонийного азота плюс расход кислорода на окисление углерода, обеспечение

жизнедеятельности гидробионтов, стабилизацию органического вещества, перемешивание активного ила в аэротенках.

Опытно-промышленные испытания подтвердили возможность снижения содержания аммонийного азота до 2 мг/л посредством поддержания высокой дозы активного ила в аэротенках до 5-6 г/л при 100%-ной рециркуляции активного ила и при наличии растворенного кислорода в концентрации не менее 4 мг/л, которую можно обеспечить при подаче воздуха с удельным расходом $13.5 \text{ м}^3/\text{м}^3$. [11]

Для обеспечения аэротенков необходимым количеством воздуха были выбраны полиэтиленовые трубчатые аэраторы производства НПФ "Экополимер" как наиболее удобные в монтаже, эксплуатации и обеспечивающие наилучшие экономические показатели по растворению кислорода воздуха в аэротенках благодаря мелкопузырчатой аэрации. Аэротенки с повышенной дозой ила, повышенным содержанием растворенного кислорода, временем аэрации 9-10 ч эксплуатируются более одного года.[27,28,29]

Сравнительные данные по эффективности насыщения кислородом и окисления аммонийного азота в аэротенках приведены в таблице 7. [31]

Таблица 7.

Дата анализа	Содержание аммонийного азота на входе, мг/л	Количество сточных вод, м ³ /ч	Расход воздуха, м ³ /ч	Удельный расход воздуха, м ³ /м ³	Концентрация растворенного кислорода, мг/л	Концентрация растворенного аммонийного азота, мг/л	Эффект очистки по аммонийному азоту. %
13.10.1994	35	1500/1300	5500/9500	3,7/7,3	4/1,5	2,2/13	93/62
19.10.1994	39	1500/1300	5500/9000	3,7/6,9	4,5/1,5	1,5/12,5	96/67
22.11.1994	31	1500/1300	5800/9000	3,9/6,9	3/1,2	6/11,5	80/62
28.11.1994	32	1500/1300	5800/9000	3,9/6,9	3/1,2	7/13	78/59
02.12.1994	38	1500/1300	6000/9000	4/6,9	3,5/1,2	5,7/16	85/57
04.01.1995	59	1500/1300	6000/9000	4/6,9	4/1,1	9/29	84/50
01.02.1995	35	1500/1300	5600/9000	3,7/6,9	3,8/1,2	1/27	97/22
10.04.1995	10	1300/1080	5900/8800	4,5/8,1	4,7/2,8	1,9/8	81/20
19.04.1995	9,3	1300/1000	5800/8600	4,5/8,6	5/0,9	1,2/7	87/24
06.05.1995	14,4	1200/1100	5000/9000	4,2/8,2	2,8/1,9	2/8	85/42
12.05.1995	15,5	1200/1200	4400/9000	3,7/7,5	4/1	1,4/1	90/48
22.05.1995	20,8	1800/1300	7000/9000	3,9/6,9	4/1,5	1,5/9	90/55
Примечание. В числителе - для секции № 1 с аэраторами "Экополимер", в знаменателе - для секции № 2 со среднепузырчатыми аэраторами.							

Необходимо отметить, что с установкой аэраторов НПФ "Экополимер" эффективность окисления аммонийного азота возросла до 80-90 % (ранее 30-45 %) при увеличении содержания растворенного кислорода до 4,5 мг/л по сравнению с прежними 1,5-2 мг/л при сокращении расхода воздуха в 2 раза.

В таблице 8. приведены данные, характеризующие состояние активного ила при работе аэротенков в режиме высокопроизводительных аэротенков-вытеснителей с повышенным содержанием растворенного кислорода, дозой ила и продленной аэрацией (секция № 1 с аэраторами "Экополимер"). [36,40]

Таблица 8.

Дата анализа	Иловый индекс, см ³ /г	Доза ила по объему, мл/л	Доза ила по весу, г/л	Зольность ила, %
4.04.1995	33	15	4	65
17.04.1995	42	18	5	66
27.04.1995	65	25	6,3	66
3.05.1995	75	32	6,5	64
16.05.1995	68	37	6,3	63
23.05.1995	60	48	7,1	70
30.05.1995	42	30	5	61
5.06.1995	53	22	4,5	64
8.06.1995	54	23	4,6	64
12.06.1995	55	27	4,7	65

Проведенный микробиологический анализ активного ила, находящегося в аэротенках, показал большое разнообразие микроорганизмов по видовому составу: *Arcella discoides*, *Euglycha laevis*, *Paramecium aurelia*, *Euplotes putella*, *Aspidisca costata*, *Vorticella aequilata*, *Rotaria rotatoria*, *Notommata ansata*, *Epistulis plicatilis*, *Thuricola similis*. Наличие данных видов в биоценозе в подвижном, активном состоянии является показателем

процессов глубокой биохимической очистки, нитрификации и минерализации активного ила, проходящих в аэротенке.

В настоящее время проводятся исследования по увеличению окислительной способности аэротенков. Увеличение окислительной способности может быть достигнуто увеличением биомассы за счет прикрепленных форм гидробионтов и дальнейшего повышения содержания растворенного кислорода до 7-8 мг/л при помощи установленных аэраторов НПФ "Экополимер". [24]

Данный тип аэротенка наиболее целесообразно применять для очистки смеси бытовых и концентрированных трудноокисляемых промышленных сточных вод, содержащих органику, азот, фосфор в повышенных концентрациях.

В таких аэротенках с повышенной дозой ила (более 4-5 мг/л) и 100%-ной рециркуляцией активного ила при содержании растворенного кислорода более 4 мг/л протекают процессы нитрификации-денитрификации с глубокой минерализацией ила, разложением его большей части до воды, азота и углекислого газа, что значительно сокращает объем удаляемого избыточного ила (до 20 %), т. е. не менее чем в 5 раз.

В соответствии с современными требованиями, бытовые сточные воды, содержащие загрязнения естественного и антропогенного происхождения, не могут быть сброшены в водоем или на рельеф без предварительной очистки. Обработка небольшого количества сточных вод представляет собой сложную инженерную задачу, т.к. требует обеспечения полного технологического процесса в ограниченных условиях. Для их очистки наиболее целесообразно применять естественные биологические методы.

Современный уровень развития технологий в этой области свидетельствует о возможности достижения качества очищенной воды, отвечающего требованиям природоохранных органов.

Предлагаемая серия малогабаритных комплектных установок для глубокой биологической очистки бытовых сточных вод объектов малой производительности (1,0-50,0 м³/сут) "GS-био" создана с учетом передового опыта. [19,38,30]

Очистка сточных вод осуществляется с использованием прогрессивных методов интенсификации традиционных биологических процессов в анаэробных и аэробных условиях с последующим обеззараживанием очищенной воды. Данная технология наиболее полно отвечает требованиям глубокой биологической очистки бытовых сточных вод при условии неравномерности поступления стоков.

В основе конструктивного оформления установок лежит модульный принцип, в соответствии с которым схема делится на три основных технологических блока - анаэробной обработки исходной воды и осадка, глубокой биологической очистки, в том числе и от биогенных элементов в чередующихся анаэробно-аэробных условиях и обеззараживания очищенной воды.

Основные показатели работы установок "GS-био" показаны в таблице 9.[37]

Таблица 9.

Содержание загрязнений в воде, мг/л		
Наименование показателей	До очистки	После очистки
Взвешенные вещества	до 300	3 – 5
БПК _{полн.}	до 350	3 – 5
Азот аммонийный	20 – 30	0,4 – 0,6

Расход сточных вод, м ³ /сут	1,0 – 50,0
---	------------

Долговечные пластиковые корпуса и трубы, способны работать в условиях агрессивной среды. При исполнении реакторов в металле - антикоррозионная защита с композитным химическим покрытием.

Первый технологический блок включает септик (при необходимости септик может выполняться секционированным), предназначенный для сбора и предварительной очистки сточных вод, а также для анаэробной стабилизации осадка и избыточного активного ила, образующегося в системе.

Второй блок состоит из анаэробного или аэробного биореакторов с иммобилизованной на поверхности инертной насадки микрофлорой. Дополнительно блок комплектуется погружным насосом, компрессором и системой автоматики. Каждый из реакторов может быть разделен на секции, что позволяет интенсифицировать процесс очистки и увеличить производительность установки в целом.

Бытовые сточные воды поступают в септик, где происходит удаление механических примесей и взвешенных веществ, затем направляются в блок глубокой биологической очистки, в котором в результате последовательной обработки в биореакторах с прикрепленной на поверхности инертной насадки микрофлорой в чередующихся анаэробных и аэробных условиях достигается требуемая степень удаления органических загрязнений и биогенных элементов (азота и фосфора). Очищенные стоки подвергаются обеззараживанию в блоке УФ-излучения и сбрасываются в водоприемник (рельеф или водоток).

Наличие регулирующего объема в септике позволяет обеспечить стабильность работы установки в условиях неравномерности поступления сточной воды и предотвратить проскок загрязнений в очищенную воду.

В результате работы установки образуется осадок и избыточный активный ил, которые подвергаются анаэробной стабилизации в септике. Стабилизированный осадок периодически удаляется из системы и вывозится.

Технические показатели установки "GS-био". Таблица 10.

№ п/п	Производительность, м ³ /сут	Потребляемая мощность оборудования, кВт (компрессор, погружной насос, установка УФ-облучения)
1	1,5	0,5
2	5,0	0,7
3	10,0	0,9
4	15,0	1,2
5	30,0	3,0
6	50,0	4,0

Биологическая очистка на Камском ЦБК (центральный биологический комплекс) осуществляется в аэротенке-смесителе, состоящем из 4-х ячеек аэрации и 2-х ячеек регенераторов. Объем регенератора составляет 20% от объема аэротенка. Рабочая глубина аэротенка 4,95 м, площадь аэрации одной ячейки составляет 1152 м². Большая потребность комбината в аэраторах привела к необходимости тщательного выбора аэрационной системы.[20,22]

Сточные воды предприятий ЦБП требуют для очистки большого количества кислорода, а это, в свою очередь, предполагает, что для получения высокой эффективности переноса кислорода аэраторы должны иметь поры малого диаметра. Вместе с тем они не должны забиваться мелким древесным волокном, наличием которого характеризуются стоки

ЦБП. После изучения рынка продукции специалистами Камского ЦБК было установлено, что среди широкого спектра отечественных аэраторов, в наилучшей степени избежать указанного противоречия позволяет конструкция аэратора АКВА-ПРО, разработанная НПФ «Экополимер» (рисунок 2). [14,15,16,17,18]

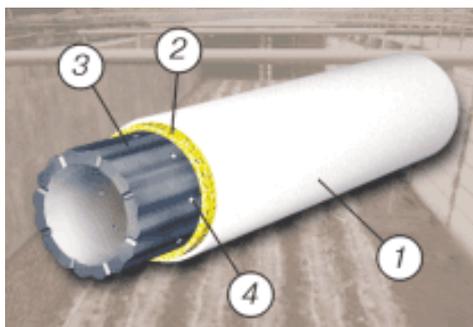


Рисунок 2. Конструкция аэратора АКВА-ПРО.

1 - наружный диспергирующий слой; 2 - внутренний диспергирующий слой;
3 - опорная труба; 4 – отверстие.

Трубчатый аэратор АКВА-ПРО содержит опорную трубу, наружная поверхность которой выполнена в виде равномерно чередующихся продольных ребер и углублений, образующих продольные каналы с отверстиями. На опорную трубу нанесено двухслойное диспергирующее покрытие. Концевые элементы опорной трубы выполнены в виде резьбовых муфт, с помощью которых аэраторы монтируются в систему.

Каналы между каркасом и диспергирующим покрытием способствуют выравниванию расхода воздуха, как по длине аэратора, так и по плети аэрационной системы.

Аэраторы АКВА-ПРО позволяют создать мелкопузырчатую аэрацию без существенного увеличения гидравлического сопротивления. По сравнению с керамическими фильтросными пластинами они имеют более легкий вес, обладают большей устойчивостью к разрушению.

Аэраторы обладают чрезвычайно широким диапазоном устойчивой работы - от 2 до 30 м³/ч на один погонный метр и характеризуются оптимальным расходом воздуха 10-16 м³/ч, что позволяет создавать энергоэкономичные аэрационные системы.

Массообменные характеристики аэраторов, полученные на основе стандартной методики Американского общества инженеров-строителей (ASCE) приведены на рисунке 3. [18,19]

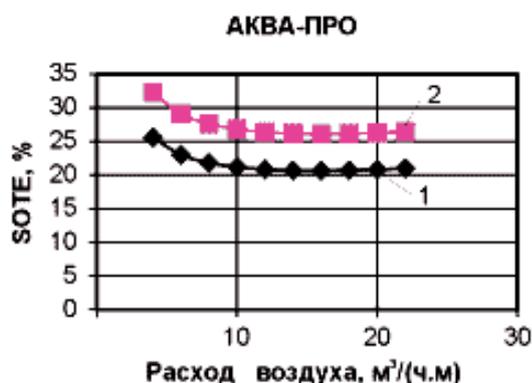


Рисунок 3. Зависимость стандартной эффективности переноса кислорода (SOTE) от расхода воздуха при глубине погружения: 1 - 3,8 м; 2 - 4,8 м

Характерно, что значения SOTE для аэраторов АКВА-ПРО в рабочем диапазоне расхода воздуха практически неизменны и составляют порядка 5,5 % на метр глубины погружения аэратора.

Гидравлическое сопротивление (потери давления) аэраторов является одной из важнейших их характеристик. Низкие значения сопротивления свидетельствуют о больших размерах пор, а также приводят к трудностям создания систем равномерной аэрации.

Потери давления в аэраторах АКВА-ПРО в 3-5 раз меньше, чем потери давления на керамических фильтровых пластинах, что позволяет существенно повысить единичную производительность аэраторов.

Сопоставительные характеристики аэраторов АКВА-ПРО с аэраторами других производителей подтверждает их более высокие технико-экономические показатели.

Возможность устройства плетей большой длины сводит к минимуму время и затраты на монтаж воздухопроизводящей сети. В аэрационных системах АКВА-ПРО требуется устройство минимального количества воздухоподводящих стояков, запорно-регулирующей арматуры и анкеров. Это следствие рационально подобранной скважности опорного каркаса и устройства диспергирующего покрытия. Для аэрационных систем АКВА-ПРО характерен длительный срок эксплуатации. Это связано как со свойствами материалов, используемых для изготовления аэраторов, так и с их конструкцией.

Как видно на рисунке 4, при практически равном исходном сопротивлении в аэраторах без воздушных полостей очень быстро (в течение 5 месяцев) повышаются потери напора до критических значений. Аэраторы АКВА-ПРО имеют гораздо меньшие темпы прироста потерь напора при эксплуатации. [43,42,28]

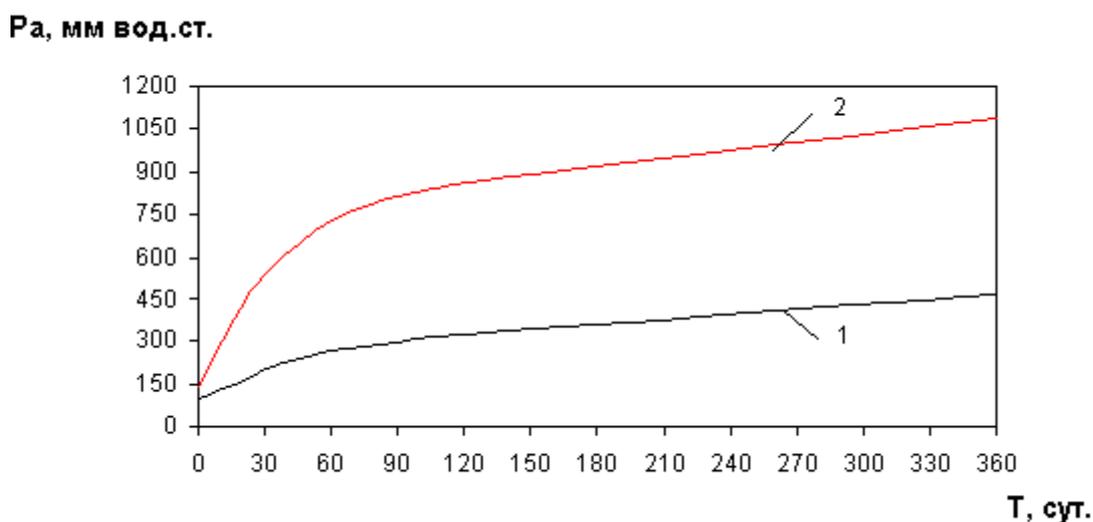


Рисунок 4. Потери напора на аэраторах в зависимости от

продолжительности эксплуатации:

1 - аэраторы "Экополимер" с воздушными полостями; 2 - аэраторы без воздушных полостей.

Аэраторы АКВА-ПРО уже длительное время эксплуатируются на очистных сооружениях предприятий химической и нефтехимической промышленности, сточные воды которых характеризуются высокой агрессивностью.

В последующем Камский ЦБК с помощью НПФ "Экополимер" предполагает установить оборудование для тонкой механической очистки, а также внедрить технологию нитри-денитрификации и выйти на высокий уровень очистки сточных вод по всем ингредиентам.

Также предлагаются установки модельного ряда "ТОПАС". Эти установки разработаны в Чехии на основе опыта конструирования и эксплуатации крупных промышленных аэротенков, европейского типа. В "ТОПАС" учтены все аспекты эксплуатации присущие как крупным, так и малым аэротенкам. Кроме того, это одна из немногих установок, в которой очистка проходит полный цикл, вплоть до удаления азота, а удаляемый ил стабилизируется, что позволяет использовать его как прекрасное удобрение. По данным НИИ "Экологии человека и гигиены окружающей среды", установка "ТОПАС" является наиболее эффективной из всего ряда очистных систем представленных ранее на рынке, и позволяет достигнуть 98% очистки практически по всем показателям, что соответствует или даже превышает все нормы. [32,34]

Установка "ТОПАС" чрезвычайно удобна в эксплуатации и не требует для обслуживания специальной техники и спецперсонала. То есть обслуживание установки может производить сам пользователь. Установка

долговечна, так как корпус выполнен из полипропилена, который не подвержен коррозии, и не меняет структуру под лучами солнца.

