

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

*На правах рукописи
УДК 628.1*

БАБАЕВА ШАХНОЗА

**диссертация
на соискание академической степени магистра по специальности
5А340401 - Водоснабжение, канализация, охрана и рациональное
использование водных ресурсов**

**Работа прошла
предварительную
защиту на заседании кафедры
«ПСЭИК» «___» _____ 2013
г.
протокол № ___ и рекомендована
к защите Зав. кафедрой**

Научный руководитель:

к.т.н. Буриев Э.С.

**доц. Буриев Э.С.
«___» _____ 2013 г**

ТАШКЕНТ – 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ И ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	13
§ 1.1 Особенности формирования и очистки сточных вод	13
§ 1.2 Технологические методы и схемы очистки сточных вод ..	19
§ 1.3 Методы биологической очистки бытовых стоков.....	26
Выводы по главе 1.....	29
ГЛАВА 2 СООРУЖЕНИЕ И СИСТЕМЫ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	33
§ 2.1 Аэротенки и вторичные отстойники.....	33
§ 2.2 Гидравлический расчет элементов аэротенка и отстойника.....	38
§ 2.3 Биологические фильтры	48
Выводы по главе 2.....	51
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	52
§ 3.1 Разработка методики гидравлического расчета элементов конструкции аэротенка	52
§3.2 Гидравлические модели процесса очистки сточных вод во вторичных отстойниках.....	61
Выводы по главе 3.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ВЫВОДЫ, ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ...	75
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	77

Утверждаю
Зав. кафедрой ПСЭИК
к.т.н., доц. Рашидов Ю.К.
« _____ » _____ 2012г.

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ И НАПИСАНИЮ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Магистерская диссертация по теме: Исследование работы станций
очистки и доочистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов

название (с указанием материалов конкретных организаций)

утверждённая приказом ректората института от «27» 02 2012 г.

за номером 2/53 по кафедре ПСЭИК

за слушателем Бабаева Шахноза

научный руководитель к.т.н. Буриев Э.С.

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

должна быть подготовлена и представлена к предварительной защите на
кафедру 20 июня 2013 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 очистки воды от нефтепродуктов

В работе предусматривается: рассмотрение существующих технологий
очистки

нефте содержащих стоков, технологий очистки нефте содержащих
стоков, аналит. таблицы, группировочные таблицы, графики, схемы, диаграммы,

математические модели и т.п. характеристики и классификация

нефте содержащих стоков, классификация сточных вод, анализ

методов очистки нефте содержащих вод, механическая очистка,

физико-химическая очистка, химическая очистка, биологическая

очистка. Установка доочистки сточных вод от нефтепродуктов.

Состав, количество и режим поступления производственных вод от

нефтеперерабатывающих заводов

В работе предусматривается изложение следующих групп вопросов:

1-я группа Существующие технологии очистки нефте содержащих
стоков

название

2-я группа _____

название

3-я группа Исследование и анализ работы станции очистки и доочистки сточных вод БНПЗ

название

Задание выдано _____

число, месяц, год

Научный руководитель к.т.н.Буриев Э.С.

подпись, Ф.И.О., дата

Задание принял слушатель Бабаева Шахноза

График завершения магистерской диссертации в первоначальном варианте

Глава I. Существующие технологии очистки нефтесодержащих стоков

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

Глава II. Выбор технологической схемы очистки сточных вод Бухарского Нефтеперерабатывающего Завода

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

Глава III. Исследование и анализ работы станции очистки и доочистки сточных вод БНПЗ

название первой главы диссертации в первоначальном плане и сроки представления

Предварительная защита диссертация на кафедре 20 июня 2013 г.

срок, дата, год

Задание выдано к.т.н. Буриев Э.С.

научный руководитель магистерской диссертации

подпись

дата

Задание принял Бабаева Шахноза

Ф.И.О., слушателя, подпись

дата

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Интенсивное развитие орошаемого земледелия и дренажа земель в государствах бассейна Аральского моря, при одновременном росте водопотребления на промышленные и коммунально – бытовые нужды, вызвало увеличение объемов отбора пресных вод и сброса в водные источники загрязняющих веществ вместе с возвратными водами. Основными источниками загрязнения являются остатки агрохимикатов, которые вымываются в дренажные системы и смешиваются с речной водой. Вторым по степени влияния на качество водных ресурсов источником загрязнения являются сточные воды из систем коммунально-бытовой и промышленной канализации.

Статистика показателей качества речной воды за последние 40 лет подтверждает наличие негативных тенденций увеличения минерализации, как во времени, так и по протяженности речных русел. Например, в конце 60–х годов средняя минерализация воды даже в дельте р. Амударья не превышала 1,0 г/л. В настоящее время этот показатель колеблется от 0,3 – 0,5 г/л в верхнем течении и до 1,7 – 2,0 г/л в нижнем течении. Пригодность водных ресурсов для орошения определяется не только степенью ее минерализации, но и особенностями химического состава. В частности, наблюдается устойчивая тенденция изменения ионного состава содержащихся в воде солей в направлении опасного повышения щёлочности. До сих пор, вследствие высокого содержания гипса в почвах и компонента CaSO_4 в воде, показатель щелочности еще остается ниже предельно допустимых значений, однако в перспективе запасы гипса в почвах должны уменьшиться, что повлечет за собой возможности выщелачивания и содового засоления воды.

Увеличение минерализации воды в реках и интенсивности дренажа с орошаемых земель существенно влияет на динамику формирования солевого режима и мелиоративного состояния орошаемых территорий. По всем

контрольным створам рек бассейна Аральского моря минерализация воды, по сравнению с периодом 1960 – 1970 гг. увеличилась. Одновременно с повышением общей минерализации речной воды отмечается повышение содержания таких химических компонентов, как магний, медь, железо, сульфаты, хлориды и др. Вследствие этого поверхностные воды не только в нижнем, но уже и в средних течениях рек непригодны для питьевых нужд. Значительная загрязненность реки, как источника питьевого водоснабжения, зачастую приводит к росту заболеваемости среди местного населения. В частности, широко распространены такие болезни, инициируемые качеством питьевой воды, как гепатит, тиф и желудочно – кишечные заболевания.

Вместе с тем повсеместно наблюдается рост показателей загрязненности подземных водных месторождений. По некоторым компонентам концентрация загрязняющих веществ в подземных водах составляет десятки ПДК (предельно-допустимой концентрации), а на отдельных участках и сотни ПДК. Наибольшее число очагов загрязнения подземных вод зарегистрировано вблизи крупных населенных пунктов, а также предприятий химической, нефтеперерабатывающей промышленности, цветной металлургии и т.п. Данные статистики за 1995 – 2005 гг. свидетельствуют, что в среднем от 8 до 15% проб воды не соответствует нормам по бактериологическим показателям и от 20 - 40% проб - по физико-химическим показателям. Вызывают серьезную озабоченность неудовлетворительное техническое состояние комплексов очистных сооружений (порядка 60 - 70% от общего числа), не обеспечивающих эффективную очистку канализационных и промышленных стоков. Различными исследованиями по проблеме улучшения качественного состояния вод предлагаются следующие меры:

- лимитирование сбросов возвратных вод в реку и объема сбросов определенных ингредиентов загрязнителей для различных створов и зон;

- введение в практику принципа «загрязнитель платит» (за нарушение этих лимитов);
- усиление мер контроля качества вод;
- установление величины экологически обоснованных санитарных пропусков для различных по водности лет и различных периодов по рекам межгосударственного значения;
- развитие методов и средств мониторинга качества водных ресурсов;
- доленое участие заинтересованных водопользователей в финансировании и выполнении работ по профилактике и ликвидации последствий загрязнения вод на реках.

Проблема обеспечения населения Республики Узбекистан качественной питьевой водой обостряется в связи с ухудшением работы очистных сооружений и сбросом в источники водоснабжения неочищенных стоков.

Нарастающие загрязнения поверхностных и подземных источников приводят к резкому ухудшению качества хозяйственно-питьевого водоснабжения - основы здоровья и благополучия населения. Полив плодоовощных культур недостаточно очищенными сточными водами также приводит к ухудшению здоровья людей.

По данным Министерства сельского и водного хозяйства, Узгидромета и Государственного комитета по охране природы Республики Узбекистан в год в среднем сточные воды формируются в пределах 827 млн.м³/год. По отраслям народного хозяйства сточные воды формируются:

- в промышленных предприятиях -354 млн.м³/год, в том числе в химической и нефтехимической промышленности-237 млн.м³/год;
- в коммунально- бытовом секторе - 473 млн.м³/год.

В составе сточных вод формирующихся на территории Узбекистана, наряду с механическими и химическими компонентами загрязнения имеются

и органические вещества. При этом органические вещества в бытовых сточных водах преобладают над другими компонентами загрязнения.

Для очистки стоков из коммунально - бытового сектора построены специальные очистные комплексы, в состав которых входят сооружения для биологической очистки. К таким сооружениям относятся, в частности аэрофилтры, биофилтры, аэротенки и др. Аэротенки являются основным сооружением, где происходит очистка сточных вод с помощью аэробных микробов, вместе с этим активизация микробов зависит, прежде всего, от режима движения и перемешивания сточной воды, ила и кислорода в гидравлических системах данной конструкции. Анализ работы аэротенка для биологической очистки в городах Узбекистана показал, что надежность работы большинство из них не отвечают предъявляемым к ним требованиям, в результате происходит сброс в водные источники неочищенных вод. Вместе с биологическими процессами в аэротенках происходит и сложный гидравлический процесс. Значение гидравлического процесса в аэротенках для эффективности работы этого сооружения переоценить невозможно.

В аэротенке происходит движение трехфазного потока: сточной воды, содержащей в растворенной форме органические загрязнители; смеси активизированного ила способного производить аэробные микробы; сжатого воздуха для подачи кислорода и создания условий перемешивания сточной воды со смесью ила. Процесс движения трехфазной среды в аэротенке непрерывный, изменение гидродинамических параметров любой фазы может привести к нарушению режима биологической очистки. Вместе с этим конструкция существующих аэротенков приводит к появлению мертвых гидродинамических зон, где преобладают вихревые движения над поступательным движением массы растворенных веществ и воздуха. Появление мертвых зон способствует осаждению ила на дно сооружения. Из-за наличия таких негативных факторов в большинстве сооружений биологической очистки снижается эффективность очистки, что

способствует сбросу неочищенных вод в водные объекты. Попадание неочищенной воды в водные источники приводит к биологическому загрязнению и распространению различных болезней среди населения.

Для повышения эффективности работы сооружений биологической очистки сточных вод коммунально-бытового сектора возникает острая необходимость исследования гидравлического режима работы аэротенка и вторичного отстойника с целью совершенствования технологии биологической очистки. Разработке гидравлических методов расчета технологических параметров аэротенка и совершенствованию конструкции вторичного отстойника в системе биологической очистки сточных вод коммунально-бытовой канализации посвящена предлагаемая диссертационная работа.

Степень изученности проблемы. Всесторонний анализ научной литературы показывает, что достаточно хорошо изучены экологические проблемы воздействия бытовых стоков на окружающую среду, имеются достаточно много работ по исследованию химико-биологических проблем очистки сточных вод, загрязненные биологическими факторами. Вместе с этим в системах биологической очистки немаловажную роль играет гидравлические процессы, к сожалению они остаются не изученными.

Цель. Выявление особенностей гидравлического режима движения смеси сточных вод, ила и воздуха в аэротенках, а также во вторичном отстойнике. Разработки методики гидравлического расчета и совершенствование конструкции вторичного отстойника.

Задачи исследования. Для достижения поставленных целей определены следующие задачи:

- обобщить данные о системах очистки сточных вод, включая информацию о аэротенках и о вторичных отстойниках;
- уточнить особенности функционирования аэротенков, биофильтров и вторичного отстойника для очистки сточных вод;

- исследовать гидравлические параметры функционирования аэротенка;
- разработать методы гидравлического расчета аэротенка и вторичного отстойника, провести лабораторные исследования по установлению параметров биофильтров.

Объект и предмет исследования. - система биологической очистки бытовых стоков: аэротенк, биофильтр и вторичный отстойник, имеющие неразрывную гидравлическую связь. Предметом исследования является смесь: воды, бактерий, кислорода и ила, которые во взаимодействие обеззараживают сточную воду.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Особенности протекания гидравлических процессов в аэротенках;
2. Гидравлические расчетные зависимости для установления параметров функционирования аэротенка, основного сооружения биологической очистки сточных вод.
3. Усовершенствованная конструкция вторичного отстойника для удаления ила из состава сточных вод.
4. Гидравлические закономерности функционирования вторичного отстойника.

Научная новизна. На основе проведенных натурных и теоретических исследований установлены основные гидравлические параметры эффективного функционирования аэротенка. Разработана гидравлическая модель и схема функционирования вторичного отстойника.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Гидравлическая модель функционирования вторичного отстойника позволяет организовать эффективное управление процессом осаждения ила, а также циркуляции ила по технологической схеме: аэротенк $\leftarrow \rightarrow$ вторичный отстойник \rightarrow водоем для принятия очищенной воды.

Разработанная конструкция вторичного отстойника позволяет повысить эффективность удаления активного ила после биологической очистки бытовых стоков.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на Республиканской научной конференции ТАСИ.

Опубликованность результатов. По основным результатам диссертации опубликовано в республиканских журналах 2 статьи.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, выводы и практические рекомендации списка использованной литературы, приложения. Диссертация изложена на 79 страницах машинописного текста и включает в себя 21 рисунков, 7 таблиц, список использованной литературы из 35 наименований.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе дан обзор литературных материалов, посвященных проблеме формирования и очистке сточных вод. Проанализировано, к каким негативным экологическим последствиям приводит сброс неочищенных вод в водоемы и как это отражается на состоянии окружающей среды в целом.

Анализ литературных источников, а также фондовые материалы позволили автору установить цель и основные подходы к проведенному исследованию.

Во второй главе проанализированы сооружения и системы для биологической очистки сточных вод. Приведены конструктивные особенности и гидравлический режим работы аэротенков и вторичных отстойников. Анализированы условия работы биологических фильтров. В литературных источниках имеется множество подходов для расчета гидравлических элементов. Наиболее известные и применяемые для расчета систем биологической очистки сточных вод, приведены в настоящей главе.

Анализ гидравлической модели работы аэротенков позволили построить функциональные зависимости для расчета отдельных параметров аэротенка.

В третьей главе « Разработка метода гидравлического расчета сооружений для биологической очистки сточных вод» на основе решения дифференциального уравнения движения иловой смеси, сточной воды под воздействием воздуха получены графические зависимости, показывающие закономерности изменения гидравлических параметров аэротенка. Графические зависимости позволили установить аналитические зависимости для основных гидравлических параметров аэротенка. Для расчета вторичного отстойника на основе теории движения частиц ила в водном растворе под воздействием силы тяжести и сил сопротивления получена новая модель движения двухфазной жидкости. Для двухфазной жидкости в случае движения такой смеси в горизонтальном отстойнике получены аналитические зависимости для траектории частиц ила и скорости движения частиц ила. Полученные зависимости позволяют устанавливать оптимальные параметры вторичного отстойника для удаления иловой смеси после биологической очистки в аэротенке.

В заключение, выводах и практических рекомендациях на основе проведенных исследований даны основные результаты диссертационной работы.

ГЛАВА 1

ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ И ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

§ 1.1 Особенности формирования и очистки сточных вод

Одним из наиболее ценных природных богатств является вода. Особенную ценность она представляет для Республики Узбекистан, расположенной в зоне недостаточного естественного увлажнения территорий. В связи с исчерпанием в бассейне Аральского моря водных ресурсов и катастрофическим ухудшением качества воды в природных источниках - в реках и подземных линзах, возникает острая необходимость, прежде всего, в охране водных источников от загрязнения.

Анализ обобщенных данных Госкомприроды Республики Узбекистан показывает, что в среднем за год формируется более 26123,14 млн. м³/год сточных вод, в том числе промышленные и коммунально- бытовые стоки - 834,6 млн.м³/год, коллекторно-дренажные стоки - 25288,54 млн.м³/год. Вместе с этим ежегодно в водные источники сбрасывается более 292,03 млн. м³/год неочищенных промышленных и коммунально- бытовых стоков.

При этом наибольшее количество неочищенных сточных вод сбрасывают предприятия Ташкентской области (242,97млн. м³/год).

В водные источники Ташкентской области помимо органических загрязняющих веществ попадают также и токсичные ингредиенты. В частности, со сточными водами в водоемы сбрасывается: до 47,5 т/год - фосфора, 1541 т/год - азота, 1691,3 т/год - аммонийного азота, 492 т/год - нитратов, 12,2 т/год- капролактама, тяжелых и цветных металлов: 0,93 т/год- железа, 0,13 т/год - меди, 0,8 т/год - цинка, 0,01 т/год - хрома, 0,15 т/год- молибдена и 0,01 т/год- мышьяка.

Довольно тяжелое положение с формированием и сбросом их в водные источники сточных вод существует в Ферганской области.