1.3. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В СТРАНАХ СНГ

По оценкам специалистов численность устаревших и неэффективных систем очистки сточных вод в Америке и Западной Европе составляет более 20 %. В России из-за ее суровых климатических условий, перерывов в подаче электроэнергии, неудовлетворительного обслуживания не работают или не обеспечивают достаточной степени очистки более 80 % очистных сооружений канализации. Так как технологические решения РНИИ АКХ обеспечат при небольших капитальных вложениях на реконструкцию, высокое и стабильное качество очистки сточных вод, сокращение энергетических затрат для диапазона производительностей 100 - 100000 м³/сут. в 3 - 4 раза, численности обслуживающего персонала на 25 - 50 % в будущем большинство существующих сооружений будут перестроены по предлагаемым конструктивным решениям. Первые КС в п. Северино Краснодарского края были пущены в эксплуатацию 29 апреля 1985 г. Для их строительства использовались емкости вышедших из строя аэротенков продленной аэрации. В качестве основы для КС могут быть использованы резервуары отстойников, аэротенков, насосные станции и т.д. При этом можно увеличить производительность сооружений в 1,5-4 раза.

Городские очистные сооружения в Железногорске (две очереди) в полном объеме работают с 1988 г., их проектная производительность равна 67,7 тыс. м³/сут, фактический сброс сточных вод составляет около 45 тыс. м³/сут. Хозяйственно-бытовые сточные воды с содержанием взвеси 200-250 мг/л и БПК₅ 150-200 мг/л составляют 87 % сточных вод, обрабатываемых на очистных сооружениях. [11,9,8]

В состав сооружений механической очистки воды входят приемная камера, здание решеток с тремя механизированными граблями, две горизонтальные песколовки с круговым движением воды, четыре радиальных первичных отстойника.

Биологическая очистка осуществляется тремя четырехкоридорными аэротенками с сосредоточенным впуском воды и возможностью изменения объема регенератора от 0 до 50 %. Первоначально аэрация осуществлялась через фильтросные пластины. Воздух в аэротенки подается турбовоздуходувками, а циркуляционный ил - насосами. Очистные сооружения включают шесть вторичных радиальных отстойников диаметром 24 м.

После биологической очистки сточные воды доочищаются на станции доочистки на восьми песчано-гравийных фильтрах с верхней подачей воды на фильтрацию насосами.

Для обеззараживания сточных вод имеется хлораторная с отдельным складом и подготовкой хлора в испарителях и фильтрах грубой и тонкой очистки. Контакт очищенной воды с хлором производится в смесителе, резервуаре станции перекачки сточных вод и в напорных трубопроводах протяженностью 17 км. На очистных сооружениях построен водоизмерительный лоток и аэратор перед сбросом очищенных сточных вод в реку.

Кроме системы сооружений полной очистки сточных вод была запроектирована система сооружений обработки сырого осадка и избыточного ила с его минерализацией в двух двухкоридорных минерализаторах, уплотнением в двух илоуплотнителях и обработкой на центрифугах с отдельной подачей сырого осадка и уплотненного ила.

Мощность запроектированных и построенных иловых площадок составляла лишь 20 % производительности очистных сооружений по осадку и илу.

В момент строительства и ввода в эксплуатацию очистных сооружений было выявлено большое количество недостатков, в процессе работы их оказалось еще больше.

Во-первых, не была обеспечена надежность работы системы сооружений обработки осадка и избыточного ила как в корпусе обезвоживания (из-за быстрого износа шнеков на центрифугах), так и на иловых площадках (из-за практически не работающего дренажа и их малой производительности). Экономия площадей на строительство иловых площадок по всей стране привела и продолжает приводить к загрязнению окружающей среды.

Так как в Железногорске нет возможности и средств на обработку осадка и ила на пресс-фильтрах или на высокоэффективных центрифугах с добавлением флокулянтов, как эта проблема уже решена за рубежом и на единичных очистных сооружениях нашей страны, то иловые площадки должны рассчитываться как минимум на 200 % производительности очистных сооружений. Практически во всех городах подобного и даже большего масштаба запроектированная система не работает.

Вторая проблема заключена в экономической части проекта. Проектировщики больше внимания уделяют экономии средств при строительстве и крайне мало - затратам при эксплуатации, надежности работы системы, сооружений или машин. Так, на наших городских очистных сооружениях около 50 % затрат электроэнергии уходит на работу станции доочистки, потому что сточные воды на фильтры подаются насосами, хотя возможно и нужно было подавать их самотеком. Для промывки фильтров построен отдельный резервуар с установленными насосами доочистки с

необходимым давлением 6-7 атм., хотя на очистных сооружениях есть насосы перекачки очищенных сточных вод в р. Свапу с давлением в коллекторе до 10 атм. Подача воды на собственные нужды очистных сооружений была запроектирована тремя насосами с необходимым давлением в 6 атм., а имеется напорный коллектор с давлением в 10 атм. [15]

Понимая, что основное в работе очистных сооружений - это работа аэротенков, уже на момент ввода сооружений в эксплуатацию была проверена с помощью специальной установки пропускная способность каждой фильтросной пластины, и последние были установлены в каналах в соответствии с их пропускной способностью. В первые годы работы это дало свой результат. Однако в процессе эксплуатации часто происходит срыв фильтросных пластин, сразу же выходит из строя аэротенк, а следовательно, резко падает эффект очистки.

Разработанные фирмой "Экополимер" трубчатые аэраторы зарекомендовали себя с положительной стороны и позволили отключить в системе сооружений одну воздуходувку. Трубчатые аэраторы просты и экономичны при монтаже в фильтросных каналах. Реконструкция одного аэротенка бригадой в 4 чел. заняла около 7-8 рабочих дней.

Дисковые аэраторы (г. Кострома) по эффекту аэрации не хуже, но дважды за год аэротенк с дисковыми аэраторами останавливался на непродолжительный ремонт, часть аэраторов сорвана из-за неудачной конструкции узла крепления. [41]

На дне аэротенка под дисками накапливается небольшое количество ила, вода в аэротенке "кипит", продвигаясь по коридорам, а при использовании трубчатых аэраторов вода, обогащаясь кислородом, движется в коридорах по спирали. Дисковые аэраторы значительно сложнее по конструкции и в монтаже.

Реконструкция аэротенков позволила значительно улучшить эффект очистки сточных вод на городских сооружениях по группе азота.

После замены аэраторов был установлен такой режим работы аэротенков, при котором на протяжении 7 месяцев в осенне-зимний период очистные сооружения работали практически без сброса избыточного ила, при этом доза ила за этот период возросла с 2 до 3 г/л.

Нитрификация в сооружениях биологической очистки (аэротенках) при нормальной аэрации протекает хорошо, реально снижение аммонийного азота до десятых мг/л, нитритного азота до тысячных мг/л, но при этом нитратный азот возрастает до 7-10 мг/л. Кроме того, в процессе эксплуатации (в том числе, в марте-апреле) на очистных сооружениях удалялись фосфаты с 10 до 1 мг/л и ниже.

На Северную станцию аэрации поступают сточные воды с БПК₅, - 117 мг/л (БПК₅ - 154 мг/л), содержание аммонийного азота составляет 16 мг/л.

Величина притока сточных вод в настоящее время находится в пределах проектной производительности станции - 44 тыс. м³/сут. [42,43]

До выполнения работ по расширению и реконструкции качество очистки по БПК₅ составляло 8,9 мг/л, содержание азота аммонийного в очищенной воде - 4,6 мг/л, азота нитратов - 2,8 мг/л. Доза активного ила в аэротенках поддерживалась не выше 1,0-1,5 г/л, возраст ила не превышал 4-6 суток. В качестве аэраторов использовались фильтросные пластины.

В двух новых четырехкоридорных аэротенках размером 48*36*3,2 м были смонтированы полиэтиленовые аэраторы НПФ "Экополимер" (по два ряда в первых двух коридорах, по одному в третьем и четвертом коридорах).

Учитывая невысокую концентрацию органических загрязнений в сточных водах, возраст ила порядка 10-12 суток и выше удавалось

обеспечивать при невысокой средней дозе активного ила - не более 2,5-3,0 г/л. Объем регенератора был принят равным 25% (в данном случае коридор с повышенной концентрацией активного ила называют регенератором условно, по традиции). Нагрузка по БПК₅ на единицу биомассы активного ила составляла 100-120 мг/г сут. [43]

Освоенный режим позволил снизить содержание аммонийного азота в биологически очищенной воде до 1,0 мг/л, а азота нитратов - до 2,2 мг/л. В сточных водах после аэротенков, оснащенных полиэтиленовыми мелкопузырчатými аэраторами, содержание аммонийного азота составляло 0,3-0,5 мг/л, что соответствует требованиям рыбохозяйственных водоемов.

Таким образом, после применения на Северной станции аэрации г. Кривого Рога полиэтиленовых аэраторов и освоения технологии с увеличением возраста активного ила до 10-12 суток и выше, эффективность удаления азота аммонийных солей из сточных вод возросла с 71,2% до 93,7%, а суммарное снижение содержания неорганических азотсодержащих веществ увеличилось с 53% до 80%. Повысился и эффект очистки по БПК₅. Величина БПК₅ составляет 6,5 мг/л против 8,9 мг/л, достигаемой ранее. [14]

Важно, что для достижения таких результатов не требовалось увеличения расхода подаваемого в аэротенки воздуха, но даже появилась возможность снижения его на 10-15%. Снижился и прирост активного ила.

Опыт Северной станции аэрации г. Кривого Рога хорошо согласуется с результатами, полученными на других аналогичных очистных сооружениях городской канализации. Он подтверждает возможность совмещения процессов нитрификации и денитрификации в обычных аэротенках с обеспечением удаления из воды соединений азота до показателей рыбохозяйственных водоемов[25,31,37,41]

Выводы по первой главе:

1. Существующие традиционные методы очистки сточных вод и обработки не дают удовлетворительных результатов по основным технологическим показателям при поступлении на сооружения станции аэрации слабо концентрированных сточных вод.

2. В настоящее время не разработаны обоснованные типовые технологии в учётом новых высокоэффективных методов очистки сточных вод. Поэтому, в большинстве случаев, выбор состава очистных сооружений производится в процессе эксплуатации этих сооружений на основании собственных разработок данных станций аэрации.

3. Необходимо обобщение опыта очистки сточных вод и разработка научно обоснованной технологии их очистки и обработки осадков.

Постановка задачи:

1. Сбор и обработка данных по технологиям очистки сточных вод в условиях Узбекистана.

2. Анализ работы станции аэрации по существующим технологиям очистки сточных вод в городах Узбекистана и выявление причин малоэффективного качества очистки стоков.

3. Обоснование и расчет состава очистных сооружений, соответствующего концентрациям сточных вод и дающего хорошее качество очистки и обработки осадков по основным технологическим показателям.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.

2.1 ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРИНЯТОЙ ДО РЕКОНСТРУКЦИИ СХЕМЕ РАБОТЫ СТАНЦИЙ АЭРАЦИИ

В настоящее время мощность очистных канализационных сооружений по Республике составляет 3645,2 тыс.м³/сут., пропускная способность – 2415,7 тыс.м³/сут. Прирост мощности очистных сооружений за 1975-1990 годы составил 1977,8 тыс.м³/сутки или увеличился на 230% за 15 лет. Прирост мощности очистных сооружений за 1991-2006 годы составляет 408 тыс.м³/сутки или увеличился лишь на 11% за 15 лет. Охват населения Республики канализацией по данным на 2009 год составляет 51,5%.

Состав сточных вод при входе на Нижне-Боз-Суйскую и Саларскую станции аэрации был по взвешенным веществам –110÷90мг/л., а по БПК₂₀ – 100÷80мг/л. Сточные воды по составу с начала эксплуатации относились к разбавленным и, поэтому имели низкую концентрацию по взвешенным веществам и БПК₂₀, что неизбежно для таких больших городов, как Ташкент. Поэтому на Нижне-Боз-Суйской станции аэрации была принята схема механической очистки без первичных отстойников, а на Саларской станции аэрации без песколовок. Далее идет полная биохимическая очистка с регенерацией активного ила в аэротенках.

Боз-Суйская станция аэрации треста ”СУВСОЗ” введена в эксплуатацию в 1963 г. Расположена станция в Юго-Западной части города Ташкента и обслуживает Чиланзарский и Каракамышский бассейны канализования г. Ташкента.

Мощность сооружений по механической и биологической очистке составляет 750 – 800 тыс. м³/сут.

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения по своему составу являются в основном хоз-бытового происхождения и малоконцентрированные по загрязнению.

На Боз-Суйской станции аэрации работают две очереди очистных сооружений: на I очередь поступают 500 – 550 тыс. м³/сут, на II очередь поступают 250-300 тыс. м³/сут сточных вод. Фактический пропуск на сегодняшний день составляет 800 тыс. м³/сут.

На Боз-Суйской станции аэрации работают следующие сооружения по очистки сточных вод:

Сооружения механической очистки.

а). Здание решеток:

I очередь – механические решетки марки МГ-1200 3шт.

II очередь – механические решетки марки МГ-1800 3шт.

Количество рабочих решеток 5шт, 1 резервный. Отбросы с решеток подвергаются дроблению в дробилках марки Д-1. Количество рабочих дробилок 3 шт., в резерве 1 шт.

б). Песколовки – горизонтального типа со скребковым механизмом длиной 20 м и шириной 6 м. Удаление песка производится 1 раз в сутки гидроэлеваторами. Количество гидроэлеваторов 7 шт, 5 рабочих, 2 резервные. Производительность гидроэлеватора 66 л/сек.

В I очереди работают 4 песколовки, во II-ой очереди 3 песколовки. Количество рабочих песколовок 5 шт., 1 резервный, 1 на ремонте.

Сооружение по механической очистке с 1977 года эксплуатируется без первичных отстойников в связи с низкой концентрацией взвешенных веществ и БПК₅.

Сооружение биохимической очистки сточных вод.

а). Аэротенки – 4-х коридорные длиной 108,5 м. с 25% регенерацией активного ила. Тип аэротенков – аэротенки-вытеснители. В I очереди число рабочих аэротенков 5 шт. (секций). 4 первичных отстойника диаметром 40 м были переделаны под вторичные отстойники и были введены в эксплуатацию в 1990 г. Во II-ой очереди работают 2 секции аэротенков производительностью 200 тыс. м³/сут. Количество работающих аэротенков 5 шт., 1 резервный и 1 на ремонте.

б). Аэробные стабилизаторы – 2-х коридорные, 8-ми ячеистые длиной 108,5 м. Количество работающих стабилизаторов 1 шт., 1 резервный.

в). Вторичные отстойники радиального типа диаметром 40 м. Они оборудованы илососами производительностью 820 м³/час. В I очереди число работающих отстойников 8 шт., 1 резервный и 1 на ремонте. Во II очереди работают 4 отстойника, 1 резервный и 1 на ремонте. В общем, на станции работают 12 отстойников, 2 на резерве и 2 на ремонте.

Количество возвратного ила в аэротенки составляет 30% от количества поступающих сточных вод.

Сооружения по обработке осадка.

а). Песковые площадки – 1 шт., ввод в эксплуатацию 1961 г. Песковая площадка земляная, с земляным валом 1,5 м, оборудована искусственным дренажным устройством. Площадь песковой площадки $S=1350 \text{ м}^2$, нагрузка на песковую площадку составляет $1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

б). Иловые площадки – ввод в эксплуатацию с 1978 г. по 1985 г.

Железобетонные иловые площадки с дренажными каналами – 40 шт, площадь $S=2700 \text{ м}^2$, общая площадь 10,8 га.

Иловые площадки с земляным основанием, искусственным дренажным устройством – 8 шт, были введены в эксплуатацию 1971-1973 гг., площадь $S=2550 \text{ м}^2$, общая площадь 2,04 га.

Иловые пруды – 2 шт. (10 карт), были введены в эксплуатацию 1963 г., площадь $S=3158 \text{ м}^2$, общая площадь 2,7 га.

Нагрузка на площадки составляет $7 - 8 \text{ м}^3/\text{м}^2$, напуск разовый, время сушки 12 месяцев, влажность выгружаемого осадка $85 - 87\%$, число рабочих площадок 50 шт., на резерве 20 шт.

Сооружения по обеззараживанию сточных вод:

а). Хлораторная – законсервирована. Для обеззараживания используется гипохлорит натрия, который вырабатывается на сооружении. Здесь установлены металлические электролизные установки в количестве 11 шт, в которых и вырабатывается гипохлорит натрия. 4 ёмкости объёмом 22 м^3 каждая, 6 ёмкостей по 6 м^3 каждая, одна ёмкость 25 м^3 . Имеется солевое хозяйство с ёмкостями для растворения соли объёмом 210 м^3 , ёмкость для готового раствора соли объёмом 60 м^3 .

б). Контактные резервуары – представляют собой заглубленные ёмкости из ж/б. Число рабочих контактных резервуаров составляет 6 шт., резервных нет. Резервуаров длиной 56 м. и объёмом $3080 \text{ м}^3 - 2$ шт., сданы в эксплуатацию 1971 г; длиной 56 м. и объёмом $3369 \text{ м}^3 - 2$ шт, сданы в эксплуатацию 1987 г; длиной 60 м. и объёмом $4320 \text{ м}^3 - 2$ шт, сданы в эксплуатацию 1994 г. Продолжительность контакта воды с гипохлоритом натрия в резервуаре 30 минут.

На Боз-Суйской станции аэрации принята следующая схема очистки сточных вод: механическая очистка – решетки с механическими граблями и дробилки, горизонтальные песколовки длиной 20 м со скребковым механизмом, удаление песка производится 1 раз в сутки гидроэлеваторами, биохимическая очистка осуществляется на 4-х коридорных аэротенках – вытеснителях с 25% регенерацией активного ила, осаждение ила происходит во вторичных радиальных отстойниках диаметром 40 м. Обработка осадков избыточного активного ила осуществляется в аэробных стабилизаторах с дегельминтизацией сырого осадка в дегельминтизаторах и сушкой их после уплотнения на радиальных илоуплотнителях на иловых площадках.

Для обеззараживания (дезинфекции) сточных вод на Боз-Суйской станции аэрации используется гипохлорит натрия, который вырабатывается на сооружении. Комплекс по выработке гипохлорита натрия был сдан в эксплуатацию 1996 г. Представляет собой огражденную территорию с навесом, где установлены металлические емкости в количестве 11 шт., в которые установлены электролизные установки фирмы "Хунарманд", 4 ёмкости объемом 22 м³ каждая, 6 ёмкостей по 6 м³ каждая, одна ёмкость 25 м³. Имеется солевое хозяйство с ёмкостями для растворения соли объёмом 210 м³, ёмкость для готового раствора соли объёмом 60 м³. Эксплуатация комплекса производится работниками фирмы "Хунарманд".

2.2 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПОДБОРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПО СОСТАВУ АКТИВНЫХ ИЛОВ.

Активный ил представляет собой суспензию микроорганизмов, способную к флокуляции. Самым важным фактором формирования биоценоза илов является состав обрабатываемой воды и величина нагрузки на ил. Действие температуры, перемешивания, концентрации растворенного кислорода практически не изменяет качественного состава илов, но влияет на количественное соотношение различных групп микроорганизмов.

Бактериальное микронаселение илов и биоплёнки обычно представлено: *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Actinomyces*, *Nocardia*. Для многих видов сточных вод бактерии семейства псевдомонад составляют 50-80%

илов и биопленок, это объясняется широким спектром окисления органических веществ.

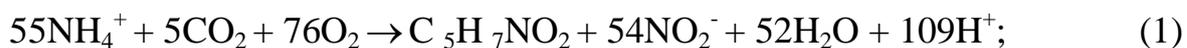
Бактерии *Bacillus* преобладают среди микроаэрофильных и факультативно анаэробных форм, окисляют углеводы, фенолы, спирты.

Все упомянутые бактерии являются гетеротрофными, кроме этого в илах и биоплёнке присутствуют и автотрофные бактерии.

Гетеротрофы используют в качестве источника углерода готовые органические вещества и перерабатывают их для получения энергии и биосинтеза клетки.

Автотрофные организмы потребляют для синтеза клетки неорганический углерод, а энергию получают за счёт фотосинтеза, используя энергию света, или хемосинтеза, путём окисления некоторых неорганических соединений (например, аммиака, нитритов, солей двухвалентного железа и т.д.)

Примером окисления автотрофами может быть процесс нитрификации:



$\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ - символ состава органического вещества образующихся клеток микроорганизмов.

Уравнение(1) - реакцию осуществляют бактерии рода *Nitrosomonas*, при этом они переводят азот аммонийных солей в азот нитритов. А реакцию (2) – окисление азота нитритов в азот нитратов производят бактерии рода *Nitrobacter*.

Активный ил представляет собой ещё и сложный биоценоз различных организмов: бактерий, простейших, коловраток, дрожжей, водорослей, грибов и червей. Источником питания организмов служат различные загрязнения, находящиеся в сточных водах.

Степень относительного развития различных групп простейших и
 коловраток при различной работе сооружений [5]

Таблица 11.

Характеристика работы сооружений	Группы организмов			
	Амёбы	Б/ц жгутиковые	Инфузории	Коловратки
Плохая	Преобладают	Преобладают	Отсутствуют	Отсутствуют
Неудовлетво- рительная	Преобладают	Преобладают	Мало	Мало
Удовлетвори- тельная	Единичные экземпляры	Единичные экземпляры	Преобладают реснитчатые	Мало
Хорошая	Отсутствуют	Отсутствуют	Преобладают Брюхореснит- чатые и круг- лореснитчатые	Много

Качество биохимической очистки зависит от состава активных илов.

Состав илов на Боз-Суйской станции аэрации до 1998 года был следующим: простейшие, коловратки, инфузории, жгутиковые, зооглеи. Имелись следующие виды простейших: *Aspidisca*, *Litonofus*, *Stylonychia*, *Podophrya*, *Vorticella*, *Epistylis*, *Nottommata*, *Phylodina roseola*, *Callidina vorax*. Общее количество 600-700 шт/л, т.е. состав илов по принятой классификации давал хорошую очистку.

Анализ работы очистных сооружений по составу активных илов показал, что состав илов за последние 6 лет (с 2004 по 2009) и до сегодняшнего дня имеет следующий вид: *Aspidisca*, *Vorticella*, *Nottommata*, *Sarcodia*. Встречается три класса простейших: саркодовые (*Sarcodina*); жгутиковые (*Mastigophora*); инфузории (*Infusoria*) с двумя подклассами реснитчатые (*Ciliata*) и сосущие (*Suctoria*).

Простейшие являются индикаторами состояния окислительной системы и качества очистки воды. Установлено, что:

- в илах и биопленке хорошего качества на 10^{16} бактериальных клеток приходится 10-16 видов простейших организмов;
- в илах и биопленке среднего качества – 5-9 видов;
- в илах и биопленке плохого качества – 1-4 вида.

Этот показатель состава ила или биопленки называют коэффициентом протозойности $k_{пр}$.

Важное место занимают коловратки (*Rotatoria*) - микроскопические животные длиной 0,01 - 2,5мм, питающиеся бактериями, простейшими, органическими детритом. Они чувствительны к кислороду и являются показателями хорошей работы очистной системы.

Общее количество 300-400 шт/л, т.е. данный состав илов по принятой классификации даёт удовлетворительную очистку. [2,4,5]

Илы нитрифицированные мелкодисперсные, из-за этого происходит их вынос из вторичных отстойников и вторичное загрязнение очищенных вод. Поэтому на сбросе концентрации очищенных сточных вод практически не изменились. Несмотря на уменьшившуюся концентрацию стоков на станциях по-прежнему применяется схема преаэрации и регенерации ила в аэротенках. Это, в свою очередь, приводит, как показали исследования, к дальнейшему ухудшению состава илов, но отказ от этой схемы приведёт к ухудшению стабилизации осадков.

Многочисленные наблюдения за состоянием илов позволили выявить общую взаимосвязь между качеством очистки сточных вод в аэротенках и наличием в илах простейших. Это служит основой для биологического анализа работы сооружений.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАНЦИЙ ПО БПК (биохимической потребности в кислороде).

Биохимическая потребность в кислороде определяется количеством кислорода в мг/л, которое требуется для окисления находящихся в воде органических веществ.

При анализах выяснилось, что при поступлении сточных вод на Боз-Суйскую станцию аэрации на входе по показателю L_{en} (БПК₅) возникали большие изменения, особенно за последний 2009 год.

Данные показателя L_{en} (БПК₅) оформлены в табличной форме (см. таблица 12).

Количество БПК₅ (L_{en}) на входе.

Таблица 12.

Месяцы	Показатели БПК ₅ (L_{en}) на входе с 2004 по 2009 г.					
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Январь	41,6	54	54,9	39,9	61,3	32,5
Февраль	47,9	49,6	48,7	58,4	58,4	34,9
Март	46,6	50,5	37,2	38,1	38,1	43,8
Апрель	50,5	34,1	47,9	82,1	82,1	51,2
Май	42,9	47,9	49,2	69,8	74,5	46,6
Июнь	46,6	43,4	58,5	67,8	62,5	48,3
Июль	51,9	39,9	61,2	77,8	75,5	32,5
Август	45,2	49,6	55,1	69,2	57,9	49,7
Сентябрь	54,5	57,6	55,9	75,8	58,1	48,5
Октябрь	47,9	42,6	47,9	67,8	49,1	44,3

Ноябрь	44,3	47,9	39,6	74,2	46,6	41,9
Декабрь	48,8	52,6	41,2	67	42,6	38,9

По таблице 12 построен график зависимости изменения количества БПК₅ (L_{en}) на входе в Боз-Суйскую станцию аэрации (см. рисунок5).

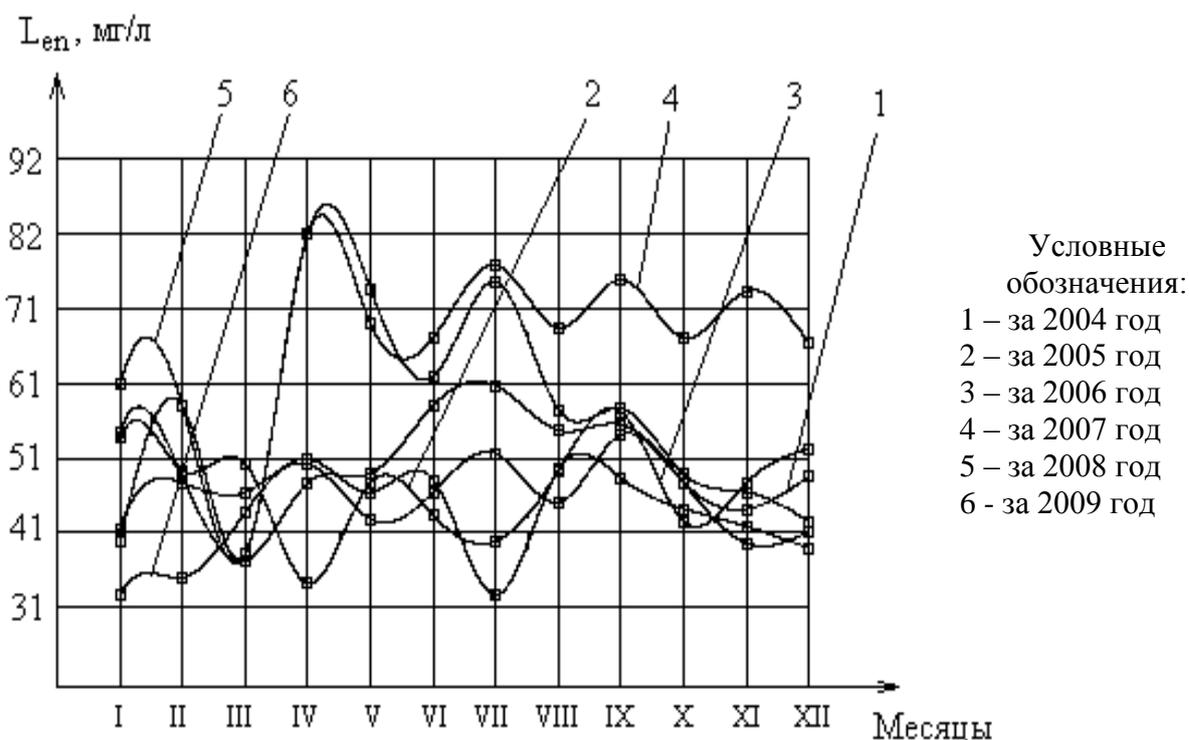


Рисунок 5. График изменения количества БПК₅ (L_{en}) на входе в период с 2004 по 2009 г.

При очистке низкоконцентрированных сточных вод в аэротенках величина прироста активного ила и вынос его из вторичного отстойника соизмеримы, поэтому поддерживать заданную концентрацию взвешенного активного ила довольно трудно, особенно при высокой неравномерности притока сточных вод. Тем более, что при органических нагрузках менее 30 мг БПК на 1 г активного ила происходит его деградация и потеря окислительной способности.

Среднемесячные показатели количества БПК₅ (L_{ен}) за последние 6 лет на сбросе сведены в таблицу 13.

Количество БПК₅ (L_{ен}) на сбросе.

Таблица 13.

Месяцы	Показатели БПК ₅ (L _{ен}) на сбросе с 2004 по 2009 г.					
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Январь	5,8	7,8	11	13,9	17,5	14,5
Февраль	8,8	6,6	7,9	18,1	18,1	16
Март	8,1	10,6	5,4	20,6	19,7	15,8
Апрель	11,9	10,3	7,1	20,1	21,9	21,5
Май	7,7	7,3	17,7	16,4	17,9	14,9
Июнь	10,4	7,9	21,2	17,9	20,9	14,3
Июль	7,3	9,9	11,5	13,5	15,3	10,1
Август	5,7	10,4	17,3	17,1	19,9	14
Сентябрь	9	9,4	13,9	12,8	17,1	15,5
Октябрь	8,9	8,9	11,9	8,9	15	13,9
Ноябрь	8,1	7,5	14,4	17,8	21,9	16,2
Декабрь	8,9	12,4	8,4	17,5	18,9	18,8

Таким образом, традиционные очистные сооружения различной производительности не обеспечивают устойчивую эффективную очистку вод, особенно чувствительны к неравномерности притока стоков, залповым сбросам производственных вод, колебаниям температуры, временному отсутствию электроэнергии и т.д.

График среднемесячного изменения количества БПК₅ на сбросе показан ниже (см. рисунок 6).

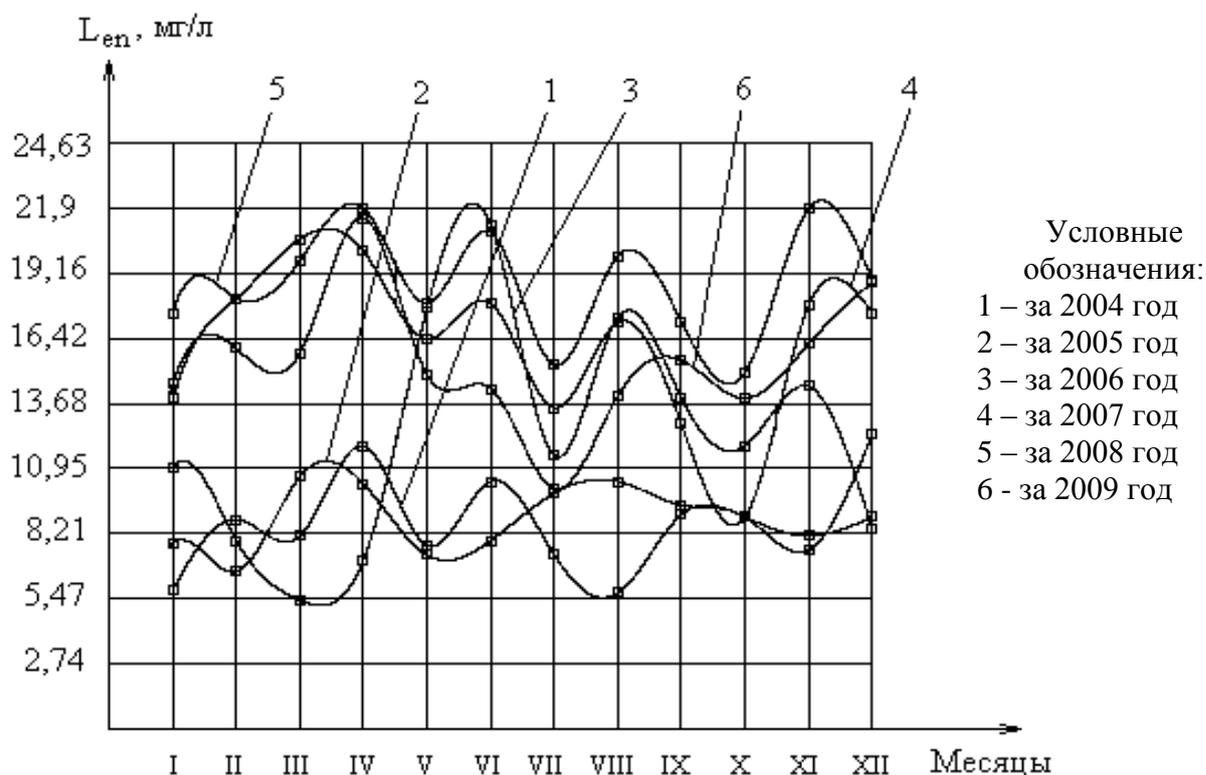


Рисунок 6. График изменения количества БПК₅ (L_{en}) на сбросе в период с 2004 по 2009 г.

Показатели среднемесячного эффекта очистки за период с 1998 по 2003 г., т. е. за последние 6 лет по БПК₅ (L_{en}) сведены в таблицу 14.

Эффект очистки по БПК₅.

Таблица 14.

Месяцы	Эффект очистки по (L_{en}) БПК ₅ , Э (%) за период с 2004 по 2009 г.					
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Январь	86	85	80	65	71	55
Февраль	82	87	84	69	69	54
Март	83	79	85	46	48	64
Апрель	76	70	85	76	73	58
Май	82	85	64	77	76	68
Июнь	78	82	64	73	66	70
Июль	86	75	81	83	80	69
Август	87	79	69	75	66	72

Сентябрь	83	84	75	83	71	68
Октябрь	81	79	75	87	69	69
Ноябрь	82	84	64	76	53	61
Декабрь	82	76	80	74	56	52

В аэротенках-вытеснителях концентрация активного ила практически постоянна по длине сооружения, в то время как нагрузка на активный ил очень высока в начале и быстро падает уже в первый трети сооружения, вследствие интенсивного снижения концентрации органических загрязнений по мере продвижения смеси сточных вод и активного ила. На входе в аэротенк потребность в растворенном кислороде, а следовательно, и необходимая интенсивность аэрации в несколько раз выше, чем на выходе.

График изменения зависимости эффекта очистки по среднемесячным показателям БПК₅ показан на рисунке 7.