В водные источники Ферганской области вместе с не очищенными сточными водами попадают: 0,85 т/год- нефтепродуктов, 796,8 т/год- аммонийного азота, 4,27 т/год- фенолов, 733,4 т/год - жиров и масел, 5,22 т/год – фтора и 1,69 т/год- меди.

В сбрасываемых с территории Наманганской области неочищенных сточных водах содержится, в частности, алюминий - 53,9 т/год, а в сточных водах Андижанской области содержится хром - 0,06 т/год, в сточных водах Бухарской области - магний - 5222,7 т/год.

Большое количество железа с неочищенными сточными водами в водные источники попадает с территорий Сурхандарьинской - 95,53 т/год, Ферганской - 40,4 т/год и Бухарской областей - 29,73 т/год.

Анализ показателей формирования и сброса сточных вод по отраслям народного хозяйства Республики Узбекистан показывает, что самое большое количество формируемых, недостаточно очищенных, а затем сбрасываемых в водные источники вод приходится на коммунально- бытовой сектор - 473,43 млн. м³/год, далее промышленные предприятия - 353,66 млн. м³/год и химическая - нефтехимическая отрасль - 237,37 млн. м³/год.

В сбрасываемых в водные источники сточных водах промышленных предприятий Узбекистана в большом количестве содержатся взвешенные вещества, сульфаты, азот, нитриты, нитраты, анилин, капролактан, магний, алюминий, железо, медь, цинк, хром, фтор, молибден и мышьяк.

Предприятиями химической и нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности в открытые водоемы со сточными водами сбрасываются: азот, фтор, медь, капролактан и нефтепродукты.

В составе сбросных вод предприятий легкой промышленности, в частности текстильной и пищевой, содержатся в среднем 733,37 т/год загрязняющих веществ, в которых имеются : алюминий, аммоний, нитраты и в большом объеме жиры и масла.

Предприятия черной металлургии, машиностроения и металлообработки сбрасывают в большом количестве нитраты, нитриты, медь, цинк и хром.

Объекты тепловой энергетики и газовой промышленности сбрасывают в водоемы магний, нитраты и нитриты.

Самыми крупными загрязнителями открытых и подземных источников водоснабжения - сельскохозяйственными производителями, с коллекторно-дренажными водами сбрасываются в достаточно большом количестве азот, аммоний и нитраты. Этот процесс оказывает губительное влияние на состояние малых и средних рек, русла которых превращены в коллектора для сбора сточных вод. В качестве примера можно привести состояние реки Зерафшан. Данная река трансграничная между Таджикистаном и Узбекистаном; обеспечивает водой более 6 млн. населения, проживающего на территории ее бассейна. Вместе с этим в бассейне р. Зерафшан ныне складывается напряженная водохозяйственная и экологическая обстановка. Такое положение, бесспорно, имеет свое проявление и в санитарно-эпидемиологической ситуации региона, так как большинство жителей сельской местности используют воду из открытых водоемов и каналов в хозяйственно-питьевых целях. Малая проточность речной воды и интенсивное загрязнение органическими и биогенными веществами ведут к количественным и качественным сдвигам в микробном ценозе малых рек. В частности, концентрация фенолов, являющихся главным показателем загрязненности водоемов органическими веществами по реке Зерафшан в пределах территории Самаркандской области достигла 0,02 мг/л при предельно-допустимой концентрации 0,001 мг/л. Показатель биохимического потребления кислорода - БПК₅, характеризующий степень органического загрязнения водотока растет по мере увеличения антропогенного воздействия, в особенности сброса в реку неочищенных сточных вод канализаций городов.

Второй по величине объект, где формируются сточные воды - коммунально-бытовой сектор, который загрязняет водные источники, в основном, сульфатами, хлоридами, фосфором, азотом, аммонием, нитратами, железом, медью, магнием и метанолами.

В городе Ташкенте промышленные предприятия, в основном, функционируют в режиме незамкнутого водоснабжения и сбрасывают сточные воды, формирующиеся на своих территориях в городскую канализацию. В результате вместе с коммунально-бытовым стоком в очистных сооружения попадают воды, загрязненные продуктами промышленных предприятий. В составе этих сточных вод имеются ионы цветных и тяжелых металлов, а также нефтепродукты.

Для контроля за качеством сбрасываемой воды, контроля по рациональному использованию водных ресурсов, охраны окружающей среды и здоровья населения в Узбекистане приняты ряд законов и нормативных актов [19,22,30]. Функция реализации принятых законов возложена на Государственный Комитет по охране природы, подчиняющийся Олий Мажлис Республики Узбекистан. Вместе с этим выполнение принятых законов связано с множеством проблем. В частности, на промышленных предприятиях отсутствуют системы замкнутого водоснабжения производства, объекты для очистки бытовых стоков изношены на 80% , существует проблема нехватки реагентов, а в связи с ростом населения и необходимостью улучшения бытовых условий мощности действующих очистных сооружений не справляются с возложенными на них функциями. Поэтому происходит сброс неочищенных вод в водные и другие объекты окружающей природы.

При этом контроль за качеством природных водоемов, куда сбрасываются сточные воды недостаточен. Из-за проблемы с финансированием такой анализ проводится 1-2 раза за год, что затрудняет получение достоверной информации по состоянию водной среды. Анализ

имеющихся фондовых материалов показывает, что объемы сточных вод сбрасываемых в каналы без очистки составляют: в Боз-Су - 261410 тыс. м³/год, в Салар - 42154,4 тыс. м³/год, в Джун - 2933,3 тыс. м³/год, а в реки: Салар - 3943 тыс. м³/год, Карасу - 5620 тыс. м³/год и Боз-Су - 50 тыс. м³/год. При этом контроль за качеством воды в этих водных объектах ведется только по БПК, сухому остатку, взвешенным веществам. В связи с этим отсутствует достаточная информация о наличии в водоемах высокотоксичных соединений.

Смешивание в городских канализациях производственных стоков и стоков атмосферных осадков, формирующихся на территориях городов с бытовыми стоками, создают серьезные проблемы для очистных сооружений.

В сточных водах городской канализации в зависимости от свойств и размеров, транспортируемых стоками частиц, могут быть мелкодисперсные и коллоидные примеси. При размере частиц меньше 1 мкм примеси в сточных водах находятся в молекулярном или ином дисперсном состоянии. Если примеси в сточных водах представляют собой соединения относительно большего числа молекул, то находятся в коллоидном состоянии. При этом состоянии диаметр твердых частиц доходит до 100 мкм; в процессе движения стока такое явление создает движение двухфазной среды.

Наличие в сточных водах продуктов промышленности, природного происхождения (приносимые атмосферными осадками) и коммунально-бытового сектора создает серьезную проблему для работы очистных сооружений. В частности, для очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел и других органических веществ применяется химическое и биологическое окисление, флотация, сепарация, флокуляция, сорбция, фильтрация и электролиз. При этом биологическая очистка таких вод обеспечивает снижение концентрации примесей не более, чем на 80% [11]. Известно также, [7,20] что в условиях локального загрязнения водоемов нефтепродуктами применяется метод химического окисления с помощью

хлора, двуокиси хлора, гипохлорита, хлорной извести и окиси марганца. Особенное распространение получили окислительные методы с использованием активного кислорода (озонная очистка). В озонной очистке в зависимости от концентрации озона эффективность подхода может достигнуть 50-70 % [20]. Достаточно хорошо изучен и широко применяется на практике физико-химический метод очистки сточных вод от нефтепродуктов. В частности, физико-химический метод очистки, осуществляемый путем коагуляции и флокуляции. При коагуляции рекомендуется использовать оксиды или гидроксиды кальция, магния, цинка, железа, титана, хлористый алюминий, глинисто-солевые суспензии, полиакриламид и формальдегид в смеси с мочевиной [7,20,29]. Флотационные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов по оценкам специалистов считаются наиболее эффективными [25].

Для удаления из сточных вод различных примесей используются широко известные методы – метод осаждения и метод фильтрования. Из гидромеханики известно [1-5,27], когда водный раствор находится в состоянии покоя, осаждение твердых частиц происходит под действием силы тяжести частиц, такое состояние частиц называется гидравлической крупностью частиц. В случае движения потока, осаждение твердых частиц зависит от транспортирующей способности движущегося потока. Закономерность осаждения твердых частиц при движении двухфазной среды достаточно хорошо описана в гидравлической литературе [3,4].

В отличие от осаждения твердых частиц в сточных водах, фильтрование через пористую среду основано на закономерностях фильтрации [10]. При очистке сточных вод от примесей путем фильтрации особое внимание уделяется созданию искусственного сопротивления для удержания в порах фильтруемого материала наибольшего количества загрязненных примесей. Данная технология используется при очистке сточных вод, содержащих небольшое количество примесей. А при

использовании данного метода для очистки сточных вод, содержащих большое количество примесей, возникает необходимость в замене или очистке фильтрующего материала.

Для очистки сточных вод от примесей используется также метод коагулирования, при этом в качестве коагулянтов используются сернокислый алюминий, сернокислое железо, хлорное железо и алюминиевые квасцы. Эти коагулянты при растворении в воде подвергаются гидролизу и образуют малорастворимые основания.

§ 1.2 Технологические методы и схемы очистки сточных вод

Известно [23-25], что для очистки сточных вод применяются: механический, физико-химический и биологические методы.

Для очистки сточных вод механическим способом используются: решетки, песколовки, отстойники, маслоуловители, нефтеуловители, смолоуловители и фильтры. Каждое сооружение имеет свои функциональные задачи. В частности, решетки удерживают загрязняющие вещества размером 5мм и крупнее, а песколовки очищают сточные воды от минеральных веществ и песков. Гидравлическая схема функционирования решеток для очистки сточных вод от крупных примесей достаточно хорошо описана в работах [25]. Роль и функциональная схема решетки показаны на рис 1.5. Вместе с этим в расчетной формуле (1.1) влияние твердых компонентов на величину скорости обтекания сточных вод через отверстия решеток не учитывается, что немаловажно для эффективной работы решеток. Расчетная формула для определения числа отверстий в решетки n определяется по формуле.

$$n = \frac{q \cdot K}{bh_s \cdot v_p}, \quad (1.1)$$

В формуле (1.1): K -коэффициент рассчитывающей сжатие потока $K=0,1$

q - расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

v_p - скорость обтекания сточных вод через отверстия решеток;

b - ширина проемов отверстий решеток (16 мм);

h_s - глубина воды перед решеткой

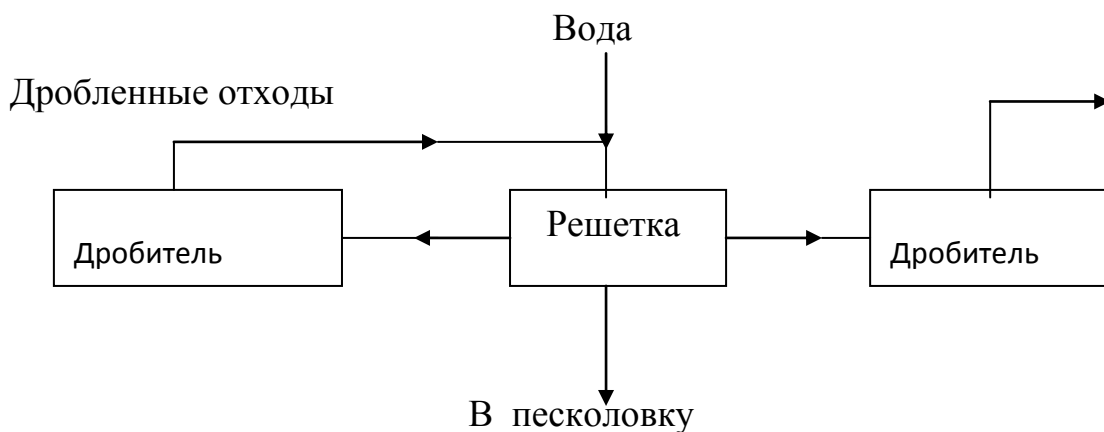


Рис.1.5. Роль и схема функционирования решетки

Как известно, через канализационную сеть в бытовые стоки попадают в большом количестве и твердые минеральные вещества, особенно пески, поэтому для их удаления используются песколовки. Песколовки являются вторым по значимости сооружением в гидравлической схеме очистки сточных вод коммунально-бытового хозяйства. Состояние стока воды в песколовках играет существенную роль в гидродинамической структуре всего стока. В песколовках происходит гашение кинетической энергии потока, а этот фактор отражается, в дальнейшем, на состоянии потока сточных вод. Существуют также площадки для сбора продуктов работы песколовки, но они с единой гидравлической цепью очистки связей не имеют. Конструкция и расчет песколовок достаточно подробно описаны в [17].

В отстойниках удерживаются нерастворимые в воде загрязняющие вещества и вещества неспособные удержаться во взвешенном состоянии в стоячей воде. В зависимости от очистки сточных вод применяются первичные и вторичные отстойники. В первичных отстойниках производится механическая, а во вторичных отстойниках биологическая очистка сточных вод. Для увеличения производительности первичных отстойников предусматриваются также двухступенчатые отстойники. В зависимости от технологической схемы отстойники бывают: горизонтальные, вертикальные, радиальные и трубчатые. Конструктивные особенности и расчетные зависимости отстойников достаточно подробно изложены в [8,11,16]. В настоящей работе они рассматриваются для установления гидравлической цепочки очистки сточных вод, так как без учета особенностей технологии каждой конструкции невозможно описать гидродинамическую структуру всей технологии, в частности аэротенка.

Маслоуловители, нефтеуловители и смолоуловители, в основном, используются для очистки промышленных сточных вод. Фильтры в зависимости от применяемых материалов используются для удаления из сточных вод загрязняющих веществ различного характера.

Физико-химический способ очистки сточных вод основан на использовании химических реагентов, способных вступать в химическую реакцию с загрязняющими веществами. Чисто химический метод очистки сточных вод используется для очистки промышленных стоков.

В гидравлической структуре движения потока по технологической цепочке существенную роль играют сооружения для биологической очистки сточных вод.

Очистка сточных вод представляет единую гидравлически взаимосвязанную цепь. При этом в зависимости от способа очистки, технологические схемы удаления загрязняющих веществ могут иметь различные конфигурации [23].

Для механической очистки сточных вод наиболее часто используются следующие технологические схемы (рис.1.6, рис.1.7, рис.1.8)

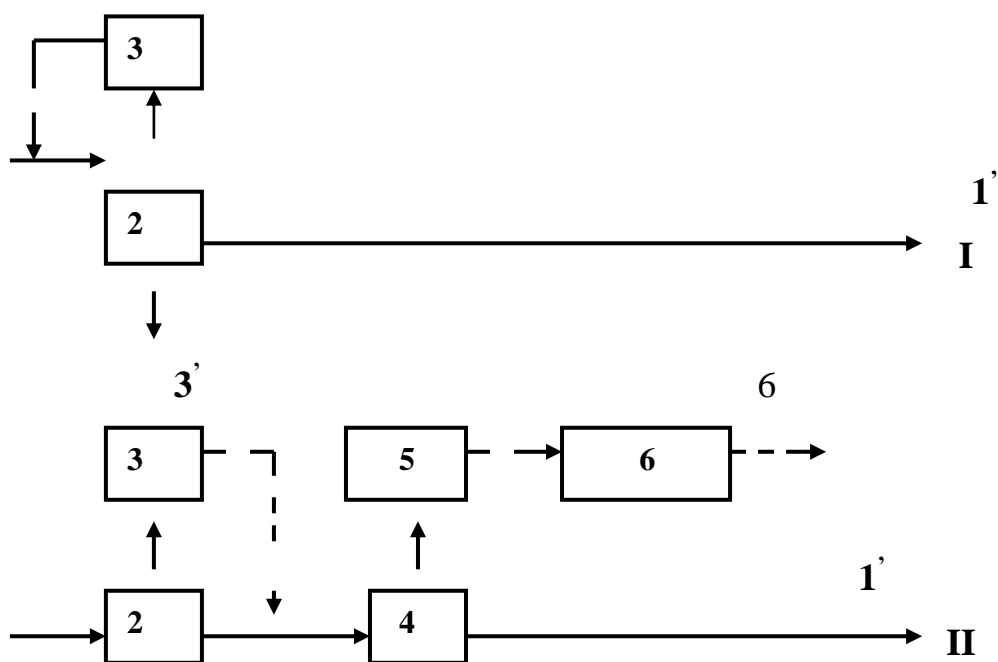


Рис1.6. Механическая очистка сточных вод

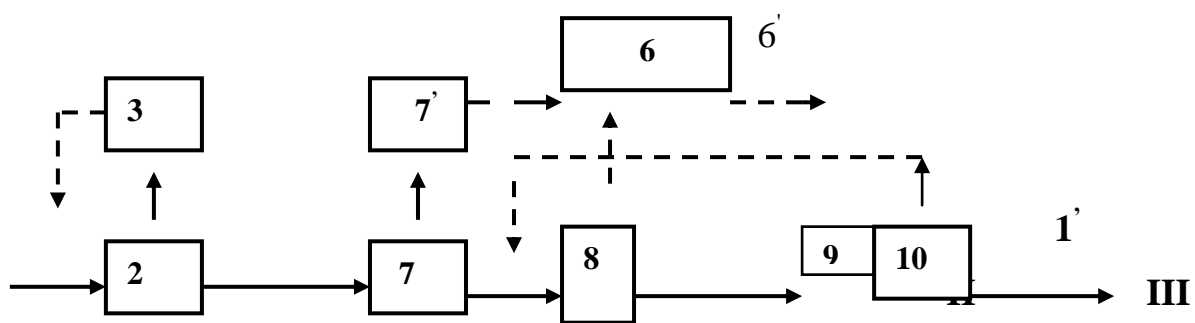


Рис1.7. Механическая очистка сточных вод с соединительным сооружением

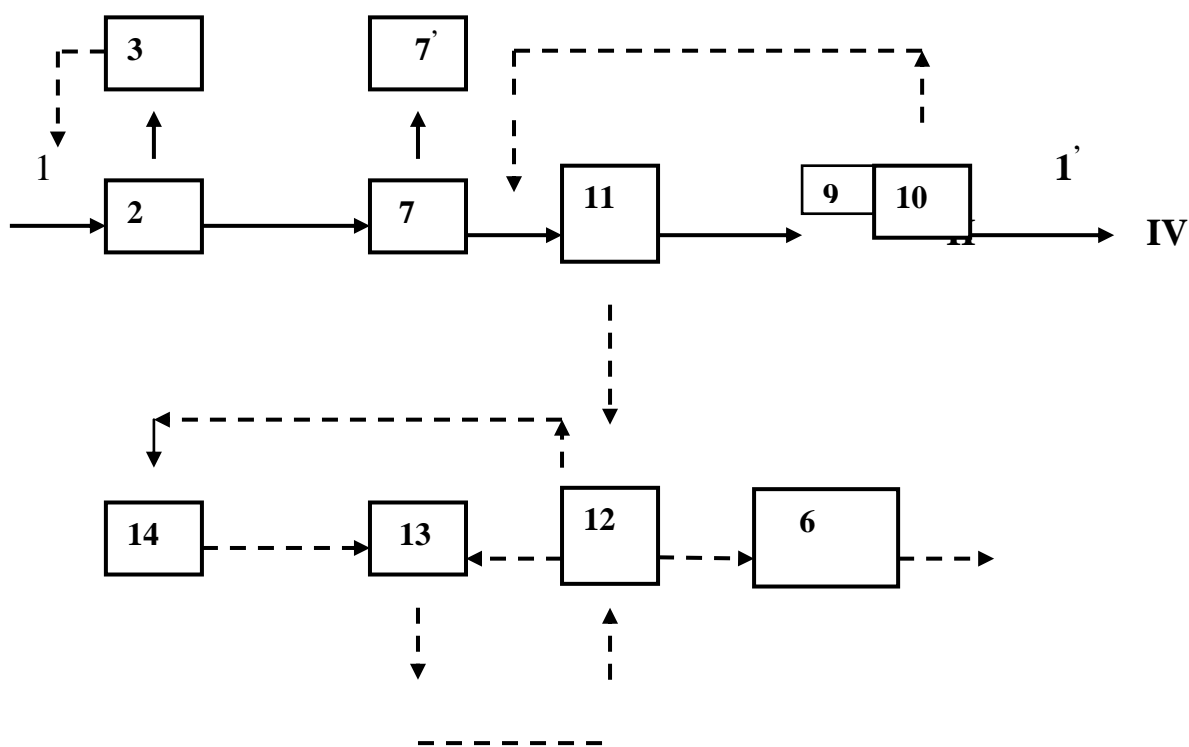


Рис1.8. Механическая очистка сточных вод с соединительным сооружением и метантенком

На рис.1.6; рис.1.7; рис.1.8 обозначены: 1- сточные воды; 1¹- очищенная вода; 2- решетка; 3- дробилка; 3¹- отходы; 4-сито; 5- сооружение для обработки отходов; 6- иловая площадка; 6¹- сооружение для использования отходов; 7- песколовки; 7¹- площадка для песков; 8- двухступенчатый отстойник; 9- хлоратор; 10 - соединительное сооружение; 11- первичный отстойник; 12- метантенк; 13-котельная; 14-газгольдер.

В городах, где химические предприятия сбрасывают свои сточные воды в городскую канализацию, очистные сооружения должны в своем составе сооружения, которые показаны на рис.1.9. На рис. 1.9. обозначения аналогичны с обозначениями на рис. 1.2, рис.1.3, рис.1.4, дополнительно: 15-реагентное хозяйство; 16- смеситель; 17- камера для химической реакции.

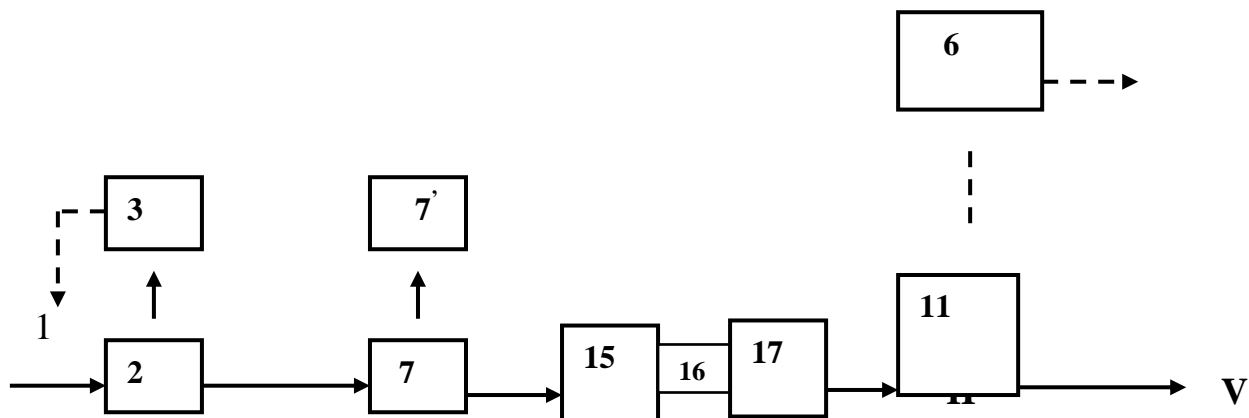


Рис1.9. Для химической очистки сточных вод

Биологическая очистка сточных вод представляет ответственную и необходимую фазу очистки сточных вод. Недостаточная очистка сточных вод от органических загрязняющих веществ, приведет к попаданию в водоемы болезнетворных микробов, что представляет серьезную опасность для населения. Поэтому в технологической схеме биологической очистки присутствует множество специальных сооружений, которые показаны на рис. 1.10; 1.11; 1.12.

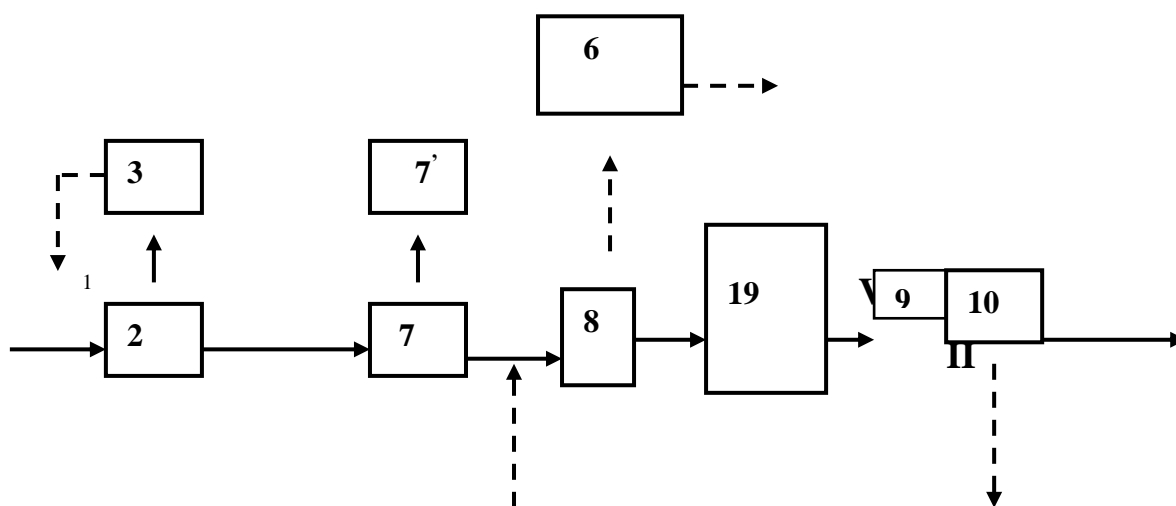


Рис1.10. Технологическая схема биологической очистки

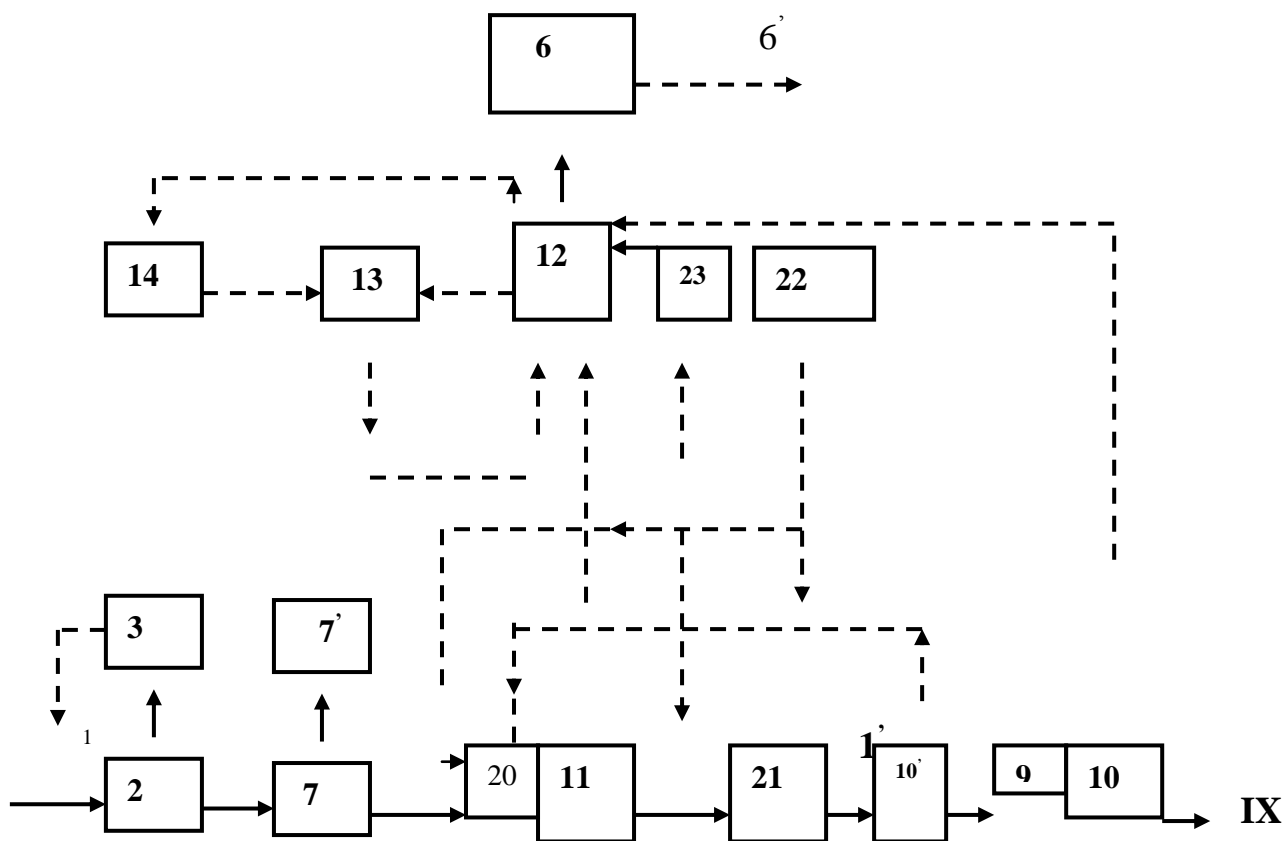


Рис1.11. Технологическая схема биологической очистки с аэротенком

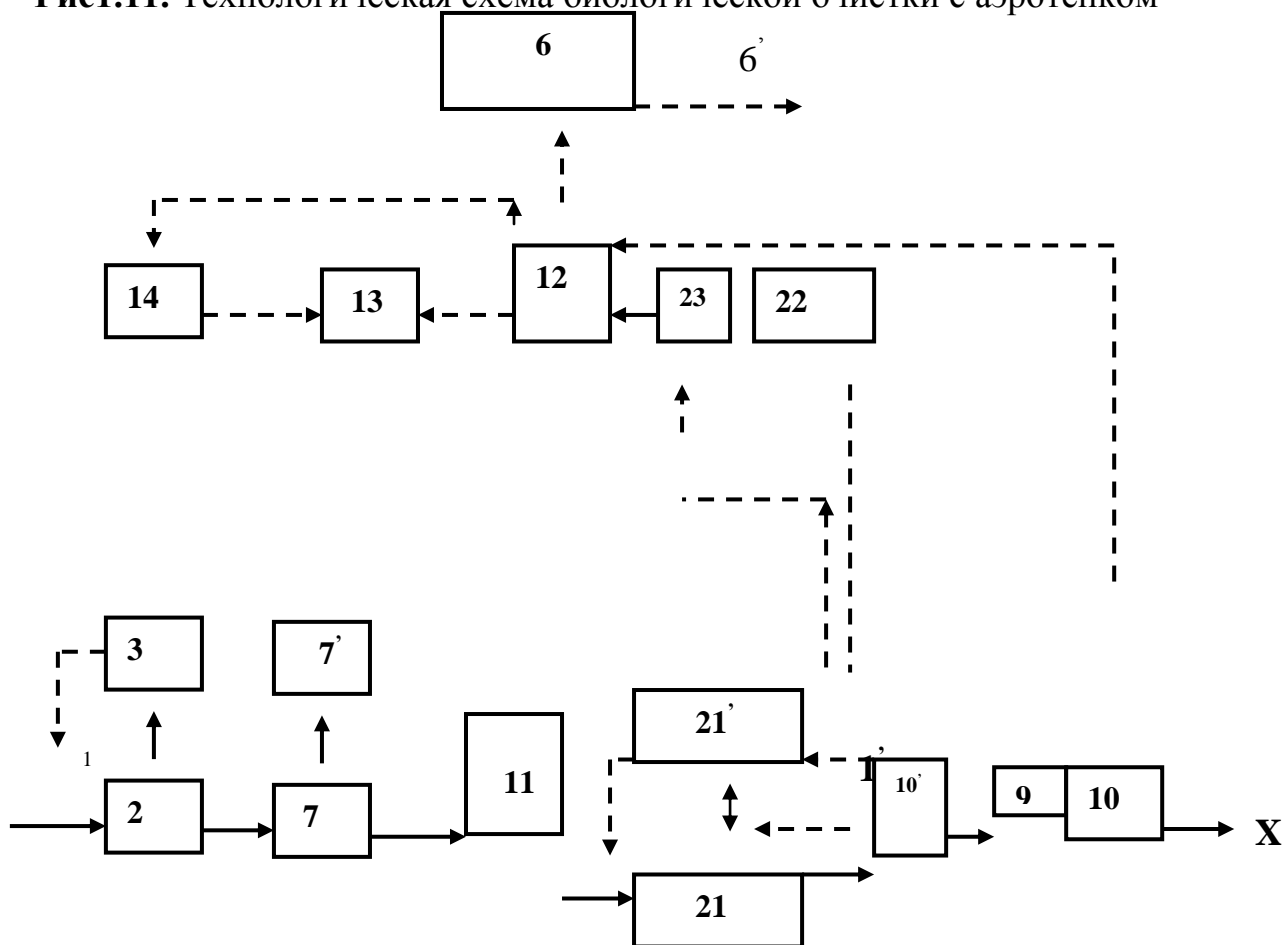


Рис1.12. Технологическая схема биологической очистки с регенерацией

На рис. 1.10; 1.11; 1,12. дополнительно обозначены: 10¹- вторичный отстойник; 19¹- вертикальный биофильтр; 20-аэратор; 21- аэротенк; 21¹- регенератор; 22-воздухопровод; 23- уплотнитель.

Для очистки сточных вод от органических загрязняющих веществ находит также применение схема очистки с использованием растений и фильтрационных свойств природной среды. На рис.1.13. показана схема очистки сточных вод в природной среде, где 12 - площадка для обработки отходов и их сушки; 12¹- отходы; 18- площадка для орошения и фильтрации.