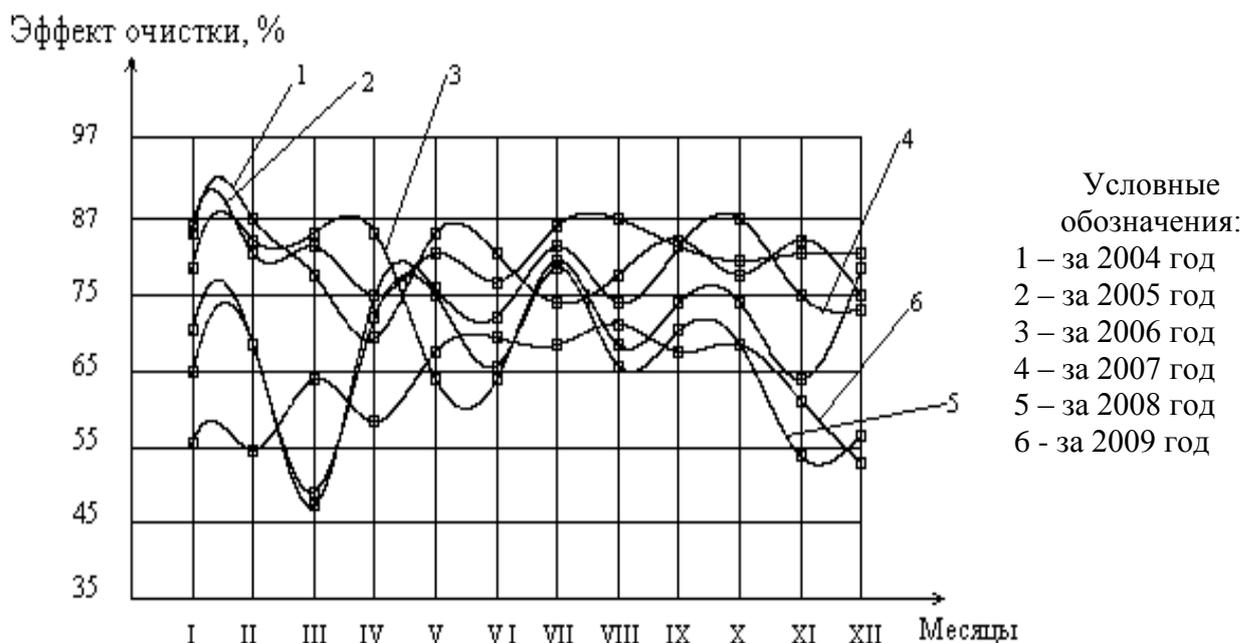


Рисунок 7. График изменения эффекта очистки по БПК₅ (L_{en}) в период с 2004 по 2009 г.

Таким образом, за 2002-2003г. эффект очистки по БПК составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{БПК}} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{L_{en}} \cdot 100\% \approx 62\% ,$$

в отдельные дни снижается до 40%. Необходимо обобщение опыта очистки слабо концентрированных сточных вод и разработка научно обоснованной технологии их очистки и обработки осадков.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ.

В течение 10 лет в период с 1999г. по 2009г. состав сточных вод по взвешенным веществам изменился, их количество уменьшилось до 60÷70мг/л. Это произошло в связи с изменением инфраструктуры производства региона и жизненного уровня населения, так как 80% сточных вод, поступающих сейчас на Боз-Суйскую и Саларскую станции аэрации – бытовые, хозяйственно-фекальные.

За последние 6 лет, в период по 2004-2009г. анализы показали некоторые балансные изменения по взвешенным веществам. При анализах выяснилось, что показатель по взвешенным веществам в среднем за эти 5 лет изменялся в пределах 50÷70 мг/л.

Анализы показали, что при поступлении сточных вод на Боз-Суйскую станцию аэрации на входе по показателю C_{en} (взвешенные вещества) возникали большие изменения, особенно за последний 2009 год.

Данные показателя C_{en} (взвешенные вещества) оформлены в табличной форме (см. таблица 15.).

Количество взвешенных веществ (C_{en}) на входе.

Таблица 15.

Месяцы	Показатели C_{en} на входе с 2004 по 2009 г.					
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Январь	51,7	70	49	44	54,6	54,5
Февраль	56	52,3	47	59	59	71,5
Март	54,6	49,3	42	60	60	59,5
Апрель	39	52,3	50	43	53	75,2
Май	47	52,6	65	98,5	57,5	98,5
Июнь	56	50	59,5	69	67	66,4
Июль	62	69,2	64	119	55,5	87
Август	82	54	58	75	62	58,8
Сентябрь	59	56	46	68	70	67,5
Октябрь	56,3	70	55	61,5	70,7	65,2
Ноябрь	72,6	55,6	51	50,5	59	45,2
Декабрь	62,6	57,4	35	62	65	63,4

По таблице 15 построен график зависимости изменения количества взвешенных веществ (C_{en}) на входе в Боз-Суйскую станцию аэрации (см. рисунок 8).

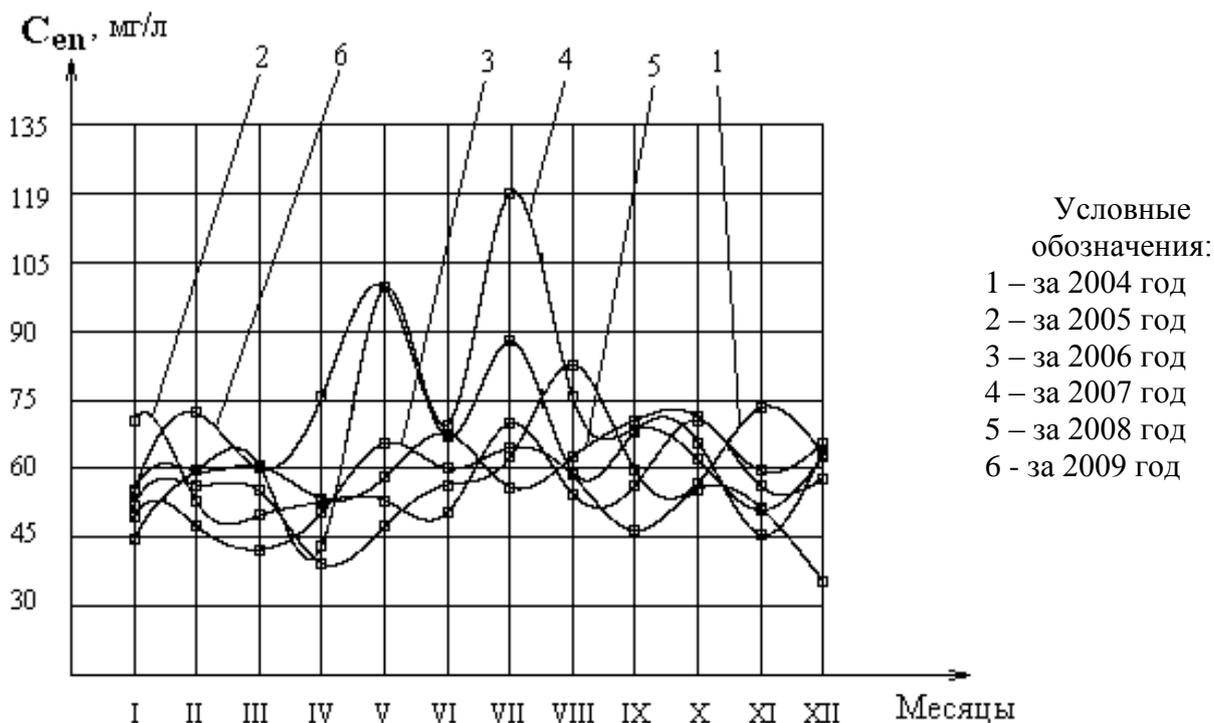


Рисунок 8. График изменения количества взвешенных веществ ($C_{ен}$) на входе в период с 2004 по 2009 г.

Среднемесячные показатели количества взвешенных веществ ($C_{ен}$) за последние 6 лет на сбросе сведены в таблицу 16.

Количество взвешенных веществ ($C_{ен}$) на сбросе. Таблица 16.

Месяцы	Показатели $C_{ен}$ на сбросе с 2004 по 2009 г.					
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Январь	18,1	15,9	15,9	18	19,2	20
Февраль	16,6	10,1	14,3	20	20	22,1
Март	18,4	16,2	12,7	22,6	22,6	22
Апрель	16	13,9	18	16,5	17,2	25,6
Май	11,3	12,3	23	22	23,5	20,2
Июнь	11,3	13,8	22,7	24	20,4	18,1
Июль	10,3	20,3	20,7	21,8	8,1	12,9
Август	13,3	13,7	22	24	12	14,2

Сентябрь	16,2	15,4	16,9	18,2	19,5	16,8
Октябрь	15,7	18	17,5	15,5	19,9	14,3
Ноябрь	17,4	14,1	16	19	14,8	15,1
Декабрь	16,9	17	11,4	21,8	21,8	16,5

По таблице 16 построен график зависимости изменения количества взвешенных веществ ($C_{ен}$) на сбросе в Боз-Суйскую станцию аэрации (см. рисунок 9).

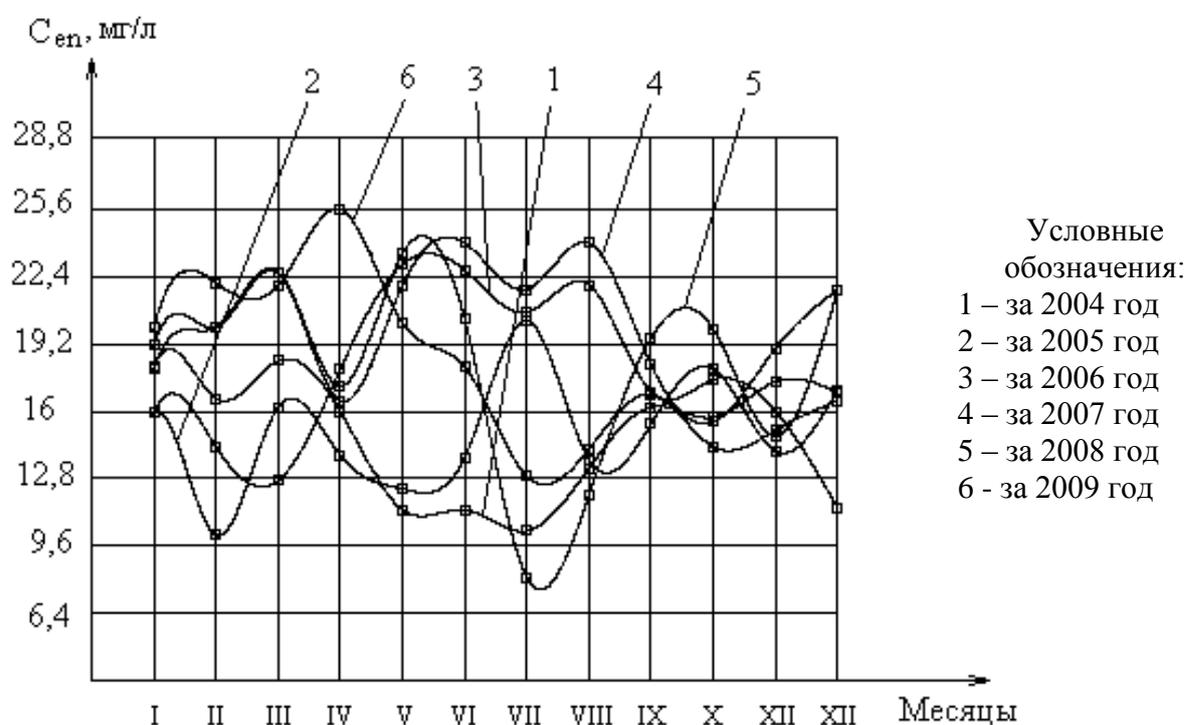


Рисунок 9. График изменения количества взвешенных веществ ($C_{ен}$) на сбросе в период с 2004 по 2009 г.

Показатели среднемесячного эффекта очистки за период с 2004 по 2009 г., т. е. за последние 6 лет по взвешенным веществам ($C_{ен}$) сведены в таблицу 12.

Месяцы	Эффект очистки по C_{en} , Э (%) за период с 2004 по 2009 г.					
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Январь	65	77	68	59	65	63
Февраль	70	81	70	66	66	69
Март	66	67	70	62	62	63
Апрель	59	73	64	62	68	66
Май	76	77	65	78	59	79
Июнь	80	72	62	65	70	73
Июль	83	71	68	82	85	85
Август	84	75	62	68	81	76
Сентябрь	73	73	63	73	72	75
Октябрь	72	74	68	75	72	78
Ноябрь	76	75	69	62	75	67
Декабрь	73	70	67	65	66	74

График изменения зависимости эффекта очистки по среднемесячным показателям взвешенных веществ (C_{en}) показан на рисунке 6.

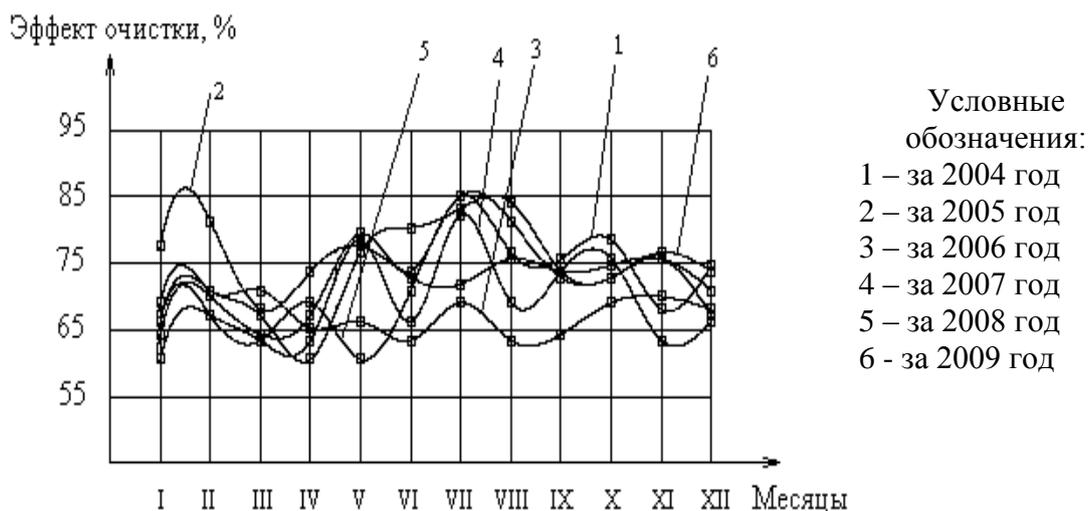


Рисунок 10. График изменения эффекта очистки по взвешенным веществам (C_{en}) в период с 2004 по 2009 г.

На 2002-2003г. эффект очистки по взвешенным веществам составляет:

$$\mathcal{E}_{вз.в-ва} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100\% \approx 67\%$$

также в отдельные дни снижается до 40÷45%.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПО АЗОТУ И ФОСФОРУ.

Сточные воды, кроме различных загрязнений, содержат ещё и соединения азота и фосфора. Проблема удаления азот и фосфорсодержащих соединений возникла в связи с ухудшением качества воды рек и водохранилищ питьевой воды, вызванного эвтрофикацией, которая обуславливается наличием избыточного количества питательных элементов в поверхностных слоях воды. Это в свою очередь вызывает усиленный рост водорослей и макрофитов. Эта водная растительность мешает прохождению света вглубь водоёма, потребляет растворённый кислород и приводит к разрушению фауны и полному исчезновению рыбы.

Таким образом, глубокая биологическая очистка сточных вод от соединений азота является одной из глобальных проблем. Экологически чистые и эффективные методы биологической очистки сточных вод от соединений азота требуют строительства новых, расширения уже существующих очистных сооружений. Глубокое и всестороннее изучение вопроса удаления из воды соединений азота ведётся уже много лет различными специалистами в этой области наук многих стран мира. В нашей Республике также остро встала эта проблема, поэтому были проведены исследования работы станций аэрации г. Ташкента, как самого крупного мегаполиса в Средней Азии.

При отсутствии в воде нитратов и нитритов органические вещества разлагают нагреванием с концентрированной серной кислотой при добавлении в качестве катализатора сернокислой меди, сернокислого калия или селена для повышения температуры реакции. В таких условиях весь азот переходит в аммонийные соли.

Анализы по азоту аммонийному показали, что при входе в период с 2004 по 2009 гг. количество среднегодового показателя азота аммонийных солей составляет в среднем $7,5 \div 13$ мг/л, при выходе (сбросе) из очистных сооружений $2,5 \div 4,5$ мг/л (см. таблица 18).

Среднегодовое изменение количество азота. Таблица 18.

ГОДА	Азот аммонийных солей, мг/л		Эффект очистки Э, %
	Вход	Сброс	
2004	8,6	3,6	58
2005	9,1	2,9	68
2006	10,6	3,8	64
2007	9,8	4,1	58
2008	12,6	4,6	63
2009	9,6	3,2	67

Из таблицы видно, что эффект очистки по среднегодовым показателям азота ниже стандартных пределов эффекта очистки.

В соответствии с таблицей 18 построены графики изменения количества азота при входе, сбросе и эффекта очистки по азоту аммонийному. (см. рисунок 11 и 12).

Азот аммонийный, мг/л

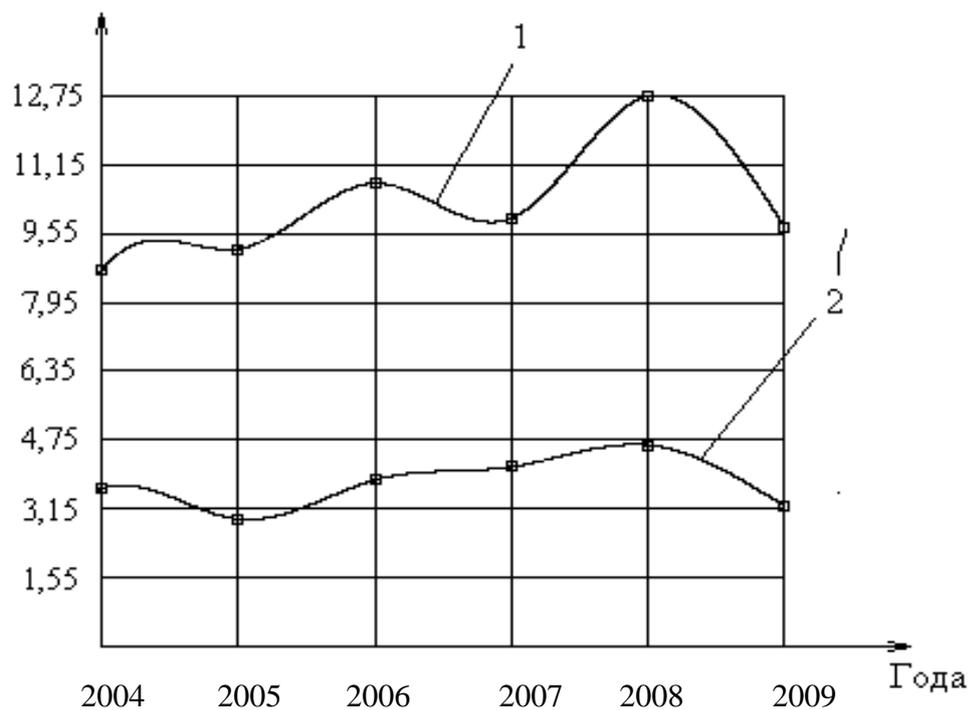


Рисунок 11. График среднегодового изменения количества азота аммонийных солей (1 – вход, 2 – сброс).