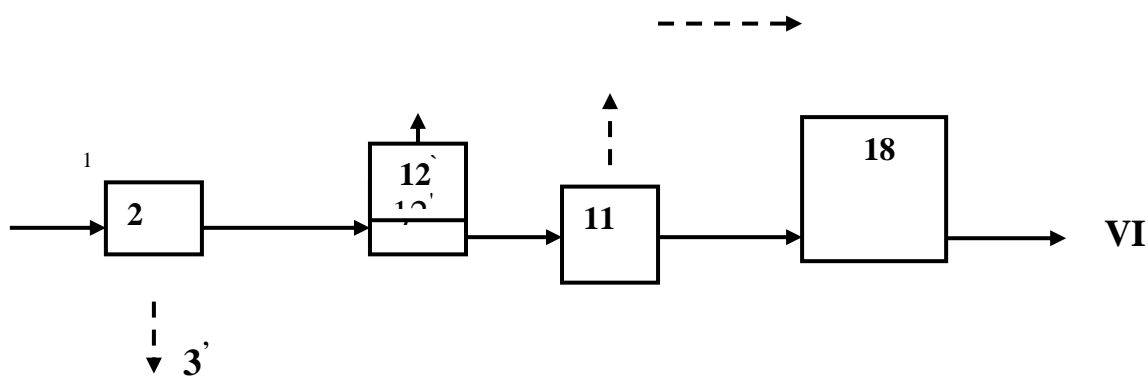


Рис1.13. Технологическая схема биологической очистки сточных вод в природной среде

§ 1.3 Методы биологической очистки бытовых стоков

Для очистки сточных вод коммунально-бытового хозяйства используется биологический метод [7,12-15,24-26,31,43,44,67,90,97,99,]. Сущность его заключается в превращении органических загрязняющих веществ, находящихся в сточных водах в питание для микроорганизмов. В качестве источника для производства и развития микроорганизмов выступает активный ил; во всем процессе биологической очистки происходит взаимодействие активного ила и сточной воды. Взаимодействие активного ила и сточной воды представляет сложный биологический и химический процесс. В биологическом методе очистки сточных вод происходит процесс окисления или восстановления органических веществ.

Процесс биохимического окисления органических загрязняющих веществ аэробными микроорганизмами относится к некоторым общим закономерностям химических превращений. Все окислительные реакции, при которых происходит отнятие электронов, сопровождаются восстановлением, т.е. реакциями, при которых происходит присоединение электронов к каким-либо другим молекулам [9,16,26]. Для аэробных микроорганизмов конечным акцептором электронов служит кислород, присоединяющий электроны и реагирующий с ионами водорода с образованием молекулы воды. При этом происходит тесная взаимосвязь окислительно-восстановительных процессов в условиях обеспечения процесса кислородом. Известно [14-16], что процесс изъятия органических загрязнений из сточных вод происходит в две стадии:

- В первой стадии происходит массопередача органических веществ и растворенного кислорода из жидкости к поверхности клеток микроорганизмов;
- Во второй стадии протекает диффузия веществ через цитоплазматическую мембрану и окисление продуктов диффузии с выделением энергии и синтезом клеточного вещества.

Скорость протекания первой стадии процесса изъятия загрязнений подчиняется законам диффузии и массопередачи. Известно [26], что скорость протекания процесса на этой стадии зависит от интенсивности перемешивания иловой смеси во всем объеме аэротенка. Первая стадия заканчивается процессом сорбции субстрата на поверхности клеток микроорганизмов активного ила.

Диффузия веществ через цитоплазму клетки, распад и окисление под воздействием ферментов во многом определяется строением веществ и его способностью поддаваться ферментативному распаду.

В качестве основных факторов, определяющих скорость протекания процесса биохимической очистки сточных вод и скорость стадий, составляющих процесс можно отметить следующие факторы:

- концентрация субстрата и его качественный состав;
- концентрация биомассы в аэрационном сооружении;
- температура иловой смеси;
- температура растворенного кислорода;
- рН среды и ряд других факторов.

Окислительная мощность сооружений и стабильность их работы, прежде всего, характеризуется распределением нагрузки на ил во всем объеме очистного сооружения.

Обычно величина нагрузки на активный ил N для аэротенков без регенераторов вычисляется по формуле [26]:

$$N = q x_o (D_a W_a), \quad (1.2)$$

где q - расход сточной воды ; x_o - исходная концентрация субстрата; D_a - доза ила по беззольному веществу в аэротенке; W_a – объем аэротенка.

Нагрузка на ил в случае аэротенка с регенераторами определяется по формуле:

$$N = q x_o (D_a W_a + D_p W_p), \quad (1.3)$$

где D_p - доза ила по беззольному веществу в регенераторе; W_p - объем регенератора.

Исследованиями установлено [94], что в условиях регенерации активного ила достигаются уменьшение объема очистного сооружения на 30% и увеличение производительности очистки в 1,5 раза.

Процесс биологической очистки сточных вод, особенно бытовых, состоит из двух фаз. Первая фаза - эта фаза аэрации, когда происходит насыщение стока кислородом и вторая фаза, когда организуется осаждение ила из стока. Протекание биологической очистки сточных вод в обеих фазах происходит в единой гидравлической цепочке.

В процессе биологической очистки сточных вод получают осадки в виде дисперсных систем. В зависимости от типа сооружений, где получают или обрабатывают осадки, они классифицируются :

- осадки, анаэробно сброженные в осветителях-перегнивателях;
- обезвоженные осадки на механических аппаратах.

Осадки характеризуются, в основном, удельным сопротивлением, которое, в свою очередь, характеризует скорость водоотдачи и влажность.

В целом, биологическая очистка сточных вод представляет сложный гидравлический процесс, когда на начальном этапе создаются специальные условия для образования движения трехфазного потока - жидкого, твердого и газового. На завершающем этапе очистки воды возникает необходимость в разделении твердой составляющей и жидкой или осветление потока воды. Здесь весь гидравлический процесс биологической очистки протекает в специальных сооружениях, о которых будет изложено ниже.

Выводы по главе 1

1. Обеспечение заданного качества воды во многом определяется гидравлическим режимом функционирования систем сооружения биологической очистки сточных вод.

2. При достаточной степени биохимических исследований направленных на совершенствование систем биологической очистки, существует довольно много проблем гидравлического характера, в частности, организация равномерного смешивания твердой и жидкой фазы стока, равномерное кислородное обеспечение твердой фазы и, самое главное, обеспечение условий удаления из воды твердой составляющей - ила.

ГЛАВА 2

СООРУЖЕНИЕ И СИСТЕМЫ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

§ 2.1 Аэротенки и вторичные отстойники.

В гидравлическом отношении в биологической очистке сточных вод в начале происходит насыщение двухфазного потока - вода и ил с воздухом-кислородом. Когда завершается процесс обеззараживания опасных для окружающих бактерий в процессе взаимодействия воды, ила и кислорода, то возникает необходимость удаления из водного потока твердой массы ила. Сооружение, в котором происходит образование трехфазного потока для создания условий обеззараживания аэробных бактерий называется аэротенком. Известно, что сооружение для осаждения из воды твердого компонента называется отстойником. Название «вторичный» отстойник получил из-за нахождения вторым и завершающим сооружением в технологической схеме очистки сточных вод. После вторичного отстойника очищенная вода сбрасывается в водоем или может быть использована для орошения растений.

Условия и объемы формирования сточных вод различны, поэтому для повышения эффективности работы сооружения биологической очистки имеют различные конструкции. Вместе с этими к сооружениям для очистки сточных вод предъявляются специальные требования:

- обеспечение заданного качества очистки воды;
- надежность и безопасность в эксплуатации;
- простота в эксплуатации, компактность и эстетичность внешних форм;
- отсутствие вредных выбросов в окружающую среду и т.д..

С учетом этих требований для очистки сточных вод с суточным объемом до 100 м³/сут для биологической очистки созданы

комбинированные сооружения. В комбинированных сооружениях процессы аэрации и отстаивания совмещены и поэтому они называются аэротенк-

Отстойник (рис.1). Техническая характеристика наиболее распространенного типа аэротенка-отстойника следующая: [15,16]

• Средняя окислительная способность по БПК ₅ /сут	16
• Нагрузка БПК ₅ на 1 м ³ аэротенка БПК ₅ /(м ³ /сут)	320
• Установочная мощность электродвигателей, кВт	9,7
• Максимальная потребляемая мощность, кВт	5,7
• Ориентировочная стоимость сооружения тыс. дол.США	11,5

При этом аэрация потока в аэротенках производится пневматическим, механическим или пневмомеханическими способами. Важнейшим элементом аэротенк-отстойников является узел возврата отстаившегося активного ила из вторичного отстойника в зону аэрации. На рис.2.1 показана схема функционирования комбинированного аэротенка-отстойника с пневматической системой аэрации. На 2.1 обозначены: 1-зона аэрации; 2-зона отстаивания; СВ - сточная вода; ОВ - очищенная вода; В - воздух;

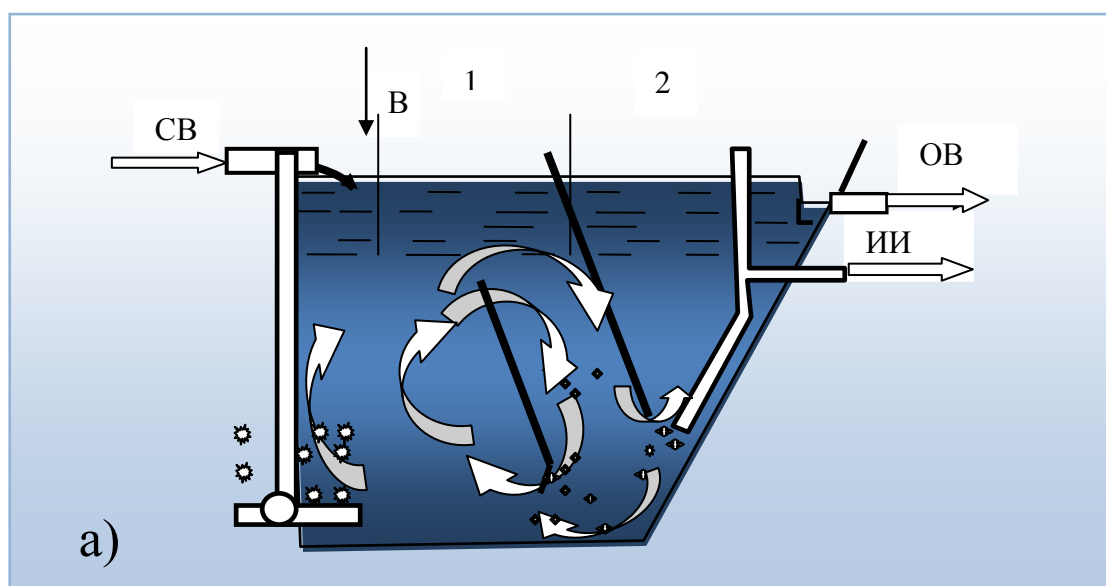


Рис.2.1. Гидравлическая схема функционирования комбинированного аэротенк-отстойника с пневматической системой аэрации

ИИ- избыточный активный ил.

Вместе с приведенной схемой в литературе достаточно хорошо описаны другие типы комбинированных аэротенков-отстойников, в частности:

- аэротенки с продленной аэрацией;
- аэротенки с отдельной минерализацией избыточного активного ила;
- аэротенки с питомником;
- аэротенки с регенератором.

Однако эти специальные особенности оказывают воздействие лишь на процесс биохимической реакции, а на протекание гидравлических процессов они практически влияния не оказывают. Поэтому в настоящей работе их описанию внимание не уделено.

Совмещенные системы аэротенк-отстойник не применимы для очистки сточных вод с большим суточным объемом воды. В таких случаях применяется раздельное расположение аэротенка от отстойника, при этом единая гидравлическая цепочка сохраняется (рис.2.2).

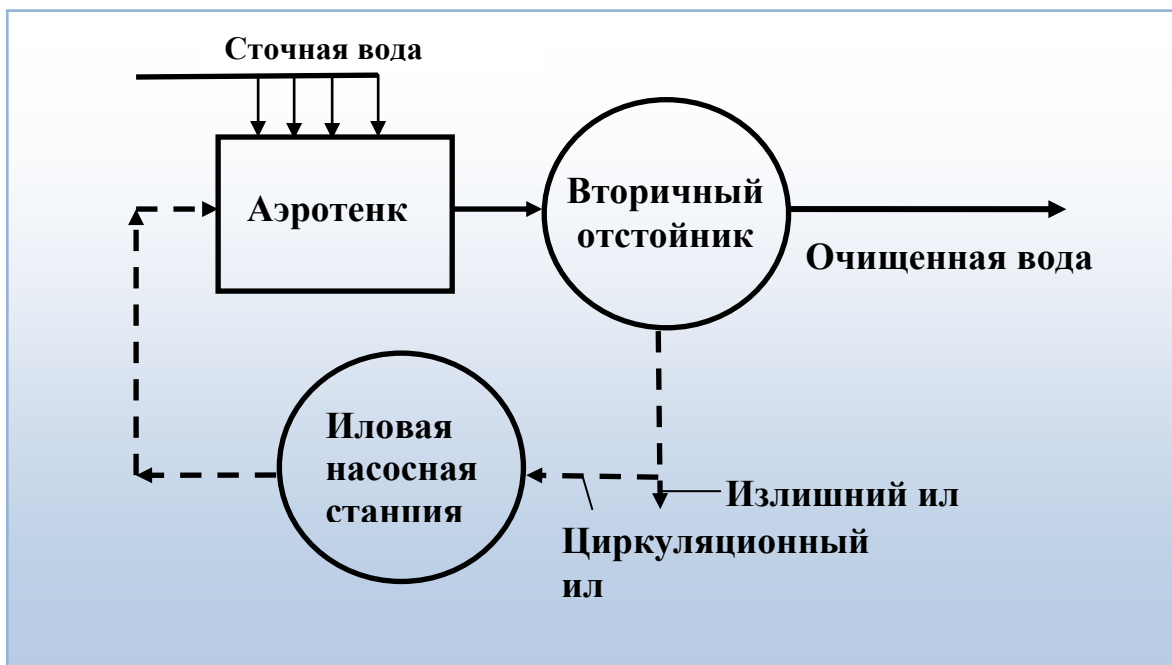


Рис2.2.Гидравлическая схема биологической очистки сточных вод

Гидравлическая схема функционирования аэротенка и вторичного отстойника для очистки сточных вод большого объема описаны в работах

Аэротенки в зависимости от гидравлических условий функционирования классифицируются:

- когда сточная вода в аэротенк поступает рассредоточено и смешивается с водой, которая находится в аэротенке по всему объему - такие аэротенки называют аэротенки смесители;
- когда в аэротенк сточная вода поступает сосредоточено с одного впуска и затем происходит смешивание воды - такие аэротенки называют аэротенки вытеснители;
- промежуточные аэротенки, в которых происходит перемешивание только части сточных вод.

Гидравлическая схема перемешивания сточных вод с водами, которые находятся в аэротенках различной конструкции показаны на рис.2.3; 2.4 и 2.5

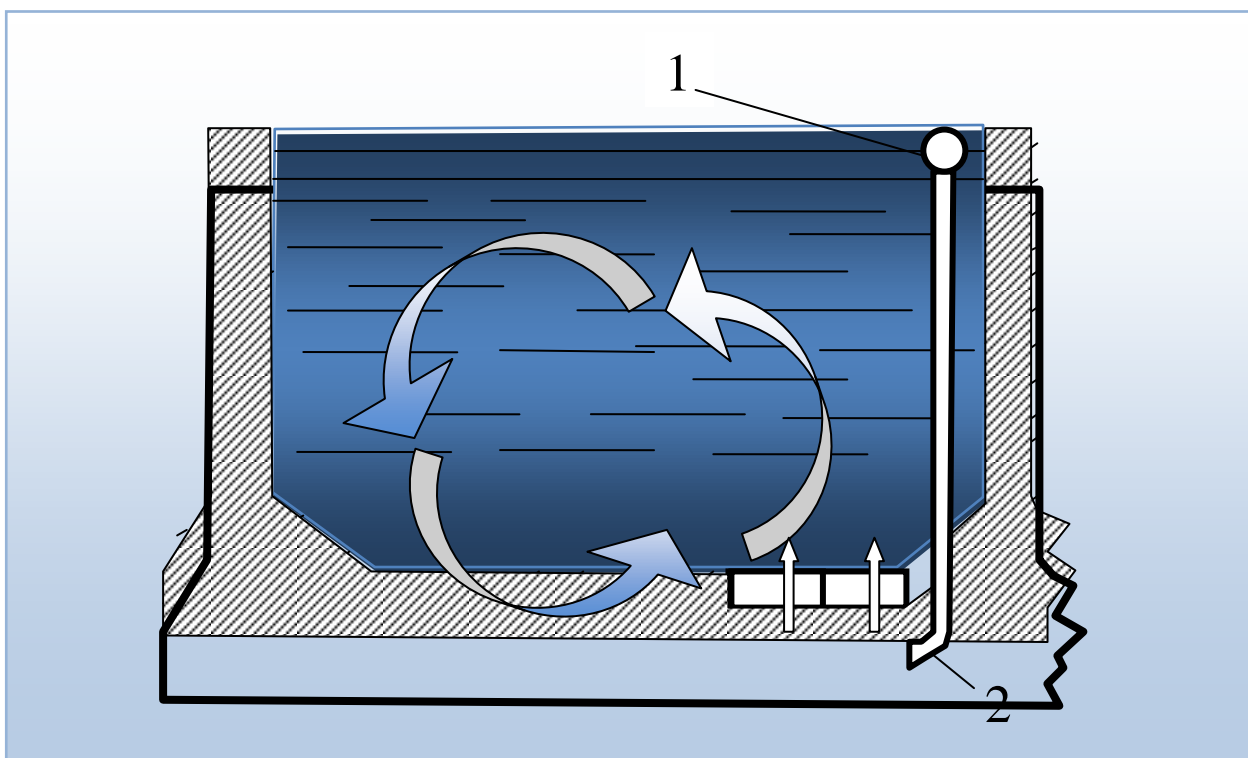


Рис.2.3. Схема пневматической аэрации

На рис.2.3: 1- воздухопровод; 2-фильтрационный канал;

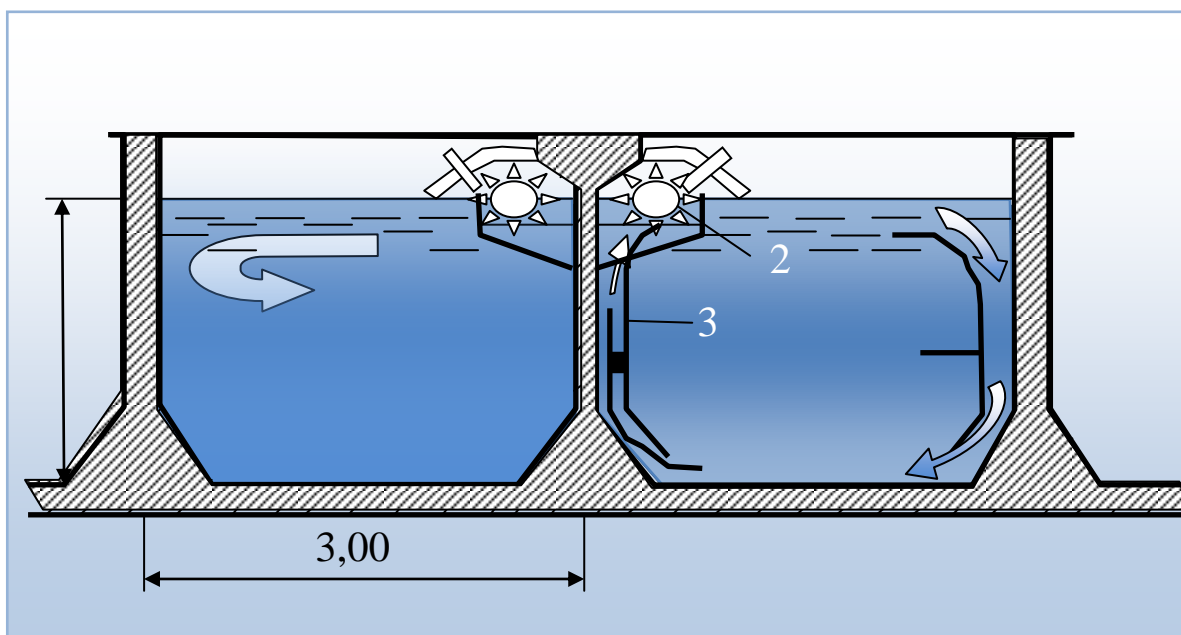


Рис.2.4.Схема механической аэрации

На рис. 2.4; 1- крышка; 2-щетка; 3-направляющая стена.

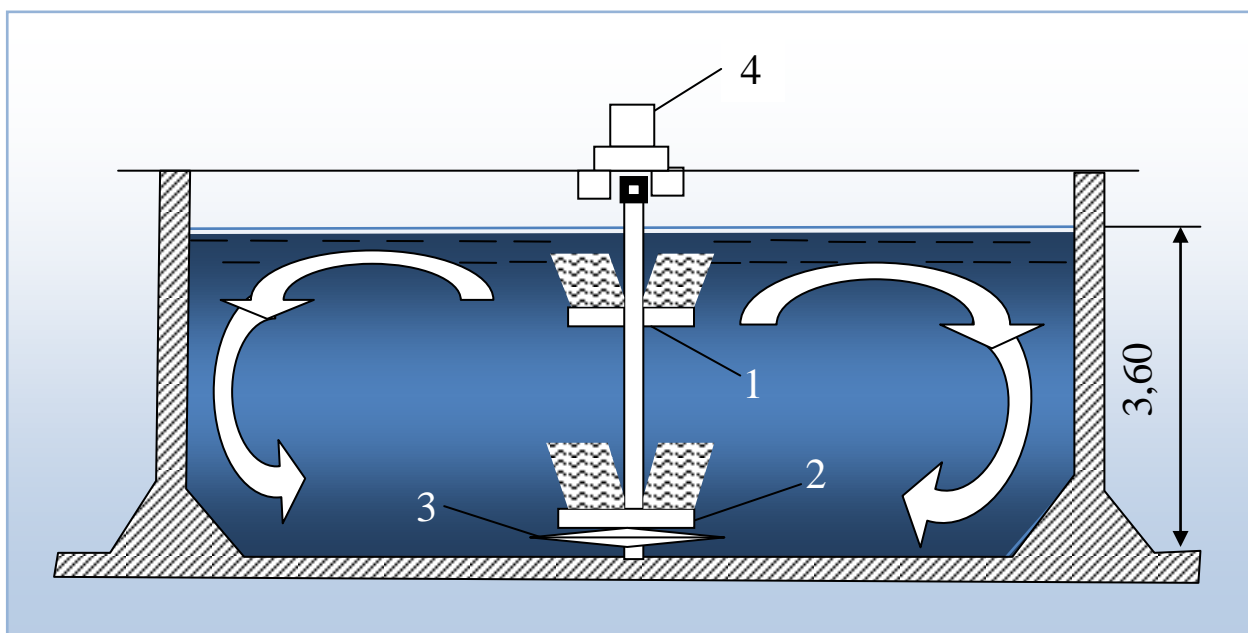


Рис.2.5.Схема аэрации методом смешивания

На рис. 2.5: 1,2-трубопроводы; 3-кольцо для аэрации; 4- электропривод.

Известно [81-83,], что аэрация водного потока происходит только при больших скоростях, когда водная масса в своем движении захватывает воздушную массу, образуя двухфазный водно-воздушный поток. В аэротенках как поступательное, так и вращательное движение потока совершаются с незначительными скоростями. Движение потока сточных вод и других составляющих в аэротенках ламинарное, поэтому такое движение неспособно создавать аэрированный поток. Аэрация потока воды в аэротенках происходит только благодаря наличию в иловой смеси аэробных бактерий, которые в качестве питания способны использовать органические вещества, имеющиеся в сточных водах. При этом по мере поглощения кислорода хлопья ила облегаются и стремятся вверх на поверхность резервуара. С усилением питания эти хлопья сливаются друг с другом и под действием тяжести стремятся вниз ко дну резервуара. А принудительная пневматическая и механическая аэрация способствуют нахождению во взвешенном состоянии иловой смеси во всем протяжении аэротенка. Анализ работы аэротенков очистительного сооружения г. Ташкента показывает, что в прямоугольных по форме поперечных сечениях призматических аэротенках, когда подача воздуха производится с центральной части, в затопленном режиме угловые отсеки превращаются в мертвые зоны. Нарушается равномерность распределения иловой смеси по всему объему аэротенка. В мертвых зонах за счет осаждения иловой смеси эффективность очистки уменьшается. Поэтому возникает необходимость создания обтекаемых зон на угловых частях аэротенка путем изменение их конструкции.

После завершения процесса обеззараживания сточных вод в аэротенках возникает необходимость удаления иловой смеси из потока воды. Этот процесс осуществляется во вторичных отстойниках. В научной литературе

известно множество разновидностей конструкции отстойников. В [5,38,47,48,72,87] описаны конструкции и условия работы множества разновидностей конструкции отстойников. В зависимости от подачи водной смеси к отстойнику, различают горизонтальные, вертикальные и радиальные. Горизонтальные отстойники имеют в плане форму вытянутого прямоугольника. В гидравлическом отношении средняя скорость потока в любом выбранном сечении имеет одинаковую величину, а гидравлическая крупность частиц постоянна по всей длине отстойника. В горизонтальных отстойниках сточная вода поступает перпендикулярно к фронту сооружения. На рис.2.6 приводится гидравлическая схема работы обычного горизонтального отстойника.

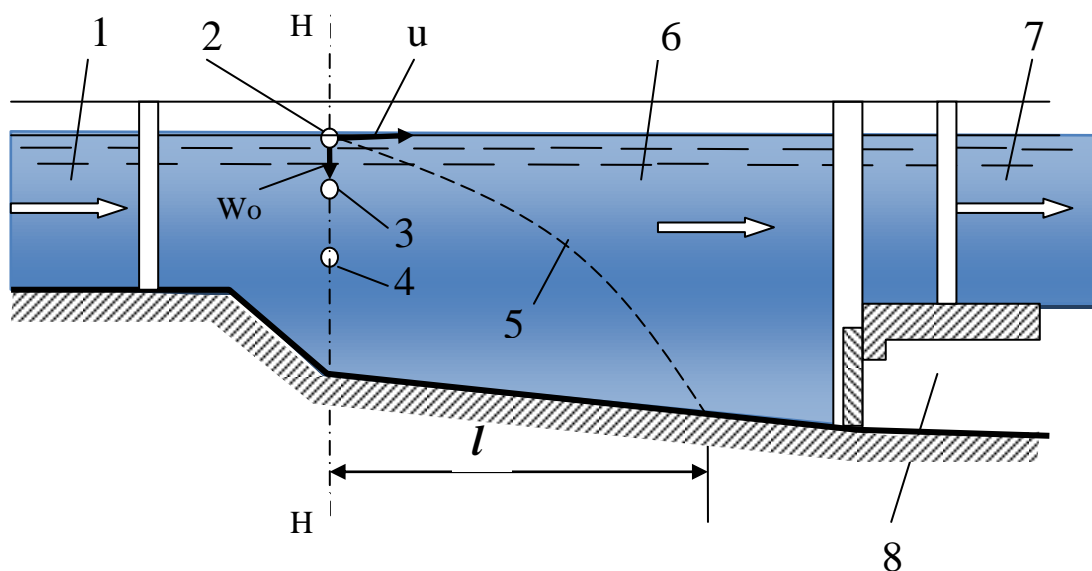


Рис.2.6. Схема функционирования ирригационного отстойника

На рис.2.7 показана схема работы вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком.

За рубежом, в частности в Германии, в замкнутых системах водоснабжения рыбной отрасли используются миниатюрные установки для

биологической очистки воды. Эти установки в зависимости от требуемой производительности могут иметь различные размеры. На рис. 2.9; 2.10 и 2.11 показана установка для биологической очистки с емкостью 10 м³.

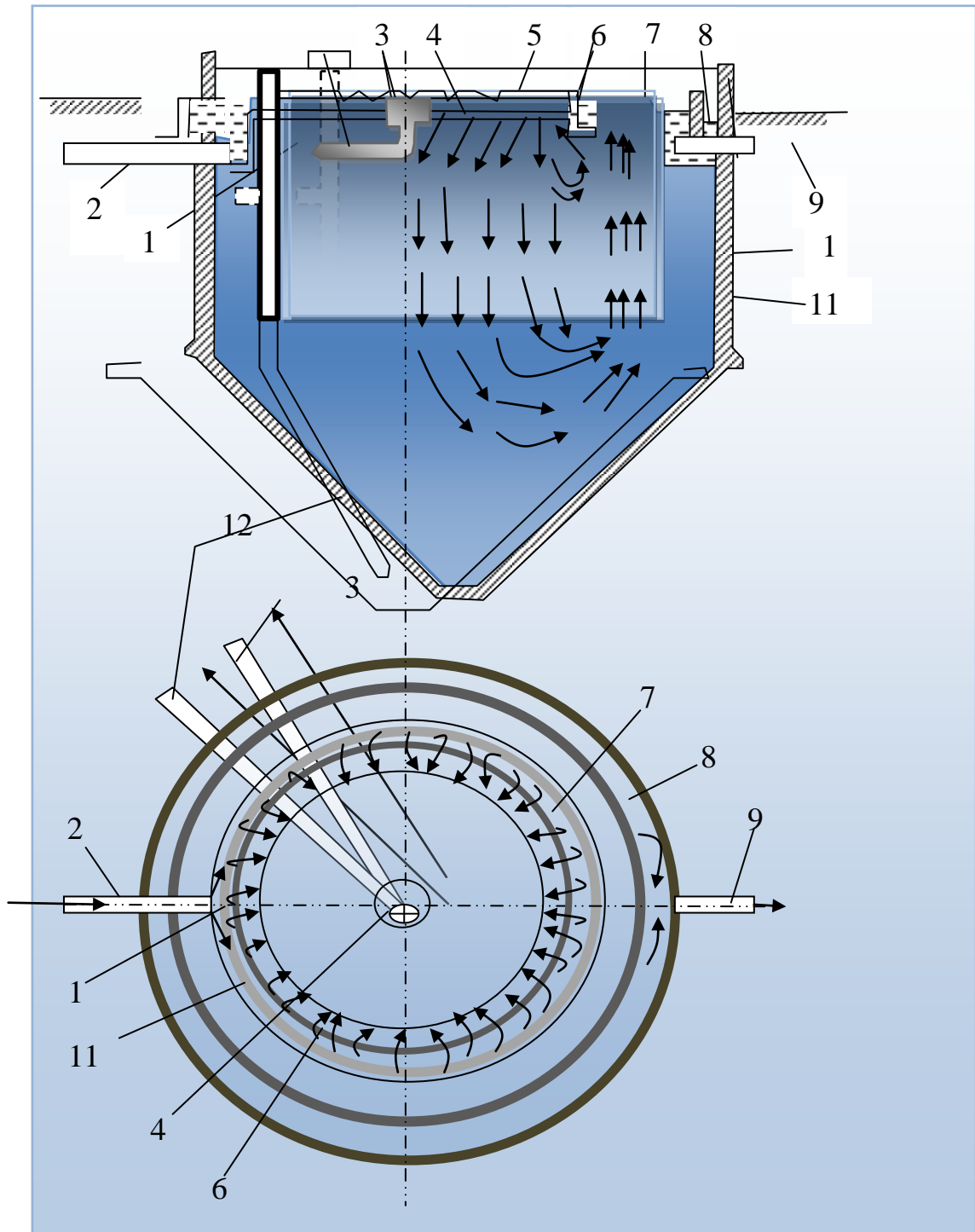


Рис.2.7. Схема работы вертикального отстойника

Где обозначены: 1-приёмная камера; 2-подающий лоток; 3 и 4-трубопровод и приёмная воронка для удаления плавающих веществ; 5-

зубчатый водослив; 6-отражательный козырек; 7-распределительный лоток; 8-лоток для сбора осветленной воды; 9-отводящий трубопровод; 10-отстойник; 11-кольцевая полупогружная перегородка;12-иловая труба.

Наиболее распространенной конструкцией отстойников в системах канализации является радиальные отстойники, схема работы которого описана на рис.2.8

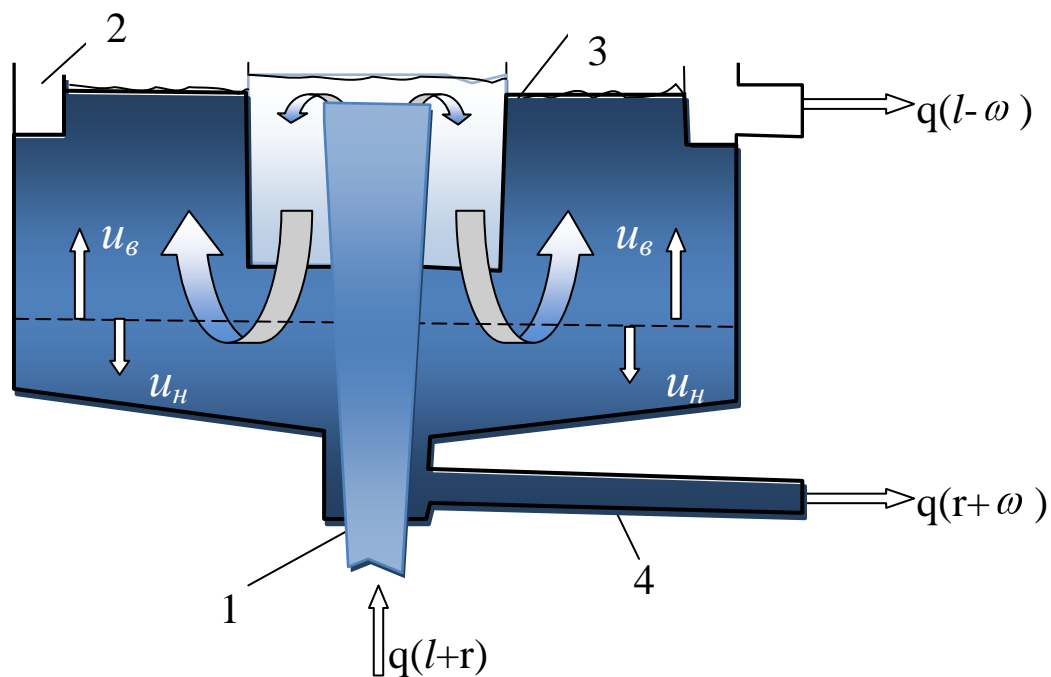


Рис.2.8. Схема работы вторичного радиального отстойника

На рис.2.8: 1-подводящая труба; 2-сборный лоток; 3-направляющий цилиндр; 4-труба для откачки возвратного ила. Радиальный отстойник представляет круглую в плане форму резервуар, где вода движется радиально от центра к перифериям. Где u_n -скорость осаждения ила; u_v –вертикальная составляющая скорости движения ила.