Эффект очистки, %

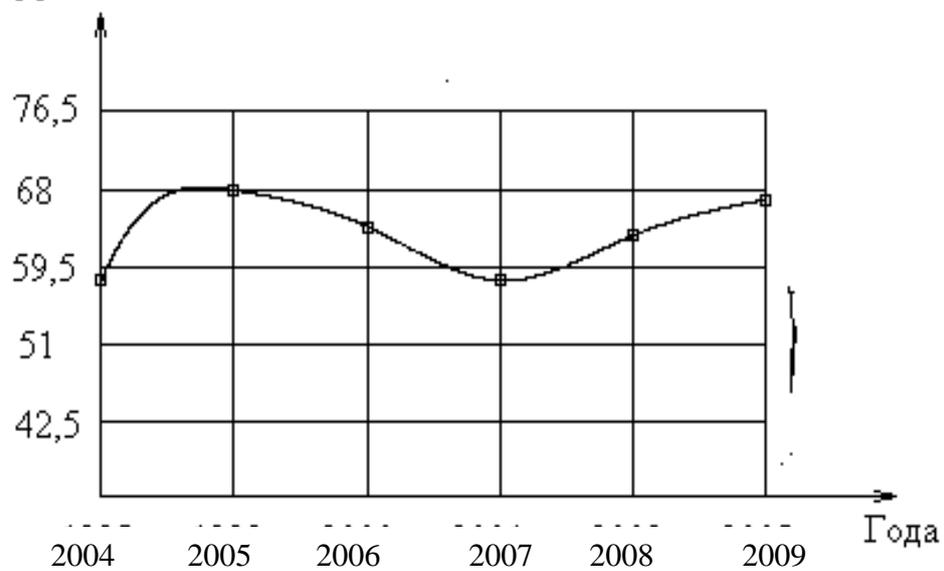


Рисунок 12. График среднегодового эффекта очистки по азоту аммонийных солей

Также, анализы по показателю фосфора фосфатов показали, что при входе в период с 2004 по 2009 гг. количество фосфора фосфатов составляет в среднем 1,5÷2,5 мг/л, при выходе (сбросе) из очистных сооружений 0,8÷0,9 мг/л (см. таблица 19).

Таблица 19

Среднегодовое количество фосфора фосфатов

ГОДА	Фосфаты, мг/л		Эффект очистки Э, %
	Вход	Сброс	
2004	1,9	0,82	57
2005	1,8	0,7	61
2006	2,2	0,89	60
2007	2,3	1,0	57
2008	1,9	0,8	58
2009	2,1	0,9	57

Из таблицы видно, что и по фосфатам тоже эффект очистки ниже стандартных показателей.

В зависимости с таблицей 19 построены графики по фосфатам при входе, сбросе и эффекта очистки на рисунке 13 и рисунке 14.

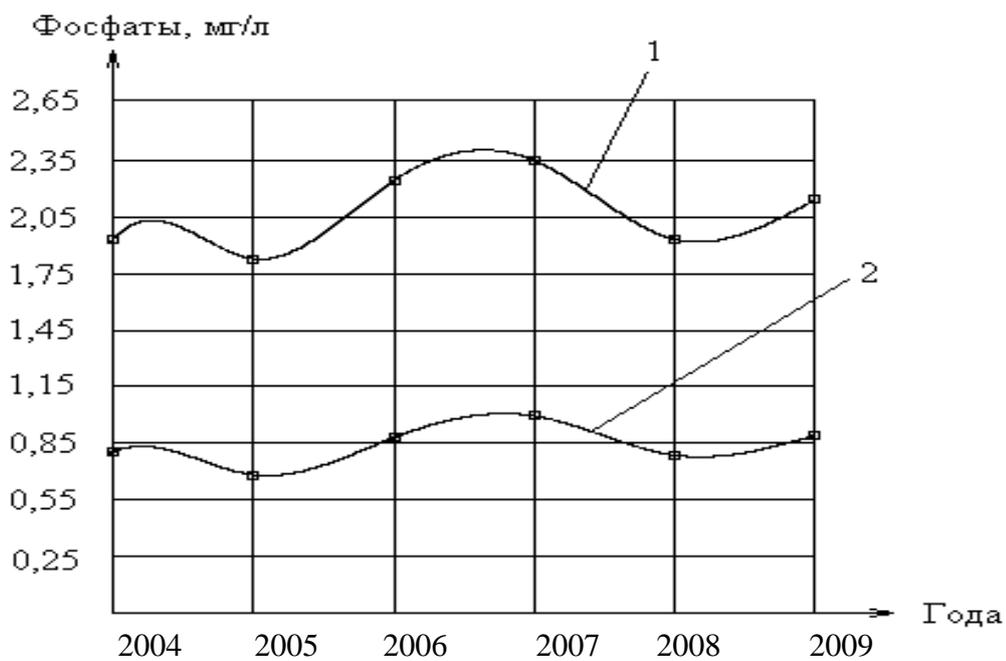


Рисунок 13. График среднегодового изменения количества фосфатов (1 – вход, 2 – сброс).



Рисунок 14. График среднегодового эффекта очистки по фосфатам.

Применяемые в нашей стране технические решения для биологической очистки сточных вод, не обеспечивают эффективного удаления соединений азота до требований предельно допустимых концентраций (ПДК) для сброса в водоём. За рубежом методы биологической нитри–денитрификации (НДФ) находят всё более широкое применение для очистки городских и промышленных сточных вод. Известно много оригинальных технических решений, как в области конструктивного оформления процесса, так и в технологии. Однако, потенциальные возможности совершенствования процесса использованы ещё далеко не полностью.

2.3 Анализ экспериментальных данных и выбор технологии очистки проектирования систем водоотведения при их реконструкции

Проектируемая система водоотведения характеризуется сбросом очищенных сточных вод в ирригационную систему. После реконструкции сетей водоотведения с использованием полиэтиленовых труб уменьшится риск загрязнения подземных вод инфильтратом от канализационных коллекторов.

Реконструкция очистных сооружений должна решаться с внедрением новых методов очистки стоков и обработки осадков.

По составу сточных вод приняты:

- 1) Полная механическая очистка на:
 - решётках с мелкими прозорами;
 - на песколовках горизонтальных
 - в первичных радиальных отстойниках
- 2) Полная биологическая очистка на аэротенках - вытеснителях и вторичных радиальных отстойниках;
- 3) Доочистка сточных вод на биопрудах

- 4) Обеззараживание – гипохлоритом натрия
- 5) Обработка осадков – аэробная в аэробных стабилизаторах.
- 6) Уплотнение осадков - в гравитационных илоуплотнителях.
- 7) Подсушка осадков на иловых площадках с искусственным основанием.

Сооружения должны быть построены с применением оборудования по новейшим технологиям и обеспечить:

- полную автоматизацию над процессом очистки стоков;
- автоматизацию, гарантирующую высокую экономичность очистки, а также оптимизацию потребления электроэнергии и химикатов;

Расчет очистных сооружений

Расчет очистных сооружений выполнен на основании КМК 2.04.03-97 «Канализация Наружные сети и сооружения».

		На полную производительность
Число жителей N	чел.	2 500 000,0
Нормы		
n	л/чел.сут	490
n1	л/чел.сут	390
Qср.сут	м3/сут	1 225 000,00
Qср.час	м3/ч	51 042,0
qср.сек	л/с	14 178,00

Определение состава очистных сооружений

Решётки:

Расчёт решёток		Расчетный период
Часовой расход q	$\text{м}^3/\text{с}$	14178
Скорость движения v	$\text{м}/\text{с}$	1,00
Площадь жив. Сеч. ω	м^2	14178
Площадь жив. Сеч.1 реш ω	м^2	0.80
Число прозоров n	шт	97.63
Ширина решётки	м	2.53
Вариант 1 Принимаются решётки с механическими граблями	шт	5.00
Число резевных решёток	шт	2.00
Ширина канала в месте установки решётки	м	2.04
Номинальный размер ВхН	мм	1500x2000
Число прозоров n	шт	60.00
Толщина стержней δ	мм	6.00
Глубина воды перед решёткой h_1	м	0.64
Скорость течения в канале v_1	м	0.47
Потери напора в решётке h_m		0.01
Общий подпор h_{tot}		0.02

Песколовки:

Выбор и расчет песколовок		2020	
		Аэрируемые Вариант 1	Горизонтальные Вариант 2
Площадь живого сечения	м ²	20.08	20.08
Длина рабочей части песколовки L	м	11.12	17.73
Площадь поверхности песколовки S	м ²	214.81	214.81
Общая ширина В	м	19.31	12.12
Суточный расход	м ³ /сут	197,013.75	
Пропускная способность песколовки	м ³ /сут	100,000.00	100,000.00
Принимается песколовки	шт	2	2
Число отделений		3	3
Ширина отделения В _{ут}	м	3	3
Глубина отделения Н _{ут}	м	1.05	0.55
Длина рабочей части песколовки L _{ут}	м	12	18
Действительная скорость движения	м/с	0.195	0.36
Расход воздуха на аэрацию	м ³ /ч	638.32	
Объем осадка в песколовках	м ³ /сут	35.46	23,00
Объем пескового	м ³	6.62	8.85

приямка песколовки			
Диаметр пескового бункера	м	3.00	
Глубина пескового бункера h	м	2.81	2.95
Расход технической воды для гидросистемы	м3/с	0.029	2.95
Напор воды в начале смывного трубопровода	м	5.28	0.059
Время выгрузки песка t	час	4.48	5.99
Выбор и расчет песковых бункеров			
Объём бункеров Wбун	м3	53.18	34.93
Время хранения осадка	сут	1.5	1.5
Высота бункера H	м	2.7	2.7
Диаметр пескового бункера Д	м	2	2
Объём бункера	м3	11.304	11.304
Количество бункеров		5	3

Первичные отстойники

		Расчетный период	
		Д=40	Д=50
Выбор и расчёт первичных отстойников			
Количество взвешенных веществ	мг/л	125.91	125.91
Глубина рабочей части	м	3.65	4.7
Продолжительность отстаивания	сек	1 440.00	1 440.00
Степень n		0.40	0.4
Определение гидравлической крупности u_0	мм/с	0.71	0.82
Производительность одного отстойника q_{set}	м ³ /ч	1 324.84	2 434.40
Количество отстойников n	шт	11	6
Количество осадка Q_{mud}	м ³ /ч	19.09	14.95
Объём осадка W	м ³	152.68	119.63
Количество взвешенных веществ после отстойника S_{ex}	мг/л	55.96	57.30
Плотность осадка γ_{mud}	г/см ³	1.06	1.06
Влажность осадка P_{mud}	%	95.00	95.00
Количество отстойников	шт	6	4

Аэротенки

Аэротенк без регенерации активного ила

		Расчетный период
Иловый индекс, J_{at}	см ³ /г	116.07
Время пребывания воде в аэротенке, t_{at}	час	2.23
L_{en}	мг/л	126.41
L_{ex}	мг/л	18.96
Нагрузка на ил, q_i	м ³ /час	551.80
Зольность ила, s		0.30
Доза ила, a_i	мг/л	3.00
Степен рециркуляции активного ила, R_i	м	0.5342
Удельная скорость окисления, ρ		22.99
Концентрация растворенного кислорода, C_0	мг/л	2.00
Коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, φ	л/г	0.07
Константа свойств органических загрязняющих веществ, K_1	мг БПКпол/л	33.00
Константа влияния кислорода, K_0	мг Ог/л	0.63
Максимальная скорость окисления, ρ_{max}	мг/(г.ч)	85.00
Вместимость аэротенка, W_{at}	м ³	31 596.67
Средний расход сточных вод за время аэрации в часы мах притока, q_w	м ³ /час	14,198.12
Объем одного сооружения, w_1	м ³	10 532.22

Вторичные отстойники

		Расчетный период	
		D=50	D=40
Нагрузка на вторичный отстойник q_{ssa}	м3/м2.ч	1.048	1.048
Площадь зекала отстойников F_{ss}	м2	20703.84	20703.84
Площадь существующего одного отстойника $D=28$ м	м2	613,43	613,43
Число отстойников существующих $n1$	шт	4.00	4.00
Общая площадь существующих отстойников $F1$	шт	2 453,72	2 453,72
Остаточная площадь	м2	11 275,82	11 275,82
Площадь нового отст.	м2	1 957.19	1 252.86
Число отстойников n	шт	6	9

Сооружения обеззараживания сточных вод

		Расчетный период	
Производительность q	кг/ч		43.38
Суточная Q	кг/сут		591.04
Выход из балона	кг/ч		0.7
Количество балонов	шт		62
Производительность хлораторов	кг/ч		8.1
Количество хлораторов	шт		5
Производительность электролизёра	кг/сут		24
Количество электролизёров	шт		25

Смеситель лоток Паршаля для производительности

Ширина горловины	м	1,5
Ширина подводящего лотка В	м	1,5
Длина лотка L	м	7,1
Общая длина смесителя L1	м	15,3

Сооружения обработки осадков

Рассмотрим два варианта с аэробной и анаэробной

Показатели	Ед. измер	Расчетный период	
		Стабилизатор	Метантенк
Количество осадка по сухому веществу M_{mud}	т	19.84	19.84
Количество ила по сухому веществу $M_{a`mud}$	т	16.19	16.19
Общее количество осадков M_{tot}	т	36.03	36.03
Количество осадка по абсолютно сухому веществу M_{smud}	т	14.14	14.14
Количество ила по абсолютно сухому веществу $M_{sa`mud}$	т	11.11	11.11
Общее количество осадков по абсолютно сухому веществу M_{stot}		25.25	25.25
Объём сырого осадка	м ³ /сут	261.84	261.78
Объём избыточного ила	м ³ /сут	1,078.53	399.46

Общий объём осадков	м3/сут	1,340.37	661.30
Средняя влажность смеси	%	98.12%	96.18%

Илоуплотнители		Расчетный период	
		Стабилиз.	Метантенк
Количество избыточного ила C _{mud}	мг/л	72.69	72.69
Часовой расход Q _{mud}	м3/ч	3,081.56	2,896.67
Общий часовой расход	м3/ч	3,100.64	2,896.67
Максимальное количество жидкости	м3/ч	1,643.34	750.99
Площадь илоуплотнителей F	м2	6201.29	5793.33
Число илоуплотнителей		5	5
Площадь одного f	м2	1240.26	1158.67
Диаметр D	м	39.75	38.42
Сортаментный диаметр D _{ст}	м	40.00	40.00
Высота рабочей зоны Н	м	4.00	5.00
Общая высота Н _{общ}	м	4.60	6.00

Иловые площадки на искусственном основании

Полезная площадь площадок F	м2	163 078.49	80 457.81
Количество площадок		12.00	6.00
Площадь площадки F1	м2	13 589.87	13 409.63
Количество карт на площадке		4.00	4.00
Площадь карты f	м2	3 397.47	3 352.41
Ширина карты b	м	41.22	40.94
Принятая ширина b1	м	50.00	50.00

Длина корты l	м	82.43	81.88
Принятая длина L1	м	100.00	100.00
Принятый размер карты fl	м2	5 000.00	5 000.00
Ширина валиков по верху		0.70	0.70
Общая площадь карты с валиками	м2	5 396.76	5 396.76
Общая полезная площадь площадок		240 000.00	120 000.00
Общая площадь площадок	м2	268 661.28	93 440.16
	га	26.87	9.34
Длина дренажных труб d=50мм	м	9 600.00	4 800.00
Длина дренажных труб D=150 мм	м	1 061.60	640.80

Сооружения доочистки сточных вод

Доочистка на биопрудах

		2020	
		20:1	3:1
Летнее время пребывания воды на 1-ой ступени	сут	4.67	11.34
зимнее время пребывания воды на 1-ой ступени	сут	6.17	14.98
объём первой ступени V1	м3	1 215	2 951
		191.83	180.16
Площадь первой ступени F1	м2	759 919.83	1 845
			519.59
Максимальная глубина H1	м	1.60	1.60
Принятая глубина H"1	м	4.00	1.00
Площадь первой ступени F"1	м2	303 797.96	2 951
			180.16
Летнее время пребывания воды на 2-ой ступени	сут	7.22	17.52
зимнее время пребывания воды на 2-ой ступени	сут	7.70	18.70

объём второй ступени V2	м3	1 516	3 683
		804.30	667.60
Площадь второй ступени F2	м2	339 196.07	823 761.87
Максимальная глубина H2	м	4.47	4.47
Принятая глубина	м	4.00	1.00
принятая площадь	м2	379 201.08	3 683
			667.60

Размеры пруда

	2 пруда					4 пруда				
	Площадь м ²	Ширина м	Длина м	Площадь га	Общая площадь в га	Площадь м ²	Ширина м	Длина м	Общ шир.В	246.49461
1 ступень	151 898.98	87.15	1 742.98	15.19		75 949.49	61.62	1 232.47	Общ.дл.L	2 770.85
2 ступень	189 600.54	87.15	2 175.59	18.96	34.15	94 800.27	61.62	1 538.37	Общ.пл 1-го прудаF га	17.07
									Общ.пл F га	51.22

Выводы по второй главе:

1. Анализ работы очистных сооружений по взвешенным веществам и БПК₅ показал последовательное снижение уровня очистки за последние годы.
2. Соотношение БПК₅ и БПК₂₀, принятое для средне и высококонцентрированных сточных вод (1,33 – 1,5) для малоконцентрированных сточных вод увеличивается в 1,5 – 2 раза.
3. Осуществление мероприятий обеспечит защиту окружающей среды от загрязнений сточными водами

ГЛАВА 3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И ВЫДЕЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.