§ 2.2 Гидравлический расчет элементов аэротенка и отстойника

Несмотря на существенные достижения в исследовании вопросов микробной популяции для биологической очистки сточных вод, из-за недостаточности

научных результатов в изучении гидравлической структуры функционирования систем биологической очистки параметры технологических процессов, конструктивные параметры очистных сооружений до сих пор определяются эмпирическим путем. Такое положение снижает эффективность функционирования систем биологической очистки бытовых стоков. В ряде случаев такой подход приводит к неоправданному завышению конструктивных параметров очистных сооружений, либо наоборот - объем очистных сооружений оказывается недостаточным для эффективной очистки сточных вод. Особенно много нерешенных методических проблем при организации удаления ила из очищенной воды во

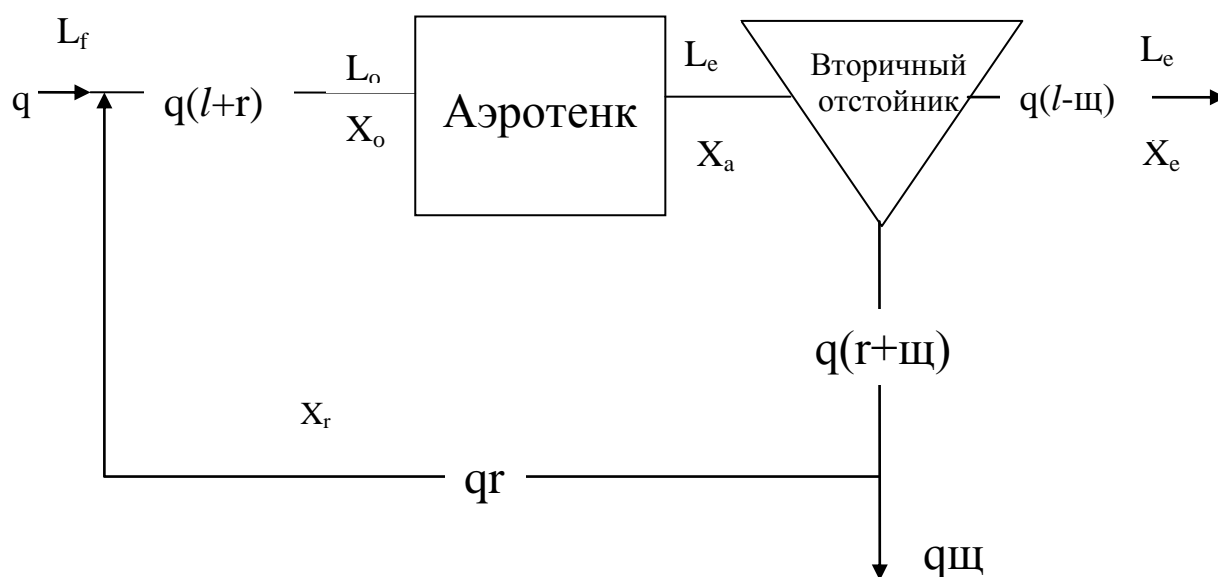


Рис. 2.12. Функциональная схема работы аэротенка и отстойника вторичном отстойнике. Функциональная схема работы аэротенка и вторичного отстойника с рециркуляцией активного ила показана на рис.2.12. Согласно функциональной схеме (рис.2.12) q - расход сточных вод поступающих в аэротенк для биологической очистки; L_f -концентрация загрязнителя на входе в аэротенк; r -коэффициент рециркуляции активного

ила; q_r - приток смеси активного ила; $q_{(l+r)}$ - разбавленный поток сточных вод и смеси активного ила; l -коэффициент для установления концентрации сточных вод; X_o и L_o - концентрация ила и загрязнителя на входе в аэротенк; L_a и L_t –концентрация ила и загрязнителя на выходе из аэротенка; ψ -коэффициент избыточного ила; $q_{(r+\psi)}$ - поток избыточного и рециркуляционного ила; q_r -поток рециркуляционного ила; q_{ψ} - поток избыточного ила; X_r -концентрация рециркуляционного ила; $q_{(l-\psi)}$ - сбрасываемый после биологической очистки очищенный поток сточных вод; X_t и L_t - концентрация ила и загрязнителя после полной очистки сточных вод.

При известном объеме аэротенка $-V_a$, довольно не сложно определить производительность аэротенка- Q .

$$Q = V_a / t \quad (2.1)$$

Где, t - расчетное время пребывания сточной воды в аэротенке, которое можно определить по зависимости [52].

$$t = t_a (1+B) + t_p B \quad (2.2)$$

А значение B –долю циркуляционного ила от расчетного притока для аэротенков-вытеснителей и аэротенков-смесителей согласно [62] принимаем $B=0,6$. Значение продолжительности аэрации смеси сточной воды циркуляционного или,общая время обработки сточных вод- t_a и время регенерации активного ила $-t_p$ определяются эмпирическими формулами[52].:

$$t_a = 2,051g(L_a/L_t) \quad (2.3)$$

$$t_p = t_o - t_a \text{ и } t_o = (L_a - L_t) / 5.74c \quad (2.4)$$

В формуле (2.4)значение средней скорости окисления загрязнения для бытовых сточных вод-с можно определить по таблице 2.1[62].

Процесс окисления происходит только в случае подачи в аэротенк третьего участника гидравлического процесса - воздуха, при этом расход воздуха $- Q_b$ определяют по формуле[52].:

$$Q_B = \frac{(L_a - L_t)q}{KH_a d} \text{ (м}^3 \text{/ч)}; \quad (2.5)$$

K-коэффициент использования воздуха, г/м⁴

H_a- высота слоя воды в аэротенке, м

d- дефицит кислорода. По определению [4] дефицит кислорода d=D₀-D, где D₀-количество кислорода при отсутствие биологического загрязнения в воде и D- количество кислорода в случае, когда вода загрязнена биологическими субстанциями.

Значение средней скорости окисления загрязнения для бытовых сточных вод таблица 2.1

БПК _{полн} сточной воды, мг/л	с мг/л					
	15	20	25	30	40	50 и более
Аэротенки без регенератора при дозе ила a ≤ 1,8 г/л						
100	20	22	24	27	35	47
200	22	24	28	32	42	57
Аэротенки без регенератора при дозе ила a > 1,8 г/л и с регенератором						
150	18	21	23	26	33	45
200	20	23	26	29	37	50
300	22	26	30	34	44	60
400	23	28	33	38	53	73
500 и более	24	29	35	41	58	82

q- расход поступающей в аэротенк сточной воды, м³/ч

D- количество воздуха для понижения БПК с L_a до L_t на 1 м³ очищаемой сточной воды.

$$D = \frac{L_a - L_t}{KH_a d} \quad (2.6)$$

Приведенные формулы (2.1...2.6) служат для определения параметров аэротенка. Вместе с этим, для управления процессом биологической очистки воды необходимо знать о гидравлическом процессе, протекающем в системах биологической очистки, в частности в аэротенке. В [12,13,14,15,26,66,86,102] приводятся различные подходы для описания гидродинамических процессов, протекающих в системах биологической очистки сточных вод, в частности в аэротенке.

Для вывода основной гидродинамической закономерности для аэротенка пользуются уравнениями баланса массы загрязнителя, поступающего в резервуар[13] .

$$V \frac{dL}{dt} = q(L_0 - L) - V_p(L) \quad (2.7)$$

где $V \frac{dL}{dt}$ - изменение массы загрязнителя в аэротенке;

qL_0 - масса загрязнителя на входе в аэротенк;

qL - масса загрязнителя на выходе из аэротенка;

q - расход сточных вод поступающих в аэротенк;

L - концентрация загрязнителя в сточной воде;

V - объем поступающий в аэротенк загрязнителя ;

$V_p(L)$ - потерянная масса загрязнителя (вывод загрязнителя с выходным потоком и потеря загрязнителя в результате биохимических превращений).

Однако такая постановка задачи применима лишь в идеальных условиях работы аэротенка. Для обеспечения идеальных условий работы аэротенка возникает необходимость полного перемешивания ила и сточной воды, а также идеального вытеснения очищаемой воды. Для преодоления таких трудностей и для описания близкой к реальным условиям работы аэротенка используется известная модель из гидродинамики – диффузионная модель течения жидкости в аэротенке.

Процесс диффузии в аэротенке обусловлен различными обстоятельствами движения смеси:

- разностью концентрации загрязнителя, которая обуславливает проявления переноса веществ через непосредственно соприкасающихся поверхности, который называется молекулярной диффузией;

- частицы жидкости, растворенные в жидкости, когда происходит перенос микрочастиц, называется диффузией вещества;

- перенос частиц самого загрязнителя, за счет его неоднородности.

Количественная оценка процесса диффузии осуществляется по закону Фика. Согласно которому диффузионное движение смеси пропорционально градиенту концентрации этой смеси загрязнителя с обратным знаком.

$$\vec{I} = D_k \text{grad}C \quad (2.8)$$

Где C -концентрация смеси в жидкости;

D_k -коэффициент диффузии, м²/с, величина которого для химического растворенных солей хлоридной и нитратной кислоты в воде равна 10⁻⁹ м²/с;

\vec{I} -вектор диффузионного потока смеси.

Принимая во внимание, что в аэротенке происходит биохимические превращение используем уравнения молекулярной диффузии в одномерной постановке, тогда изменение элементарного объема смеси св загрязнителями в цилиндрическом русле определяется как:

$$\Delta V \Delta L(x) = \left\{ qL(x) - D_k S \frac{\partial L(x)}{\partial x} \right\} \Delta t - \left\{ qL(x + \Delta x) - D_k S \frac{\partial L(x + \Delta x)}{\partial x} \right\} \Delta t - \Delta V_\rho (L(x)) \Delta t \quad (2.9)$$

где $-\Delta V$ -изменение элементарного объема;

$L(x)$ –изменение концентрации загрязнителя ;

$\Delta V \Delta L(x)$ -изменение объемной концентрации загрязнителя в аэротенке;

$\left\{ qL(x) - D_k S \frac{\partial L(x)}{\partial x} \right\}$ - входящий в аэротенк поток;

$$\left\{ qL(x + \Delta x) - D_k S \frac{\partial L(x + \Delta x)}{\partial x} \right\} \Delta t$$

-выходящий из аэротенка поток, который характеризует диффузионное перемещение загрязнителя вдоль аэротенка за время Δt ;

$(\Delta V_p L(x)) \Delta t$ -изменение объемной концентрации загрязнителя за счет химической реакции за время Δt ;

S -площадь поперечного сечения аэротенка

Тогда уравнение диффузии в аэротенке (2.9) после преобразования принимает вид

$$\Delta V \Delta L(x) = D_k S \left\{ \frac{\partial L(x + \Delta x)}{\partial x} - \frac{\partial L(x)}{\partial x} \right\} \Delta t - q \{ L(x + \Delta x) - L(x) \} \Delta t - \rho(L(x)) \Delta V_p \Delta t \quad (2.10)$$

где $\rho(L(x)) = \frac{\Delta V_p(L(x))}{\Delta V}$ -объем изменения концентрации загрязнителя

отнесенной к единице объема притока за счет биохимической реакции.

После преобразования уравнение диффузии (2.10) примет вид

$$\Delta V \Delta L(x) = D_k S \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} \Delta x \Delta t - q \frac{\partial L}{\partial x} \Delta x \Delta t - \rho(L(x)) \Delta V_p \Delta t \quad (2.11)$$

При условии $\Delta t \rightarrow 0, \Delta x \rightarrow 0$ уравнение (2.11) с учетом биохимической реакции уравнение диффузии в аэротенке записывается в виде

$$\frac{\partial L}{\partial t} = D_k \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - u \frac{\partial L}{\partial x} - \rho(L) \quad (2.12)$$

где, $u = q/S$ - средняя скорость движения смеси с загрязнителем в аэротенке.

Для решения уравнения (2.11) необходимы граничные условия, согласно которым скорость входа элементарного объема ΔV в аэротенк равна qL_0 , а скорость потери реагента через поперечное сечение - S из-за химических преобразований равна $-q(L)$. Тогда с учетом условий $\Delta x \rightarrow 0$ ($\Delta V \rightarrow 0$) получается следующая система уравнений:

Согласно работ [12...15] граничными условиями Данквертса для аэротенков закрытого типа являются:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dL}{dx} &= \frac{u}{D_k} [L(0) - L_0], x=0; \\ \frac{dL}{dx} &= 0, x=l, \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

Имея в виду

$$L_e = L(l), \quad L_0 \neq L(0)$$

и используя безразмерные переменные $\xi = \frac{L}{L_0}$, $\epsilon = \frac{x}{l}$, $\rho = \frac{\rho}{\rho_0}$, $\tau = \frac{t}{t_0}$,

$t = T\tau$ диффузионную модель движения смеси с загрязнителями в аэротенке напишем в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial \tau} &= \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 \xi}{\partial \epsilon^2} - \frac{\partial \xi}{\partial \epsilon} - f(L)\rho; \\ \frac{\partial \xi}{\partial \epsilon} &= Pe(L - L_0), \epsilon=0; \\ \frac{\partial \xi}{\partial \epsilon} &= 0, \epsilon=1. \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

где L_0 - концентрация загрязнителя на входе в аэротенк, в начале процесса биологической очистки; l - длина аэротенка; ρ_0 - средняя скорость окисления загрязнителя; t_0 - продолжительность окисления. Значения этих абсолютных величин для случая очистки бытовых стоков даются в работах [15,53].

В уравнении (2.13) использован критерий Пекле $Pe = uL/D_k$, который характеризует степень отклонения диффузионной модели от идеальных режимов течения жидкости. При этом критерий Пекле изменяется в пределах $Pe \sim 10^{-4} - 10^{-5}$, тогда слагаемым $\frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 \xi}{\partial \epsilon^2}$ можно пренебречь тогда из уравнения (2.13) получается уравнение

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \tau} &= -\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} - \mathcal{F}(L)\rho; \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} &= Pe(L - L_0), \mathcal{E} = 0; \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} &= 0, \mathcal{E} = 1. \end{aligned} \right\}$$

(2.15)

Система уравнений (2.12....2.15) позволяет установить гидродинамический режим протекания биологической очистки сточных вод в аэротенках. Вместе с этим данная модель достаточно корректно описывает гидродинамические процессы, протекающие в закрытых аэротенках. Имеются также аэротенки без рециркуляции, в этих аэротенках биохимические процессы происходят активнее, чем изменения гидродинамических параметров потока.. Математические модели очистки сточных вод в таких аэротенках достаточно хорошо описаны в [12,13].

Гидродинамические процессы в аэротенках открытого типа происходят аналогично процессам осаждения и подъема твердых частиц в отстойниках.

Известно [4,5,38,41,42,53] множество подходов для описания процесса осаждения и транспорта частиц в отстойниках различной модификации. В процессе движения твердой частицы совместно с водой, частица под действием собственного веса стремится вниз, а гидродинамическое давление воды оказывает действие в соответствии, с которым частица находится во взвешенном состоянии. Вместе с этим в отдельных отстойниках (рис.2.7 и 2.8) поток совершает также восходящее и нисходящее движения. На основании схемы движения потока сточных вод и ила(рис.2.12) и принимая площадь поперечного сечения отстойника A , среднюю скорость сбрасываемого после биологической очистки очищенный поток сточных вод можно представить в виде:

$$U_B = q_{(l-ш)} / A \quad (2.16)$$

А среднюю скорость движения потока избыточного и рециркуляционного ила записывается в виде

$$U_H = q_{(r+ш)}/A \quad (2.17)$$

Известны также другие подходы для расчета вторичных отстойников, в частности эмпирический метод Дика, согласно которому поток смеси в отстойнике разбивают на две части. Первый поток образуется в придонной части отстойника, величина которого определяется как:

$$\bar{G}_H = XU_H \quad (2.18)$$

где, X- концентрация ила в придонном слое и U_H - скорость движения ила. А также дополнительный поток ила $XU_g(X)$, осаждаемый за счет силы тяжести со скоростью $\bar{U}_g(X)$. Тогда суммарный поток ила в отстойнике определяется по зависимости:

$$\bar{G} = XU_H + XU_g(\bar{X}) \quad (2.19)$$

Несмотря на наличие большого количества расчетных зависимостей для расчета отстойников, они недостаточно отражают связь концентрации ила с геометрическими размерами отстойника, в частности площади его поперечного сечения. Для установления такой взаимосвязи предложена экспоненциальная зависимость[13]

$$U_g = U_0 e^{-\beta X} \quad (2.20)$$

А также степенная зависимость[13]

$$U_g = D\bar{X}^{-B} \quad (2.21)$$

где U_0, D, B и β – некоторые константы, значение которых определяются основе экспериментальных данных[13]. В случае, когда концентрация ила на выходе из аэротенка составляет $X_0 = 2\text{г/л}$, скорость осаждения частиц можно определить по формуле

$$U_g = V_0 \left(\frac{X}{X_\xi} \right)^{-B} \quad (2.22)$$

Таким образом устанавливаются гидравлические параметры вторичного отстойника, используемые в настоящее время для биологической очистки сточных вод.