3.1 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СТОКОВ.

Основным в расчётах аэротенков любых типов является определение периода аэрации:

Для аэротенков-вытеснителей:

оно определяется по формуле:

$$t_{atv} = \frac{1 + \varphi a_i}{\rho_{max} C_{O_2} a_i (1 - s)} [(C_{O_2} + K_{O_2})(L_{mix} - L_{ex}) + K_1 C_{O_2} \lg \frac{L_{en}}{L_{ex}}] K_p \quad (1)$$

где a_i - доза ила, для аэротенков - вытеснителей принимается мг/л

φ - коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила

ρ_{max} - максимальная скорость окисления.,

C_{O_2} - концентрация растворенного кислорода (2-3мг/л)

K_1 - константа свойств органических загрязняющих веществ мг БПК_{пол}/л

K_{O_2} - константа влияния кислорода мгО₂/л.

L_{en} - начальная БПК

L_{ex} - конечная БПК с учётом степени очистки, но не менее 15мг/л

L_{mix} - БПК, определяемая с учётом разбавления рециркуляционным

$$\text{расходом} \quad L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex} R_i}{1 + R_i} \quad (2)$$

a_i - доза ила: для аэротенка-смесителя без регенератора - 3 г/л

для аэротенка-смесителя с регенератором- 2 – 3,5г/л.

для аэротенка - вытеснителя без регенератора- 3-5 г/л

для аэротенка-вытеснителя с регенератором- 3,5:4,5

$$\text{где } Ri = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \quad (3) \quad , \text{ но не менее } 0,3$$

K_p - коэффициент, учитывающий продольное перемешивание

J_i - величина илового индекса. Определяется экспериментально при разбавлении иловой смеси до 1 г/л в зависимости от нагрузки на ил. Иловый индекс равен объёму в мл, занимаемому 1г сухого вещества активного ила через 30 мин отстаивания в цилиндре. Сначала принимается по аналогу.

$$\text{Нагрузка на ил: } q_i = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{a_i(1-s)t_{av}} \quad (4)$$

Вместимость аэротенка-вытеснителя с учётом рециркуляционного расхода:

$$W_{atu} = t_{atu}(1+R_i)q_w \quad (5)$$

q_w - средний расход сточных вод за время аэрации в часы мах притока.

Аэротенк с регенерацией активного ила:

Регенераторы устраиваются в том случае, когда БПК₂₀ > 150мг/л или если содержатся в воде вредные примеси. Переход загрязнений в ил происходит быстро за 10-30мин вода очищается на 50%, а за 1,5 ÷ 3 часа полностью (больше держать в аэротенках не целесообразно из-за заметных процессов нитрификации)

Расчет выполняется следующим образом:

1. Определяется иловый индекс, затем время пребывания в аэротенке:

$$t_{at} = \frac{2.5}{\sqrt{a_i}} \lg\left(\frac{L_{en}}{L_{ex}}\right) \geq 2 \text{ часа ;} \quad (6)$$

2. Период окисления загрязнений

$$t_o = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r (1-s) \rho} ; \quad (7)$$

где a_r - доза ила в регенераторе:

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right) \quad (8)$$

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} C_{O_2}}{(L_{ex} C_{O_2} + K_l C_{O_2} + K_{O_2} L_{ex})(1 + \varphi a_i)} \quad (9)$$

$$q_i = \frac{24(L_{in} - L_{ex})}{a_i(1-s)t_{at}} \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{a_i(1-s)t_{at}} \quad (10)$$

3. Период регенерации: $t_r = t_o - t_{at}$

Затем для уточнения нагрузки на ил необходимо определить время пребывания сточных вод в системе аэротенк - регенератор:

$$t = (1 + R_i)t_{at} + R_i t_r$$

среднюю дозу ила в системе:

$$a_{im} = \frac{(1 + R_i)t_{at} a_i + R_i t_r a_r}{t} \quad (11)$$

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} C_{O_2}}{(L_{ex} C_{O_2} + K_l C_{O_2} + K_{O_2} L_{ex})(1 + \varphi a_{im})} \quad (12)$$

$$q_i = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{a_{im}(1-s)t} \quad (13)$$

После этого заново определяется иловый индекс, коэффициент регенерации и уточняются все расчёты до тех пор, пока предыдущие и последующие значения q_i примерно не совпадут.

Вместимость аэротенка:

$$W_{at} = t_{at}(1 + R_i)q_w \quad (14)$$

Вместимость регенератора:

$$W_r = t_r R_i q_w \quad (15)$$

Объём аэротенка:

$$W = W_{at} + W_r \quad (16)$$

По объёму подбираются тип и размеры аэротенка с учетом того, что число секций должно быть не менее 2-х.

Аэротенк - смеситель без регенерации активного ила рассчитывается как:

$$t_{\text{atm}} = \frac{L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}}{a_i(1-s)\rho} \quad (17)$$

затем $W_{\text{atm}} = q_w * t_{\text{atm}} \quad (18)$

Далее во всех аэротенках рассчитывается:

1) прирост активного ила:

$$P_i = 0.8C_{\text{cdp}} + K_g L_{\text{en}}$$

где C_{cdp} - концентрация взвешенных веществ после механической очистки.

K_g - коэффициент прироста ила.

2) удельный расход воздуха:

$$q_{\text{air}} = \frac{q_{O_2}(L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_a - C_{O_2})} \quad (19)$$

q_{O_2} - удельный расход воздуха в мг/на 1мг снятой БПК;

K_1 - коэффициент, учитывающий принятый тип аэратора;

K_2 - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора;

K_T - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод:

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20);$$

K_3 - коэффициент качества воды;

C_a - растворимость кислорода воздуха;

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20.6}\right) C_{O_2}$$

Интенсивность аэрации

$$I_a = \frac{q_{\text{air}} H_{\text{at}}}{t_{\text{at}}}$$

где $t_{\text{at}} = t_{\text{atv}} = t_{\text{atm}}$ - период аэрации.

При подборе механических и пневмомеханических аэраторов и струйных аэраторов их количество определяется по формуле:

$$N_{\text{ma}} = \frac{q_{O_2}(L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})W}{1000K_T K_3 \left(\frac{C_a - C_{O_2}}{C_a}\right) t Q_{\text{ma}}} \quad (20)$$

где W - объём аэротенка (весь);

t - время пребывания в аэротенке (общее);

Q_{ma} - производительность аэратора по кислороду кг/ч.

Число аэраторов в аэротенке - вытеснителе надлежит принимать вдвое больше на первой половине, чем на остальной длине. Заглубление аэраторов уточняется в соответствии с давлением воздухоподводящего оборудования и учётом потерь давления в разводящих коммуникациях и аэраторах.

Рециркуляция активного ила осуществляется эрлифтами или насосами. Удельный расход воздуха при перекачке ила эрлифтами равен:

$$Q_{air} = \frac{H_g}{23\eta_a \frac{H_g(k_f - 1) + 10}{10}} \quad (21)$$

где H_g - геометрическая высота подъёма активного ила;

η_a - КПД эрлифта - 0.6;

k_f - коэффициент погружения форсунки эрлифта H_p/H_g

H_p - глубина погружения форсунки от уровня налива.

Для дальнейшего расчета приняты следующие показатели (Таблица 20):

Таблица 20

Доза ила, г/л			Иловый индекс I, мл/гр.	Средняя скорость окисления, ρ , мг/г·час	Количество растворенного кислорода, C_{O_2} , мг/мг	Зольность, S	Коэффициент ингибирования активного ила, ϕ
в преаэраторе, a_{i1}	в аэротенке, a_{i2}	в регенераторе, a_r					
3,0	1,0	2,5	27-30	18	4-5	0,48	0,07

Режим поступления сточных вод на сооружения биологической очистки и их состав отличаются крайней неравномерностью. Причем и расход сточных вод, и количество загрязнений в них могут колебаться как в разное время года, разные дни недели, так и в течение суток.

Потребность в кислороде зависит от количества органических загрязнений и удельного расхода кислорода. Кислород воздуха потребляется микроорганизмами активного ила на окисление органических загрязнений и на эндогенное дыхание. Как правило, величина удельного расхода кислорода воздуха в аэротенках является постоянной и колеблется в пределах 0,9-1,1 мг/мг.

3.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В настоящее время в соответствии со «Схемой комплексного развития и модернизации систем водоснабжения и канализации Республики Узбекистан на 2009 – 2020 гг.», одобренной на заседании Президиума Кабинета Министров Республики Узбекистан от 29 июня 2009 года (протокол № 25), разрабатываются проекты реконструкции существующих сооружений очистки сточных вод.

Реализация проектов «Реконструкция системы канализации» осуществляется с участием заемных средств Азиатского Банка Развития (АБР) и Всемирного банка развития и вызвана необходимостью решения проблемы водоотведения и очистки сточных вод городов Республики Узбекистан. Основной целью проектов является улучшение экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации, здоровья и жизненных условий людей, проживающих в городах. Осуществление проектов позволит решить проблему с очисткой стоков и обработкой осадков на канализационных очистных сооружениях с доведением качества очищенных сточных вод до

нормативных требований с целью недопущения дальнейшего загрязнения вод рек и каналов бассейнов, Сырдарьи и Амударьи, куда сбрасываются стоки. Кроме того, проекты будут способствовать реализации политики ресурсосбережения и совершенствования инфраструктуры водоотведения и очистки сточных вод.

При разработке технических решений по реконструкции действующих сооружений биологической очистки в основу решений закладывается максимальное использование существующих емкостных сооружений, что снижает капитальные затраты на реконструкцию.

На первоначальном этапе определяются причины неудовлетворительной работы очистных сооружений. В рамках этих работ выполняется:

- обследование очистных сооружений;
- расчеты и моделирование работы очистных сооружений по современным методикам и стандартам;
- определение потенциальных возможностей сооружений, как по пропускной способности, так и по качеству очистки;
- выдача заключения о возможностях сооружений по пропускной способности и эффекту очистки.

На основе полученных расчетов рассчитывается оптимальная технологическая схема с учетом использования существующих емкостных сооружений. При необходимости разрабатывается план поэтапной реконструкции и обоснование инвестиций. Большинство сооружений очистки сточных вод в Республике построены в 60-х-70-годах прошлого века. Поэтому они уже физически и морально устарели. На стенде вы видите состояние канализационных очистных сооружений г. Самарканда, практически в таком же состоянии находятся сооружения других городов, в том числе и г. Ташкента. Поэтому вопросы реконструкции очистных сооружений являются актуальными. (Лист 3)

Однако, при реконструкции очистных сооружений выдвигается ряд требований, которые не позволяют решить вопросы реконструкции ранее принятыми методами. А именно, должна быть увеличена пропускная способность с одной стороны и все сооружения должны размещаться на существующих территориях без увеличения их площадей.

Основой технологических схем очистки сточных вод являются сооружения биологической очистки. От их эффективной работы во многом зависит качество очищенных сточных вод.

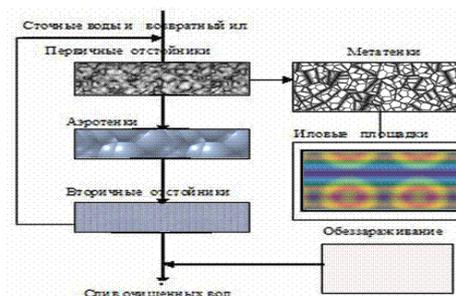
Эксплуатация большинства блоков биологической очистки сооружений канализации связана с рядом трудностей и проблем:

- высокие затраты электроэнергии;
- существующие сооружения не обеспечивают требуемого качества очистки, в особенности по биогенным соединениям;
- процесс биологической очистки проходит со сбоями и нарушениями (вынос ила, нитчатое вспухание);
- технологическое оборудование изношено или морально устарело.

Биологическая очистка сточных вод - один из самых распространенных способов обезвреживания сточных вод при подготовке их к спуску в водоемы.

Существует две схемы аэрационных очистных сооружений

1 схема с получением биогаза

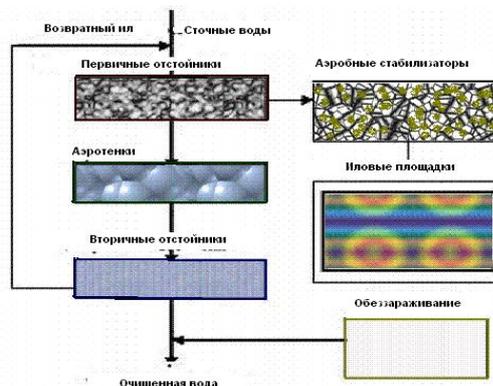


Состав сооружений по выработке биогаза следующий:



Схема выгодна тем, что в результате переработки получается собственный источник тепла и энергии – биогаз (смесь метана, сероводорода и сернистого газа) (качество биогаза зависит от количественного состава, чем больше метана, тем газ лучше. Состав зависит от качества очистки и состава сточных вод). Но при этой схеме осадок плохо отдает воду, поэтому нужно или увеличить площадь иловых площадок для его сушки, или поставить сооружения по сжиганию осадка. Это приводит к удорожанию стоимости проекта и не выполняет 2-е условие заказчика.

2 схема - Типовая схема аэрационных очистных сооружений при аэробной стабилизации



(9 лист) При этой схеме при изменении технологии биологической очистки можно выполнить условия заказчика

Для достижения результата все мероприятия и работы могут выполняться в несколько этапов:

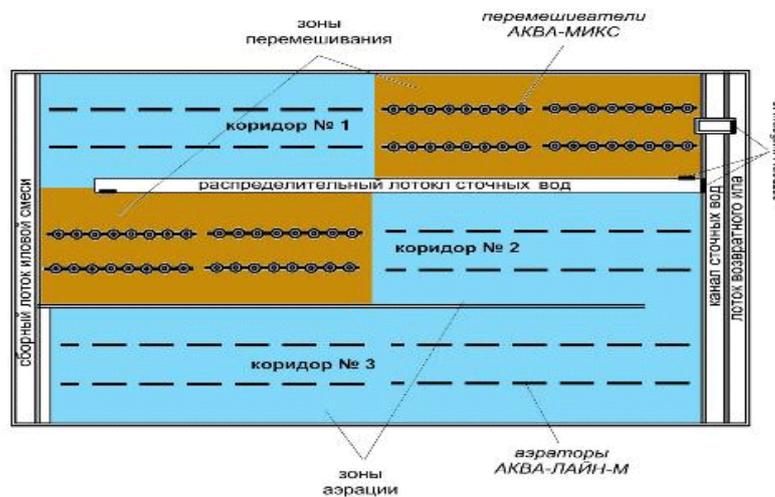
1 этап – замена системы аэрации на высокоэффективные дисковые или трубчатые аэраторы. В существующих сооружениях приняты устаревшие фильтросные пластины.

2 этап – Реконструкция отстойников. Замена воздухоудовного оборудования.

В результате выполнения работ по первым двум этапам достигается нормализация окислительных процессов и нитрификации, снижение энергозатрат, достижение требований очистки по БПК, аммонийному азоту. (Лист 12) Но выполнение только этих двух этапов не дает возможность увеличить пропускную способность очистных сооружений. Нужно менять технологию очистки

3 этап - Выделение зон перемешивания. Удаление биогенных соединений. Интенсификация процессов денитрификации и биологического удаления фосфора. Достижение требований очистки по соединениям азота. Основной проблемой технологии биологической очистки сточных вод от органических веществ и биогенных элементов является необходимость принципиально разных условий для протекания этих процессов. Создание таких условий в системах очистки активным илом требует организации анаэробных, бескислородных и аэробных зон, количество и последовательность которых определяется разработанной технологической схемой, которая применяется в зонах аэрации анаэробной обработки, запроектированных в аэротенках. В зонах перемешивания устанавливаются механические мешалки или пневматические гидроперемешиватели.

Анаэробная зона в начале аэротенка с перемешиванием дает возможность удалить соединения фосфора (Лист 13) Первая зона аэрации удаляет легко окисляемые органические соединения, вторая зона перемешивания удаляет соединения азота, и затем завершается очистка от биологических соединений. Данная схема увеличивает пропускную способность аэротенка и эффективно удаляет соединения азота и фосфора. Принята в настоящее время в большинстве развитых стран, но в нашей Республике пока не применялась.



4 этап – Химическое удаление фосфора. Удаление биогенных соединений. Интенсификация процессов дефосфатизации. Достижение требований очистки по соединениям фосфора Для получения устойчивого технологического процесса работы очистных сооружений и интенсификации процесса биологической очистки (и как следствие резкого уменьшения требуемых строительных объемов сооружений) предлагается новая технология очистки промышленных и коммунальных сточных вод в аэротенках с прикрепленной микрофлорой на саморегенерирующейся загрузке. В качестве загрузки применяется специально подобранная для соответствующих стоков плоская насадка, регенерирующаяся самопроизвольно. Отмирающая биопленка отделяется от листа и потоком

воды выносятся из аэротенка во вторичный отстойник. Это дает возможность улучшить очистку сточных вод с 85% до 90-95%. Можно не применять сооружения доочистки. (Лист 14)

5 этап – Доочистка сточных вод. Доведение качества очищенных сточных вод до требований рыбохозяйственных водоемов. (Лист 15)

6 этап – Использование очищенных сточных вод для целей ирригации. (Лист 15)

Реализация этих этапов позволит стать сооружениям очистки сточных вод самокупаемыми, т.к. позволит продавать:

- 1- очищенную воду для полива зелёных насаждений
- 2- использовать осадок в качестве удобрений
- 3- создать собственное сельскохозяйственное хозяйство по производству овощей.

Технологическая наладка является основной завершающей стадией работ по реконструкции сооружений биологической очистки. В результате обеспечивается стабильная работы биологических очистных сооружений и достижение нормативных показателей на сброс в водоем.

3.3 МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫБРАННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ВЫДЕЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ.

Процесс биоокисления, используемый на станциях биохимической очистки сточных вод (БХО) требует строго соблюдения технологического режима, поскольку он чувствителен к изменению температуры и рН-среды, ингибирующему действию органических и неорганических соединений. При появлении в стоках высоких концентраций этих веществ требуется их разбавление. Нормальную работу комплекса БХО сложно обеспечить ввиду

отсутствия стабильности состава и уровня концентраций веществ в сточной воде, нестационарного расхода стоков и сезонных колебаний температуры окружающей среды. Более того, в практике работы очистных сооружений типичны примеры внезапного появления “залповых” сбросов вредных веществ с промышленных предприятий и резкого увеличения гидравлической нагрузки, возникающей в результате выпадения ливневых дождей. В первом случае это приводит к частичному или полному отравлению микроорганизмов, возникновению у них “шокового” состояния и, окончательно, к “срыву” процесса очистки в результате вымывания биологической культуры из аппаратов станции. Во втором случае повышенный расход воды способен полностью вымыть микроорганизмы активного ила из системы.

За последние десятилетия начали развиваться автоматизированные системы управления технологией очистки сточных вод. Наряду с развитием технического обеспечения (микропроцессоров, контрольно-измерительных приборов и т.д.) интенсивно развивается математическое обеспечение АСУ ТП, основанное на современной теории управления и др. Однако в большинстве работ решаются задачи стабилизации режима очистки, но при этом вопросы оптимального выбора заданий локальным системам регулирования процесса биохимических превращений, особенно слабоконцентрированных стоков, остаются открытыми. Следует также отметить, что существующих системах управления станциями БХО не заложены принципиальные возможности компенсации возмущений, ведущих к серьезному нарушению режима биохимической очистки.

Предлагаемая в данной работе система автоматического управления станцией БХО обладает следующими функциями [12]:

- прогноз аварийных ситуаций на станциях биохимической очистки (БХО);

- упреждение аномальных ситуаций в подсистеме “аэротенк - вторичный отстойник”;
- стабилизация режима работы станции в период действия аварийных возмущений;
- переход к режиму её нормальной эксплуатации после снятия указанных возмущений.

Решение первой задачи возможно на основе математической модели биохимической очистки в подсистеме “аэротенк - вторичный отстойник”. При этом опережение информации в системе автоматической защиты станции БХО может быть достигнуто за счет выноса датчиков расхода и качества воды в колодцы канализационного коллектора.

При появлении в реальной системе гидравлических и концентрационных возмущений необходимо “блокировать” возможность срыва процесса БХО с помощью управляющих воздействий, значения которых находятся в результате решения следующей задачи оптимального управления статическими режимами работы станции.

Задача I. Найти оптимальные значения управляющих воздействий станции БХО P^*, u^* , при которых векторная целевая функция

$$F = f(Y_1, Y_4) \quad (22)$$

принимает оптимальное значение и при этом удовлетворяются ограничения:

а) на соотношение определяющих параметров гидродинамического и биохимического режимов очистки сточных вод в подсистеме “аэротенк - вторичный отстойник”

$$n_1^{av} \leq \theta_{\text{ила}} / \theta \leq n_2^{av} \quad (23)$$

б) на содержание растворенного кислорода в аэротенке

$$Y_2 \geq Y_2^{\text{min}} \quad (24)$$

в) на управляющие воздействия

$$0 < p^{av} < 1, \quad u^{av} \in U \quad (25),$$

а также выполняется уравнение связи

$$\underline{f}'(T, pH, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, p^{av}, u^{av}) = 0 \quad (26),$$

представляющее математическую модель процесса биохимической очистки. В задаче А-І

использованы обозначения:

$Y_1, Y_4, Y_5, Y_2, Y_2, Y_7$ - соответственно концентрации БПК, аммонийного и нитратного азота, растворенного кислорода и ингибитора;

Y_3, Y_6 - соответственно концентрации микроорганизмов активного ила и нитрифицирующих бактерий;

$\theta_{\text{ила}}, \theta$ - соответственно средний возраст ила и среднее время пребывания частиц жидкости в аэротенке;

Y_2^{min} - значение минимально допустимой концентрации растворенного кислорода (обычно 1.5 – 2.0 мг/л);

n_1^{av}, n_2^{av} - допустимые границы изменения отношения $\theta_{\text{ила}} / \theta$;

p^{av}, u^{av} - соответственно отношение рециркуляции и расход воздуха, подаваемого на аэрацию;

f' - нелинейная векторная функция алгебраического типа;

U - множество допустимых значений управления u^{av} .

Поскольку расход жидкости нестационарный, значение среднего времени пребывания частиц жидкости в аэротенке вычисляется по формуле

$$\Theta = \frac{l}{V} \int_{t_0}^t R(v) dv \quad (27)$$

где V - объем аэротенка;

$R(t)$ - расход воды;

t_0, t - соответственно момент регистрации гидравлического и/или концентрационного возмущения в канализационном коллекторе и текущее время.

Для определения $\Theta_{ила}$ воспользуемся выражением (при условии представления гидродинамической структуры аэротенка моделью ячеечного типа)

$$\Theta_{ила} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} x_i \cdot V_i'}{\frac{l}{V} \cdot \left\{ x_p \cdot \int_{t_0}^t [R(v) - R_w(v)] dv + \bar{x}(\bar{r}) \cdot \int_{t_0}^t R_w(v) dv \right\}} \quad (28)$$

в котором V - объем аэротенка;

x_p - концентрация ила в рецикле;

$R_w(t)$ - расход избыточного ила;

x_i - концентрация ила в i -ой ячейке аэротенка;

V_i' - объем i -ой ячейки аэротенка.

Смысл ограничения (23) состоит в том, чтобы “сбалансировать” гидродинамический и биохимический режимы работы станции БХО за счет P^*, u^* . При этом выбор значений P^*, u^* производится в режиме нормальной эксплуатации станции.

Поскольку решение задачи I осуществляется в условиях опережения возмущений, то в момент реального входа их в подсистему “аэротенк - вторичный отстойник” состояние процесса биохимической очистки может измениться под действием случайных факторов. Возникает необходимость в коррекции P^*, u^* .

Учитывая высокую скорость распространения возмущений в рассматриваемой подсистеме, оперативное решение задачи I не представляется возможным. В таком случае зафиксируем найденное значение P^* , а все случайные отклонения состояния процесса биохимической очистки будем рассматривать одновременно с двух позиций – обеспечения активного ила необходимым количеством растворенного кислорода и сокращения перерасхода воздуха в системе аэрации. Для этого сформулируем задачу стабилизации кислородного режима на станции БХО.

Задача II. Для заданных P^* и значений расхода R , известных в дискретные моменты времени $t = 1, 2, \dots$, найти такие значения u^o , при которых выполняется условие

$$c(t) = Y_2^{**} \quad (29)$$

удовлетворяется ограничение на управление концентрации кислорода

$$u^{av} \in U \quad (30)$$

и оказывается справедливым уравнение связи

$$c(t) = \psi'(c(t-1), u(t), R(t), A(t), p^*) \quad (31)$$

где $c(t)$, $c(t-1)$ - соответственно значения концентрации растворенного кислорода в аэротенке, соответствующие моментам времени t и $t-1$;

Y_2^{**} - значение концентрации растворенного кислорода, найденное в результате решения задачи I;

$\varepsilon(t)$ - погрешность моделирования, измерения и функционирования исполнительного механизма в момент времени t ;

$\psi'(\cdot)$ - некоторая нелинейная функция.

Заметим, что решение задачи II осуществляется на интервале “аварийных” возмущений в режиме “on-line”.

После снятия указанных возмущений, в системе автоматического управления возникает задача перехода к режиму нормальной эксплуатации станции БХО. Ее постановка соответствует задаче I. При этом должен учитываться тот факт, что в результате действия “аварийных” возмущений в режиме в подсистеме “аэротенк – вторичный отстойник” может измениться биологическая активность микроорганизмов, произойти распад хлопьев и т.д. В связи с этим в системе предусмотрена коррекция параметров модели.

В блочном виде система работы станции БХО представлена на рисунке 15.

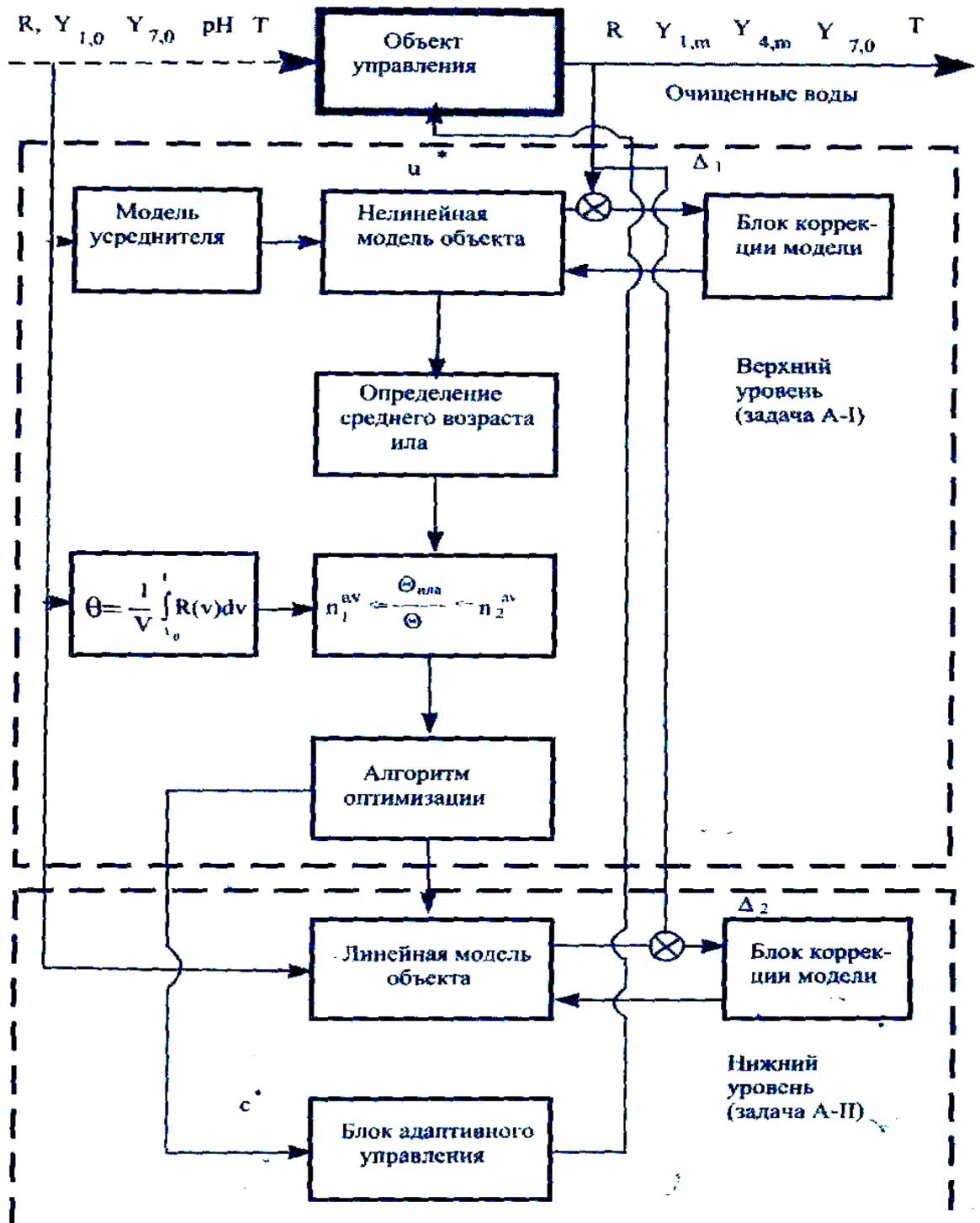


Рисунок 15. Блок-схема алгоритма оптимизации работы станции БХО.

Подсистема упреждения “срыва” статического режима содержит:

- многомерную нелинейную модель, с помощью которой производится анализ влияния гидравлических и концентрационных возмущений на величину φ и $\varphi_{\text{шаг}}$;
- линейную модель усреднения;
- алгоритмы коррекции параметров нелинейной модели и оптимизации критерия (1).

На станции БХО усреднение обеспечивает сглаживание влияния гидравлических и концентрационных пульсаций входного потока жидкости. Поэтому, на вход нелинейной модели поступают усредненные значения “аварийных” возмущений.

Подсистема стабилизации содержит упрощенную одномерную модель растворения и поглощения кислорода в жидкости, а также алгоритмы коррекции ее параметров и адаптивной стабилизации, реализуемые в реальном масштабе времени.

Проверка основных идей, положенных в основу системы расчета работы станции БХО, осуществлялась средствами имитационного эксперимента на ПЭВМ. В подсистеме упреждения “срыва” процесса использовалась модель [13]. Модель усреднения была представлена уравнением [1]:

$$x_{\text{ср}}(t) = \frac{1}{T_2} \cdot \int_{t-T_2}^t x_{\text{ex}}(\tau) d\tau$$

(32)

в котором X_{ex}, X_{exx} - соответственно концентрации таких примесей, как Y_1, Y_4, Y_7 и рН на входе и выходе усреднителя;

$$T_2 = 2V_u / G - \text{интервал усреднения};$$

V_u, G - соответственно объем и пропускная способность аэротенка.

V_u, G Вместо векторного критерия (22) в задаче I был использован скалярный критерий:

$$F = \frac{БПК_5}{БПК_5^{lim}} + \frac{Y_{4,m}}{Y_{4,m}^{lim}} \quad (33)$$

где $БПК_5, БПК_5^{lim}$ - соответственно значения биохимической потребности в кислороде в контрольном створе водоема – приемника и ее предельно-допустимое значение;

$Y_{4,m}, Y_{4,m}^{lim}$ - соответственно значение концентрации субстрата нитрифицирующих микроорганизмов на выходе аэротенка и ее предельно-допустимое значение.

Расчет БПК производится в соответствии с данными работы станции аэрации. Решение задачи I и коррекция параметров нелинейной модели подсистемы “аэротенк – вторичный отстойник” осуществлялись симплекс-методом. В подсистеме стабилизации использовалась модель вида

$$\frac{dc}{dt} = \frac{R}{V} [c_0 - (1 + p^{av}) \cdot c] + k_1^u \cdot u^{av} (c^N - c) - k_2^u \quad (34)$$

в которой c^0 - концентрация растворенного кислорода во входном потоке;

V, R - соответственно объем аэротенка и расход воды;

V, R, p^{av} - отношение рециркуляции;

V, R, p^{av}, u^{av} - расход воздуха в системе аэрации;

$V, R, p^{av}, u^{av}, c^H$ - концентрация насыщения растворенного кислорода;

$V, R, p^{av}, u^{av}, c^H, k_1^u, k_2^u$ - неизвестные параметры модели.

$V, R, p^{av}, u^{av}, c^H, k_1^u, k_2^u$ Использование упрощенной модели с сосредоточенными переменными для аэротенка, являющегося в сущности объектом с распределенными переменными, продиктовано следующими важными обстоятельствами:

- стабилизацией кислорода в сравнительно узком диапазоне значений;
- необходимостью обработки информации в темпе с процессом;
- прямым включением в (34) значений R, p^{av}, u^{av} ;
- возможностью текущей коррекции модели “под процесс”.

Целесообразность применения (34) стабилизации подтверждается и результатами исследования статических режимов работы аэротенка. В частности, следуя рекомендациям Бойте [7], относящихся к рациональному распределению входного потока по длине 1-го – к-го коридоров аэротенка,

было найдено, что минимальная концентрация растворенного кислорода обычно наблюдается на выходе аэротенка. В таком случае оправдано использование модели с гидродинамическим режимом типа “полного смешения”.

В дискретном виде решение уравнения (34) имеет вид

$$\tilde{c}(t+1) = \Phi(t)^T \cdot \lambda(t) + \mathcal{A}(t+1), \quad t = 0, 1, 2, \dots \quad (35)$$

где $\tilde{c}(t+1)$ - концентрация растворенного кислорода, соответствующая $(t+1)$ - ому моменту времени;

$$\Phi(t) = \left\{ \tilde{c}(t), R(t) \left[(1 + p^{av}) \cdot \tilde{c}(t) - c_0 \right], u^{av}(t) \cdot \left[\tilde{c}(t) - c^* \right], l \right\}^T$$

- вектор входных переменных;

$$\lambda(t) = \left\{ l, -dt/V, -k_1^{av} \cdot dt, -k_2^{av} \cdot dt \right\}^T$$

- вектор параметров модели;

dt - шаг дискретизации решения по времени.
Для коррекции параметров модели воспользуемся рекуррентным алгоритмом наименьших квадратов

$$\tilde{\lambda}(t+1) = \lambda(t) + \eta^{av}(t) \cdot p^{av}(t) \cdot \Phi(t) \cdot \left[c(t+1) - \tilde{c}(t+1) \right] \quad (36)$$

в котором $p^{av}(t)$ - ковариационная матрица, удовлетворяющая уравнению

$$p^{av}(t) = p^{av}(t-1) \cdot \left[I - \frac{\Phi(t) \cdot \Phi(t)^T \cdot p^{av}(t-1) \cdot \eta^{av}(t)}{1 + \eta^{av}(t) \cdot \Phi(t)^T \cdot p^{av}(t-1) \cdot \Phi(t)} \right] \quad (37)$$

а $p^{av}(t)$ - функция переключения, имеющая вид

$$p^{av}(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{[c(t+1) - \tilde{c}(t+1)]^2}{1 + \Phi(t)^T \cdot p^{av}(t-1) \cdot \Phi(t)} > \Delta \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (38)$$

Здесь $c(t+1)$ - экспериментальное значение растворенного кислорода, соответствующее $(t+1)$ -ому моменту времени;

I - единичная матрица;

$I \quad \Delta$ - допустимая погрешность модели;

$I \quad \Delta \quad p^{av}(0) = I \cdot 10^8$.