§ 2.3 Биологические фильтры

Для очистки сточных вод от органических загрязняющих веществ применяются также биологические фильтры. В качестве биологического материала используются пористые материалы. Фильтрующие материалы загружаются в специальные резервуары, затем через них пропускается сточная вода. При движении сточных вод через поры образуется и развивается биологическая пленка, она, в свою очередь является источником аэробных бактерий. Жизнедеятельность аэробных бактерий осуществляется за счет питания органическим материалом, имеющимся в сточных водах, что обуславливает удаление из сточных вод органических загрязнений. Аэрация биофильтров проводится естественным образом или же искусственно с принудительной вентиляцией. В зависимости от характера загрузочного материала биологические фильтры бывают:

- с объемной (зернистой);
- плоскостной загрузкой.

В фильтрах с объемной загрузкой в качестве фильтрующего материала используются: щебень из прочных горных пород, галечник, шлак и керамзит. В качестве материала для плоскостной загрузки используются в пластические материалы. Биологические фильтры с объемной загрузкой подразделяются на:

- Капельные, которые загружаются фильтрующими материалами мелкой фракции. Преимущество таких фильтров в развитой макропористой поверхности, которая обеспечивает высокую концентрацию микроорганизмов. Недостаток - низкая

производительность из-за быстрого заболачивания загружаемого материала.

- Высоконагружаемые фильтры, в которых используются загружаемые материалы с крупностью - 40-70 мм. Они обладают высокой окислительной возможностью.
- Башенные биофильтры загружаются материалами крупностью - 40-100 мм. Сооружения для башенных фильтров могут иметь высоту до 16 м. Такие биологические фильтры по технологическим и экономическим соображениям не нашли широкого применения.

Биологические фильтры с плоскостной загрузкой отличаются от биологических фильтров с объемной загрузкой высокой окислительной способностью.

Особенности использования и технико-технологические параметры, а также требования к материалам загрузки биологических фильтров различной модификации достаточно подробно изложены в литературных источниках [16,29,73]. Нами рассматривался, в основном, гидравлический режим, который протекает в биофильтрах при очистке сточных вод от органических загрязнителей. Технологические, в особенности гидравлические показатели биологических фильтров характеризуются коэффициентом - K . Этот коэффициент в литературе величина безымянная, но из-за его сущности, которая выражает отношение L_a - БПК_{полн} исходной сточной воды к L_t - БПК_{полн} – очищенной сточной воды, назвали коэффициентом биологической очистки.

$$K = L_a / L_t \quad (2.23)$$

Для биофильтров вводится также определение гидравлической нагрузки на биофильтр или производительность биофильтра $-q$. Эта величина равна отношению расхода сточной воды - Q_{ϕ} к площади биофильтра - f .

$$q = Q_{\phi} / f \quad (2.24)$$

Значения коэффициента - К в зависимости от температуры сточной воды °С, высоты биофильтра H_{ϕ} и гидравлической нагрузки q приведены в таблицах (26.2;26.3; 26.4) [72] .

Подача сточных вод к биофильтрам производится различным образом, наиболее распространенными оросителями являются - спринклерные и вращающиеся оросители.

Спринклерные оросительные системы биологических фильтров состоят из дозирующего бака, распределительной трубы и спринклеров. Внешне спринклеры представляют собой цилиндрическую насадку с диаметром отверстий $d = 18...32$ мм. Спринклеры располагают на поверхности загрузочного материала в шахматном порядке. Необходимое число спринклеров для орошения биофильтра - n определяется как:

$$n = F / f, \quad (2.25)$$

где F - площадь биофильтра, f - площадь охвата одного спринклера.

Максимальный расход q_{\max} , $\text{м}^3/\text{с}$ определяется из формулы истечения жидкости из насадки.

$$q_{\max} = m \omega_{\text{н}} \sqrt{2g H_{\max}^{\text{св}}}, \quad (2.26)$$

где m -коэффициент расхода, равный для внешней цилиндрической насадки 0,67; $\omega_{\text{н}}$ - площадь поперечного сечения отверстия насадки, $g=9,81\text{м}/\text{с}^2$, $H_{\max}^{\text{св}}$ -максимальный начальный свободный напор у спринклера-насадки. Минимальный свободный напор необходимый для обеспечения нормального орошения биофильтра при минимальном расходе сточных вод должен быть не менее 0,5м.

Вращающиеся оросители называются также реактивными оросителями, которые состоят из распределительного стакана в центральной части оросителя и радиальных труб с отверстиями для выпуска сточных вод.

Для обеспечения нормального истечения значение необходимого напора H_0 определяется по формуле:

$$H_0 = (256 \cdot 10^3 \text{ м}^2 \cdot d_0^4 - 81 \cdot 10^3 \cdot D_{\text{тр}}^4 + D_{\text{ор}} \text{ К}^{-2} 10^{-6}) \quad (2.27)$$

где m -число отверстий оросителя; d_0 - диаметр отверстий оросителя; $D_{\text{тр}}$ - диаметр радиальных труб, где находятся отверстия оросителя; $D_{\text{ор}}$ - оросительной системы; K -модуль расхода.

Частота вращения оросителя вычисляется по следующей формуле:

$$\eta = 34,78q 10^6 \text{ м}^{-1} \text{ д}^{-2} D_{\text{ор}}^{-1} \quad (2.28)$$

Выводы по главе 2

1. В биологической очистке сточных вод, особенно стока хозяйственного бытового сектора используются в основном аэротенки, аэротенки-отстойники, вторичные отстойники и биологические фильтры. Вместе с этим из-за несовершенства методов гидравлического расчета элементов конструкции систем биологической очистки, эффективность биологической очистки крайне низка.
2. Для управления гидравлическим процессом функционирования аэротенка необходимо совершенства расчетных зависимостей для установления параметров конструкции и технологических режимов систем биологической очистки.
3. Вторичные отстойники являются замыкающим звеном в схеме полной биологической очистки сточных вод, при этом методы их расчета, полученные в области очистки и в области гидротехники пока не дают полной гарантии безопасности, что после отстойника не произойдет загрязнения окружающей среды, особенно водоемов.
4. При сохранение одинаковых параметров биофильтра ($H_{\text{max}}^{\text{св}}, d$), изменением форму насадка можно достичь увеличение производительности биофильтра. При замене внешне цилиндрической насадки коноидальным, в которых $\mu = 0,85 - 0,9$ q_{max} увеличивается на 20-25%.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

§ 3.1 Разработки методики гидравлического расчета элементов конструкции аэротенка

В аэротенке сточная вода непрерывно перемешивается с активным илом - суспензией микроорганизмов, а для обеспечения их жизнедеятельности смесь сточной воды и ила аэрируется кислородом воздуха.

Для разработки методики гидравлического расчета аэротенка используем систему дифференциальных уравнений, описывающую изменения концентрации загрязнения во времени и по длине аэротенка (2.15).

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \tau} &= -\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} - \mathcal{F}(L)\rho; \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} &= Pe(L - L_0), \mathcal{E} = 0; \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{E}} &= 0, \mathcal{E} = 1. \end{aligned} \right\}$$

При этом изменение концентрации загрязнения по длине аэротенка определяем следующим образом

$$\frac{\partial L}{\partial x} - \frac{u}{D}(L_0 - L_x)x = 0 \quad (3.1)$$

Для численной реализации дифференциальных уравнений (2.15 и 3.1) в качестве граничных условий использованы следующие известные зависимости [96]:

Расход воздуха необходимый для снижения БПК

$$V = \frac{(L_a - L_t)q}{KH_a d} \quad (3.2)$$

Тогда общее количество кислорода необходимое для снижения БПК с L_a до L_t на 1 м^3 очищаемой сточной воды определяется как

$$D_6 = \frac{L_a - L_t}{KH_a d} \quad (3.3)$$

В формулах (3.2 и 3.3) приняты обозначения:

K -коэффициент использования воздуха, $\text{г}/\text{м}^4$;

H_a - высота слоя воды в аэротенке, м;

d - дефицит кислорода

q - расход сточной воды, поступающей в аэротенк $\text{м}^3/\text{ч}$

D_b - количество воздуха для понижения БПК с L_a до L_t на 1 м^3 очищаемой сточной воды. Из формулы (3.3)

когда $d = 1$ то
$$D_6 = \frac{L_a - L_t}{KH_a} \quad (3.4)$$

когда $d = 0.5; L_t = 0$ то
$$D_6 = 2 \frac{L_a}{KH_a} \quad (3.5)$$

В условиях полной биологической очистки объем очищаемой воды определяется как

$$W = qt = SH_6; \quad (3.6)$$

S - площадь аэротенка.

Вводя понятие - интенсивность аэрации I , которая определяется

$$I = H_6 \frac{D}{t} \quad (3.7)$$

Продолжительность аэрации при $d=0,5$ можно определить по формуле

$$t = 2 \frac{L_a}{KI} m \quad (3.8)$$

Продолжительность аэрации в случае циркуляции активного ила определяется

$$t_o = \frac{L_a - L_t}{a(1 - F)p} \quad (3.9)$$

а- доза ила г/л;

F-зольность ила;

с- средняя скорость окисления загрязнений, мг БПК_{полн} на 1 г.беззольного вещества ила за 1 час.

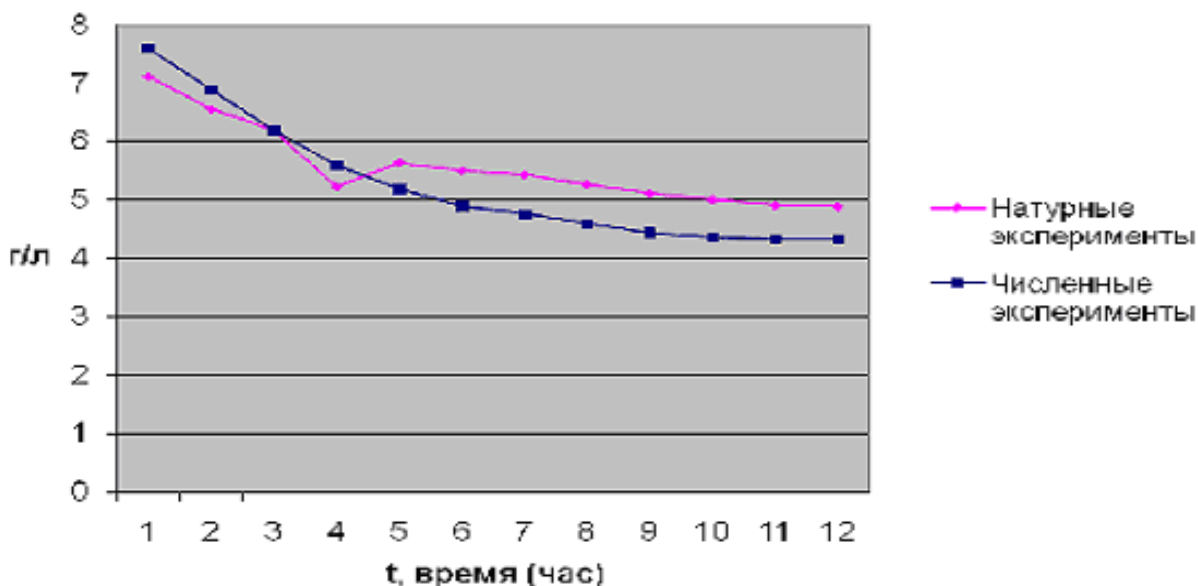


Рис.3.1 Изменение концентрации активного ила при $r=0,33$, отклонение результатов 3,8%

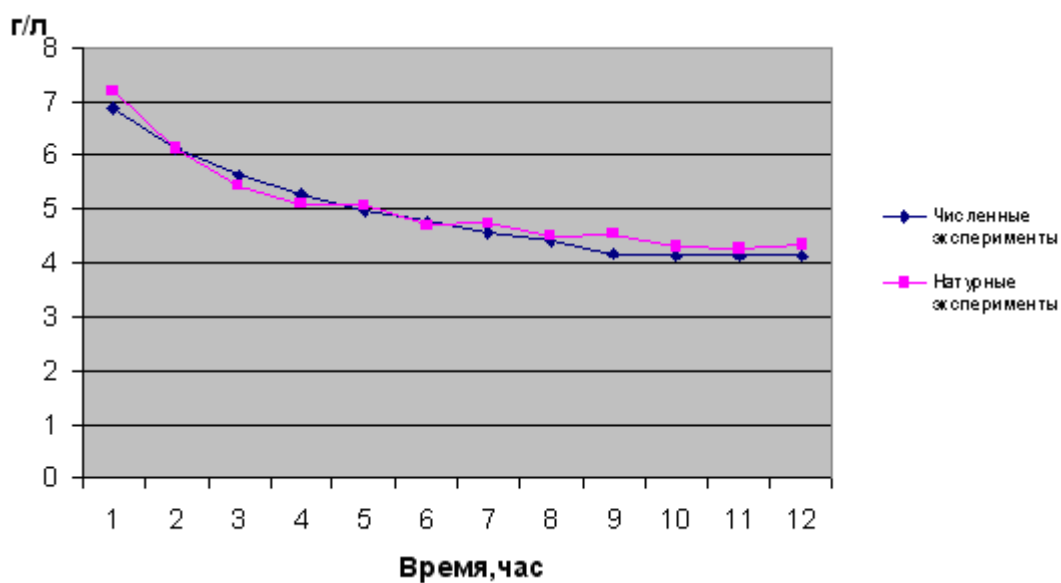


Рис.3.2 Изменение концентрации активного ила при $r=0,5$, отклонение результатов 2,5%