Смысл функции состоит в том, чтобы сохранять оценки параметров модели постоянными, пока ошибка прогноза $c(t+1) - c(t)$ оказывается меньше установленного уровня. Этим обеспечивается глобальная сходимость алгоритма адаптивной стабилизации [8,9]. После определения вектора параметров $\tilde{\lambda}(t)$ решения задачи А-II сводится к замене $\tilde{c}(t+1)$ на Y_2^{**} и определение $w^0(t)$ из уравнения

$$Y_2^{**} = \Phi(t)^T \cdot \tilde{\lambda}(t) \quad (39)$$

линейного по управлению.

Рассмотренный подход к разработке системы аварийной автоматической защиты станции БХО проверим на модели станции, в состав которой “аэротенк – вторичный отстойник” с характеристиками показанными в таблице 21.

Таблица 21.

Характеристики подсистемы “аэротенк – вторичный отстойник”

Наименование	Единица измерения	Количество
Количество коридоров аэротенка	-	4
Длина аэротенка	м	108,5
Ширина коридора аэротенка	м	10
Высота аэротенка	м	5
Число ячеек в коридоре (при использовании ячеечной модели)	-	4
Радиус вторичного отстойника	м	20
Высота вторичного отстойника	м	3
Входной расход воды	м ³ /сутки	800000

Результаты решения задач I и II для станции приведены на рисунке 16, рисунке 17 и рисунке 18.

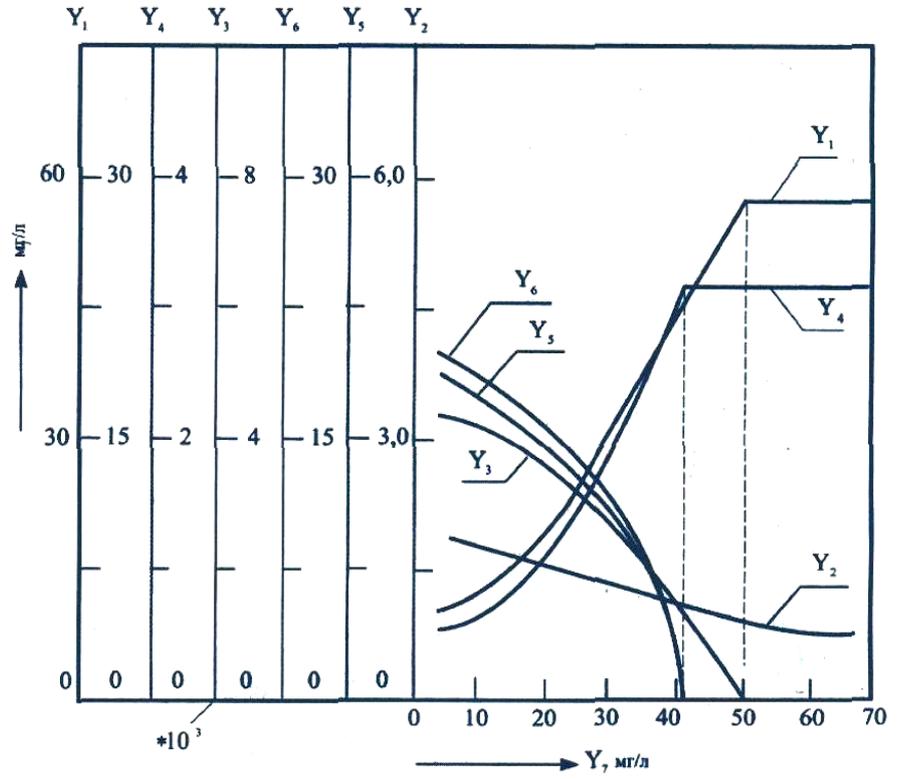


Рисунок 16. Иллюстрация процесса биохимической очистки в результате ступенчатого изменения концентрации ингибитора во входном потоке.

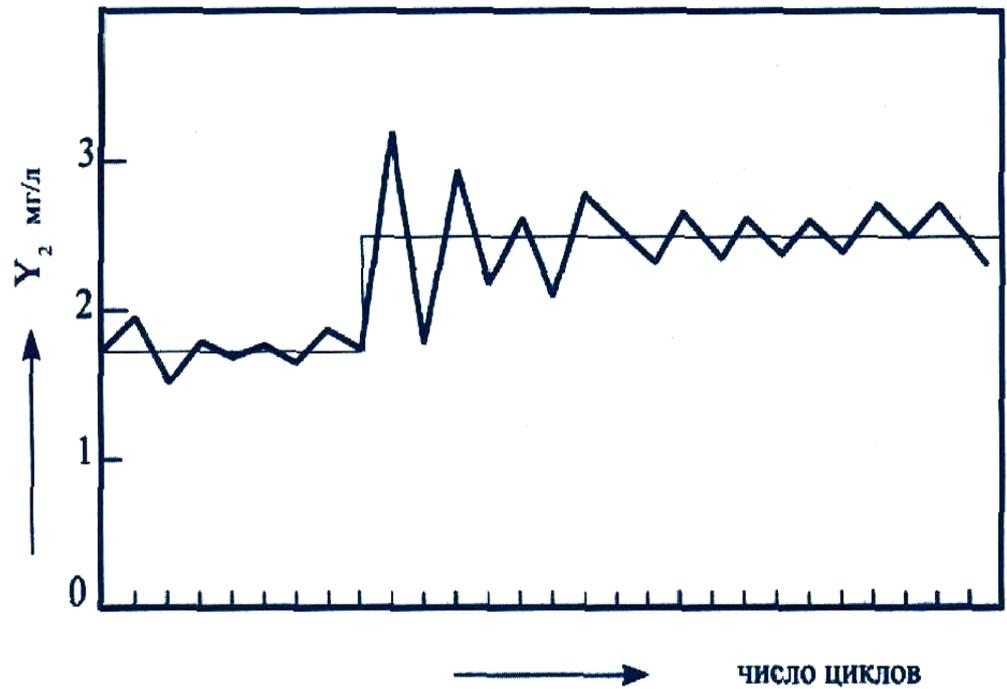


Рисунок 17. Диаграмма подстройки параметров модели.

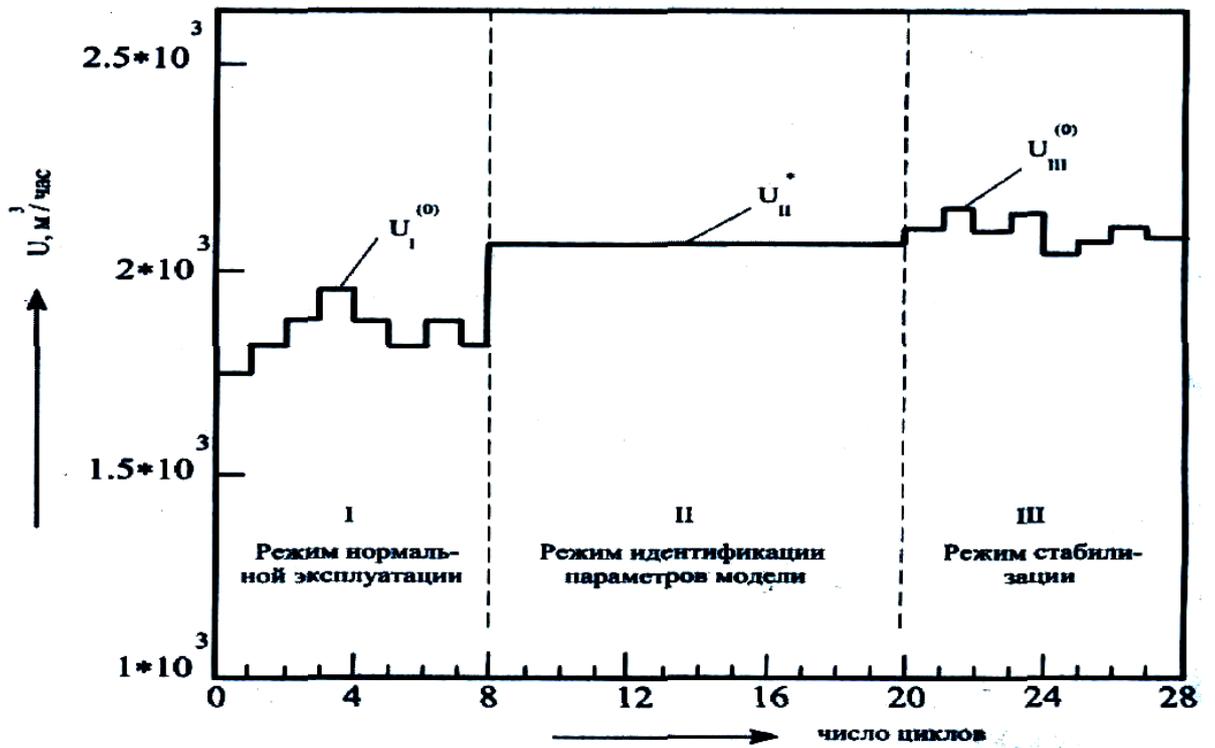


Рисунок 18. Диаграмма изменения управляемых воздействий.

В частности на рисунке 16 показана ситуация “срыва” статического режима работы станции БХО, возникшая по причине ступенчатого изменения $Y_{1,0}, Y_{7,0}, Y_{4,0}$. С помощью оптимальных управляющих воздействий $p^* = 0.26, u^* = 2048.3 \text{ м}^3 / \text{час}$, являющихся решением задачи А-I, оказывается возможным “заблокировать” действие аварийных возмущений.

При этом $Y_2^{**} = 2.51 \text{ мг.л.}, \frac{Q_{\text{шла}}}{Q} \in [7.5 - 9.5] = 9.3.$

На рисунке 17 изображена диаграмма подстройки параметров модели под новый кислородный режим в аэротенке, характеризуемый значением Y_2^{**} . Действие случайных факторов в объекте управления имитировалось с помощью датчика случайных чисел $\xi \in N(0,1), t = 1, 2, 3, \dots$. Из этой диаграммы следует, что в случае выбора значений $dt = 30 \text{ с}$, новые оценки вектора $\vec{A}(t)$ могут быть найдены за 8-10 интервалов дискретностей, или примерно за 5 минут. Такое время идентификации параметров модели (35) оказывается приемлемым для последующего решения задачи А-II в подсистеме стабилизации.

На рисунке 18 изображен процесс управления кислородным режимом в аэротенке. Он водится к определению таких значений $u^0(t), t = 0, 1, 2, \dots$, при которых удастся скомпенсировать отрицательные воздействия случайных факторов ξ .

Предложенная система расчета работы аэротенков может найти широкое применение на станции БХО. В этом случае упрощается задача оперативной диагностики возмущений и оценки их влияния на работу подсистемы “аэротенк – вторичный отстойник”.

Результаты расчетов показали, что оптимальный режим при имеющихся концентрациях

Выводы по третьей главе:

1. Технологические расчеты для данной концентраций сточных вод показали оптимальную дозу ила 1 г/л при количестве кислорода 4 мг/л.
2. Из схемы рекомендуется полностью убрать преаэрацию.
3. Увеличение количества кислорода более 4 мг/л не приводит к улучшению качества очистки.
4. Увеличение концентрации ила a_i больше 4 мг/л также не приводит к улучшению качества очистки, так как в малоконцентрированных сточных водах начинается процесс стабилизации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Существующие традиционные методы очистки сточных вод и обработки не дают удовлетворительных результатов по основным технологическим показателям при поступлении на сооружения станции аэрации сточных вод.
2. В настоящее время не разработаны обоснованные типовые технологии для очистки слабо концентрированных сточных вод. Поэтому, в большинстве случаев, выбор состава очистных сооружений производится в процессе эксплуатации этих сооружений на основании собственных разработок данных станций аэрации.
3. Необходимо обобщение опыта очистки сточных вод и разработка научно обоснованной технологии их очистки и обработки осадков.
4. Анализ работы очистных сооружений по взвешенным веществам и БПК₅ показал последовательное снижение уровня очистки за последние годы.
5. Соотношение БПК₅ и БПК₂₀, принятое для средне и высококонцентрированных сточных вод (1,33 – 1,5) для малоцентрированных сточных вод увеличивается в 1,5 – 2 раза.
6. Технологические расчеты для данной концентраций сточных вод показали оптимальную дозу ила 1 г/л при количестве кислорода 3 мг/л.
7. Из схемы рекомендуется полностью убрать преаэрацию.
8. Увеличение количества кислорода более 4 мг/л не приводит к улучшению качества очистки.
9. Увеличение концентрации ила a_i больше 4 мг/л также не приводит к улучшению качества очистки, так как в малоцентрированных сточных водах начинается процесс стабилизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каримов. И.А. Узбекистан на пороге XXI века. Ташкент, 1999 г.
2. +М+ 2.04.03-97 Канализация. Ер усти иншооти. – Т.: Государственный комитет Республики Узбекистан по архитектуре и строительству, 1997 г.
3. Методика проведения технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации: Изд. 2-е, исправленное и дополненное./Под редакцией О.Т.Болотини – М.: Издательство литературы по строительству, 1971 г.
4. Краюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Контроль качества воды– М.: Стройиздат, 1986 г.
5. Охременко И.М., Ризаев А.Н., Франдетти Л.Д. Технологический контроль работы очистных сооружений. – Ташкент: ТашИИТ, 2003 г.
6. Авакян А.Б., Широков В. М. Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Учеб. пособие для геогр. спец. вузов. - Минск: Униерситетское, 1990 г.
7. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и ооружения / Под. ред. С. В. Яковлева. - М.: Стройиздат, 1985 г.
8. Биологические методы оценки природной среды: Сб. ст. / АН СССР, Науч. Совет по пробл. Биосферы; Ин-т эволюц. Морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова, Сов. Ком. По программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера»; Редкол.: В. Е. Соколов и др. – М.: Наука, 1978 г.
9. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды: Учеб. Пособие для ВУЗов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989 г.
10. Беличенко Ю.П., Швецов М. М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. - М.: Россельхозиздат, 1986 г.
11. Безуглая Э.Ю.Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах: Результаты эксперим. исследования - Л: Гидрометеиздат, 1986 г.

12. Автоматизация контроля загрязнения окружающей среды: Материалы семинара / О-во "Знание" РСФСР, Моск. Дом науч. - техн. пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского. - М.: МДНТП, 1988 г.
13. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М – Стройиздат, 1982 г.
14. Журнал. Водоснабжение и санитарная техника. I часть. Москва, 2002 г.
15. Журнал. Водоснабжение и санитарная техника. II часть. Москва, 2002 г.
16. Журнал. Водоснабжение и санитарная техника. III часть. Москва, 2002 г.
17. Журнал. Водоснабжение и санитарная техника. IV часть. Москва, 2002 г.
18. Журнал. Водоснабжение и санитарная техника. V часть. Москва, 2002 г.
19. Вода и экология. Журнал. Москва, 2002 г.
20. Найденко В.В. и др. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1984 г.
21. Заграй Я.М. Научные основы технологии обработки воды. Киев, 1975 г.
22. Технология обработки осадков природных и сточных вод. Материалы семинара. М.: МДНТП, 1990 г.
23. Ибад-Заде Ю.А. Вопросы очистки сточных вод и водоснабжения. Баку: Коммунист, 1979 г.
24. Аграоник Р. Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтр-прессов. М.: Стройиздат, 1985 г.
25. Основы проблемы развития научно-исследовательских и производственно-конструкторских работ по технологии очистки. Харьков, 1976 г.

26. Краюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Контроль качества воды. М.: Стройиздат, 1986 г.
27. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1975 г.
28. Франдетти Л.Д., Махлин М.П., Камбарова С.И., Чуприна Л.И. Пути интенсификации очистки городских сточных вод и обработки избыточного активного ила в Узбекистане. Т.: УзНИИНТИ, 1980 г.
29. Маркушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Изд-во, 1974 г.
30. Орловский З.А. Станции аэрации Англии, Франции и Германии. М.: 1959 г.
31. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Химия воды и микробиология. М.: Стройиздат, 1983 г.
32. Berthouex P., Rudd D. F. Strategy Of Pollution Control. - New York etc.: Б. и., 1977 у.
33. Bromley Albert W. Environmental Science. - North Brunswick: Boy Scouts of America, 1972 у.
34. Brubaker Sterling. To Live On Earth. Man and his Environment In Perspective. - Baltimore, London: Johns Hopkins Press, 1972 у.
35. Caldwell Lynton Keith. Environment: A Challenge For Modern Society. - Garden City: Б. и., 1970 у.
36. Авакян А. Б., Широков В. М. Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Учеб. пособие для геогр. спец. вузов. - Минск: Университетское, 1990 г.

37. Авалиани Л. Н., Басова Т. А. Обработка осадков городских сточных вод в метантенках: Конспект лекций / Ин-т повышения квалификации руководящих работников и специалистов. - Киев: Б. и., 1989 г.
38. Айрапетов Георгий Андроникович, Бретшнайдер Буркхард Хансевич. Строительство в Германии. - М.: Стройиздат, 1996 г.
39. Аранович Григорий Иосифович и др. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды - Л.: 1979 г.
40. Акимова Татьяна Акимовна, Хаскин Владлен Владимирович. Экология: Учеб. для вузов / Под общ. ред. В. В. Хаскина. - М.: ЮНИТИ, 1998 г.
41. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения / Под. ред. С. В. Яковлева. - М.: Стройиздат, 1985 г.
42. Биотехнология и промышленная экология - М: Б. и., 1985 г.
43. Водные ресурсы: рациональное использование / Ушаков Е. П. - М.: Экономика, 1987 г.
44. Soil And Water Conservation. - North Brunswick: Boy Scouts of America, 1971 y.

ПРИЛОЖЕНИЕ