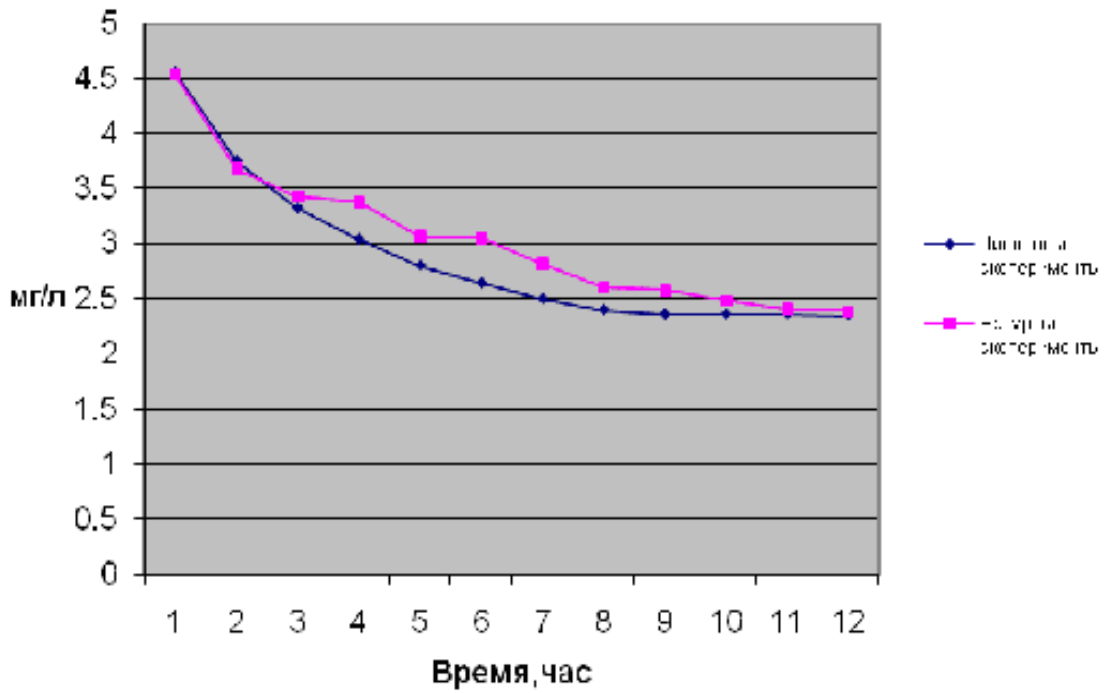


Рис.3.3 Изменение дефицита кислорода при $r=0,33$ отклонение результатов 5,3%

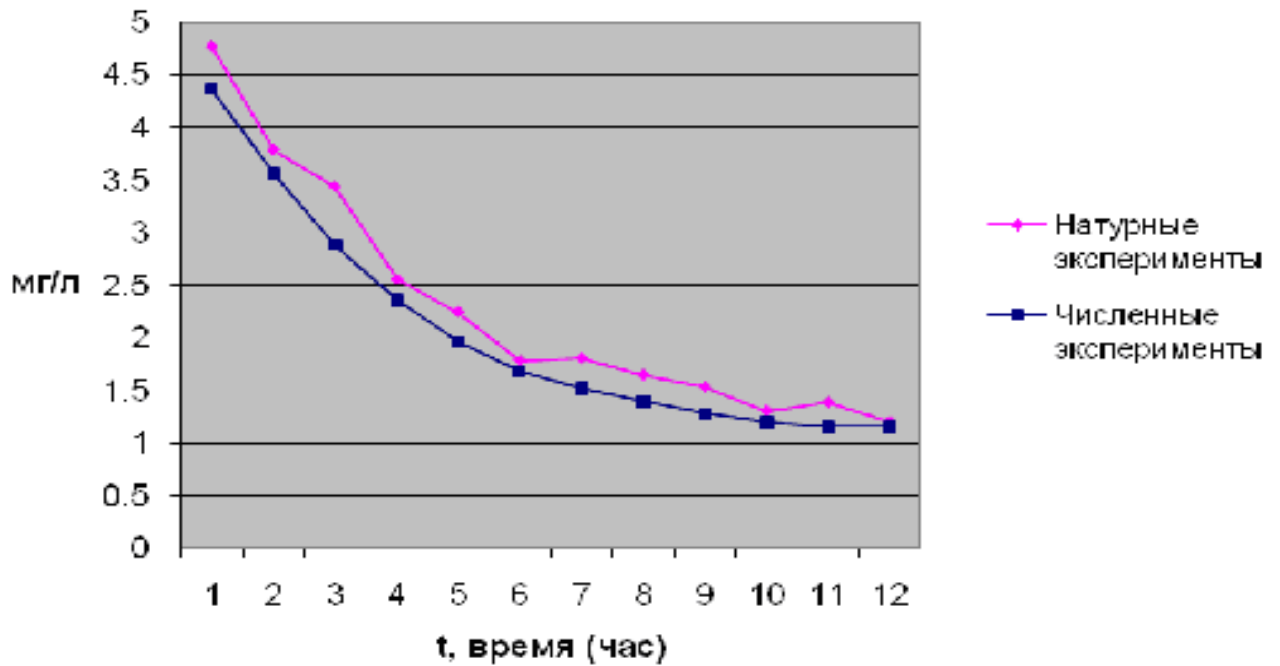


Рис.3.4 Изменение дефицита кислорода при $r=0,5$ отклонение результатов 5,7%

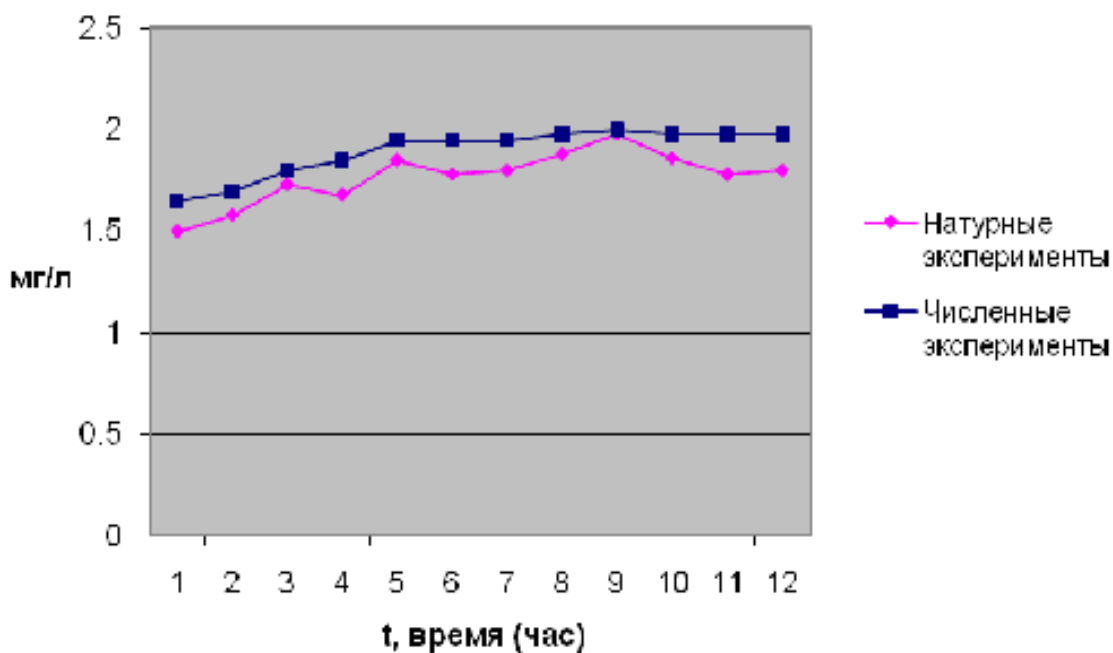


Рис.3.5. Изменение остаточного загрязнения при $r=0,33$, отклонение результатов 5,9%

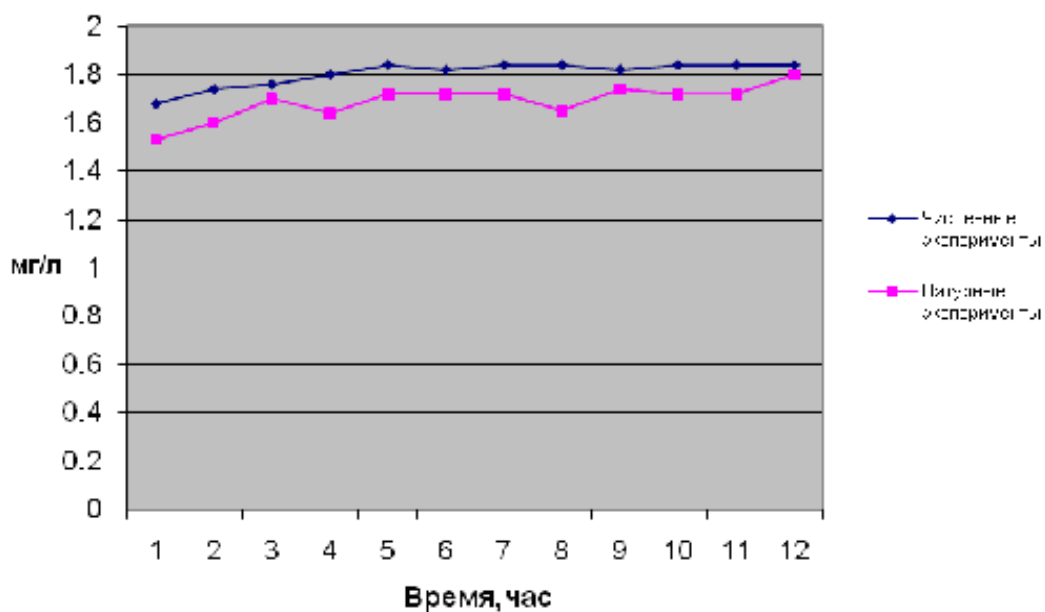


Рис.3.6. Изменение остаточного загрязнения при $r=0,5$, отклонение результатов 6.2%

По результатам численных расчетов построены графики (рис.3.1; рис.3.2; рис.3.3) изменения параметров биологической очистки сточных вод.

При построении кривых зависимостей использовали коэффициент рециркуляции активного ила $r=0,33$ и $r=0,5$.

Аппроксимация полученных кривых позволила получить аналитические выражения для расчета технологических параметров аэротенка.

Для коэффициента рециркуляции активного ила $r=0,33$ доза активного ила в различные моменты времени определяется по зависимости

$$a = 8 - \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \quad (3.9)$$

а при $r=0,5$

$$a = 8 - 1,3 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \quad (3.10)$$

Дефицит кислорода для проведения нормальной очистки определяется при $r=0,33$

$$d = 4,8 - 0,75 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \quad (3.11)$$

при $r=0,5$

$$d = 4,8 - 0,8 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \quad (3.12)$$

Остаточное загрязнение определяется

$$L_t = 10 + 0,2t \quad (3.13)$$

Результаты расчета параметров аэротенка приведены в таблице 3.1

Таким образом получены основные гидравлические параметры функционирования аэротенка, основного сооружения системы биологической очистки.

Таблица №3.1

Расчет основных параметров аэротенка при различных БПК сточной воды

БПК пол МГ/Л	$a_{aэп}$	$a_{рег}$	α	t_a час	t_0 час	L_a	L_t	$a_{ср}$	$t_{aэ}$ час	t_p	$\frac{W_a}{q}$	$\frac{W_p}{q}$	$\frac{W}{q}$	q л/с сточн · воды	W_a	W_p	t ча с	$Q_{и}$ (ила)
До 100	3	1.2	1.6	1.279	1.378	100	13	2.913	1.07 1	0.108	3.54	0.18 0	3.72	13.03 1	128.14 8	2.945	3.62	21.718 4
100 - 150	3. 4	1.9	1.773 9	1.440	2.121 7	150	13	2.950	1.65 4	0.6817	3.874	1.20 8	5.082	10.013 9	380.00 1	12.10 1	5.21	17.75 1
150 - 200	3. 7	1.8	1.789	1.542 6	2.897 0	200	13	2.991 3	1.61 9	1.3544	4.074 7	2.42 3	6.498	9.44	3840	22.83	6.72	6.888

<20 0	4. 9	1.8- 3	1.875	1.313 2	2.446 9	250	13	3.898 6	1.20 7	0.9337	4.018	1.75 0	5.768 7	8.358	33.38 2	20.25	6.1	21.68 9
Для АС	4. 5	1.5	1.5	1.4	2.261 5	200	13	3.749 7	1.04 1	0.0861 5	3.875	.2292 2	5.167 2	10.02 5	38.84	12.95 5	4.79	15.03 7

§ 3.2 Гидравлические модели процесса очистки сточных вод во вторичных отстойниках

Завершающим звеном в технологической цепочке очистки сточных вод являются вторичные отстойники. Основное требование, предъявляемое к ним - удаление ила из сточных вод после выполнения функции обеззараживания бактерий. При смешивании ила и сточной воды в аэротенке основное внимание было уделено повышению транспортирующей способности. Этот прием удавался за счет уменьшения массы частиц ила вследствие аэрации потока смеси. В дальнейшем, при трансформации потока смеси после аэротенка происходит слипание и укрупнение размеров частиц ила; по мере укрупнения размеров частиц уменьшается транспортирующая способность потока сточной воды. Но этот фактор может негативно отразиться на функционировании аэротенка и системе транспортировки сточной воды к специальным сооружениям – отстойникам, вместе с этим такое состояние потока благоприятно влияет на работу последнего. Для моделирования процесса транспортировки и осаждения частиц ила принимаем размеры частиц внутри потока сточной воды менее 0,01 мм. Создание благоприятных условий для осаждения твердых частиц в условиях их движения внутри потока во взвешенном состоянии представляет серьезную научную и практическую проблему. Традиционно используемые для очистки сточных вод вертикальные и радиальные отстойники сложны в эксплуатации и требуют дорогостоящего оборудования для их функционирования. А обычные и широко распространенные в гидромелиоративной практике горизонтальные отстойники не совсем приспособлены для использования в процессе очистки сточных вод. Вместе с этим теория функционирования, проектирование, строительство и эксплуатация отстойников гидромелиоративного назначения достаточно хорошо рассмотрены в литературных источниках. Используя известный опыт [38,87] проектирования отстойников, нами рассмотрена схема

горизонтального отстойника с непрерывной или периодической промывкой иловой смеси. Дно камеры горизонтального отстойника рассматривается с уклоном и без уклона - с горизонтальным дном. В случае использования схемы удаления ила по непрерывной технологии рекомендуется дно камеры отстойника с уклоном, обеспечивающее лучший отвод иловой смеси за счет силы тяжести ила и разности давлений по глубине потока. Промывную галерею, предназначенную для промывки отстойника удобно использовать как для удаления избыточного ила, так и для организации рециркуляции активного ила. Для циркуляции активного ила иловая смесь от промывной галереи подается в иловую насосную станцию, которая перекачивает последнюю в аэротенк.

В качестве новой модификации вторичного отстойника предлагается схема, которая показана на рис.3.4.

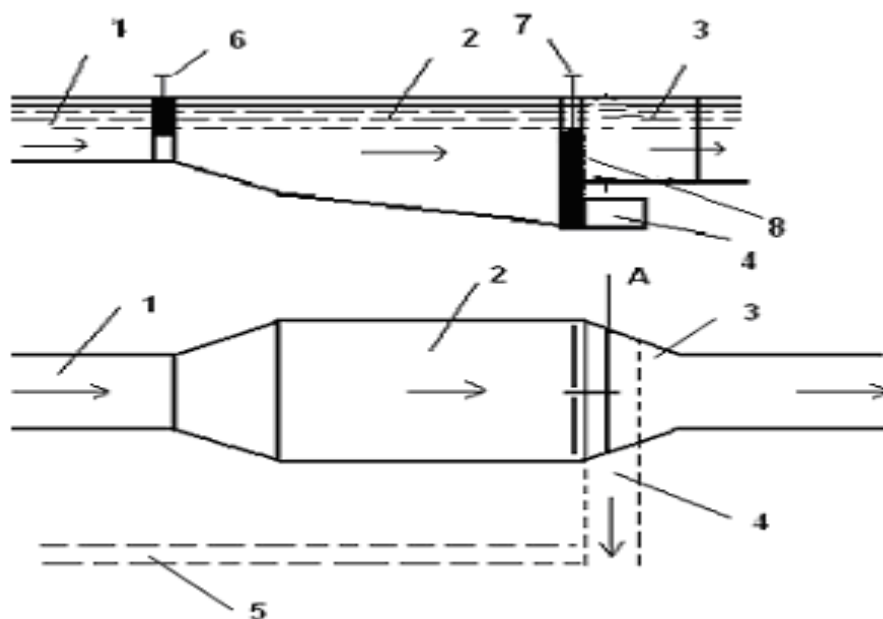


Рис.3.4. Горизонтальный вторичный отстойник

На рис.3.4: 1-приток сточной воды и иловой смеси; 2-камера отстойника; 3-отвод очищенной воды; 4-отвод ила; 5-циркуляционный ил; 6-

затвор для регулирования подачи сточной воды и иловой смеси; 7-затвор для регулирования сброса иловой смеси, с автоматическим водосливом-8.

Затвор-6 новой модификации вторичного отстойника регулирует подачу сточной воды в отстойник, водосливной порог регулирует отвод очищенной воды в водоемы или же площади орошения. Длина отстойника в зависимости от расхода воды ,согласно модели [4] определяется

$$X_{om} = \beta_i \cdot \ln\left(\frac{V_i}{V_0} \cdot \frac{S_x}{S_0}\right) \quad (3.14)$$

$$\beta_i = \frac{Q_{om}^2 H_{om}}{a_i (\varpi^3 - \varpi_0^3) i} \quad (3.15)$$

Где X_{om} – длина отстойника;

V_0 – скорость смеси воды и ила вначале отстойника;

V_i – скорость смеси воды и ила в отстойнике;

ϖ_0 – площадь поперечного сечения в начале отстойника;

ϖ – площадь поперечного сечения отстойника;

H_{om} -глубина отстойника;

i -уклон дна отстойника;

a_i -характеризует характеристики смеси потока воды и ила.

$$a_i = \frac{3(\rho_{ил} - \rho_в)}{2\rho_{ил}} \quad (3.16)$$

$\rho_{ил}$ - плотность ила;

$\rho_в$ _плотность воды;

S_0 -площадь поперечного сечения частицы ила в начале отстойника;

S - площадь поперечного сечения частицы ила в отстойнике.

Расчетная зависимость для определения подачи сточной воды в горизонтальный отстойник определяется по расчетной формуле затопленного истечения воды из-под затвора гидротехнического сооружения [88].

$$Q_{от} = \mu_0 \varpi \sqrt{2gZ_0} \quad (3.17)$$

где, $Q_{от}$ -пропускная способность щитового отверстия сточных вод ; μ_0 - коэффициент расхода отверстия $\mu_0=0,62$; ϖ -площадь отверстия для пропуска сточной воды; $g=9,81$ м /с² ; Z_0 - разность уровней воды перед затвором и камерой отстойника.

Водосливной порог рассчитывается как неподтопленный водослив с тонкой стенкой

$$Q_1 = m_{он} 2b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (3.18)$$

где Q_1 - пропускная способность водосливного порога; $m_{он}$ - коэффициент расхода $m_{он}=0,41$; b - ширина отверстия; H - напор над порогом водослива.

При расчете камеры отстойника возникает необходимость определения кинематики движущегося потока сточной воды и ила-траектории осаждения частиц ила и скорости их осаждения.

Скорость потока смеси в камере отстойника регулируется положением затвора - б, установленного на входной части отстойника. Рассмотрим случай, когда камера отстойника имеет небольшой уклон дна, а подача концентрации ила и воды осуществляется равномерно и постоянно во времени.

Тогда движение смеси вблизи отстойника и его камеры относится к параллельно-струйному движению двухфазного потока, с постоянной концентрацией фаз (рис.3.5).

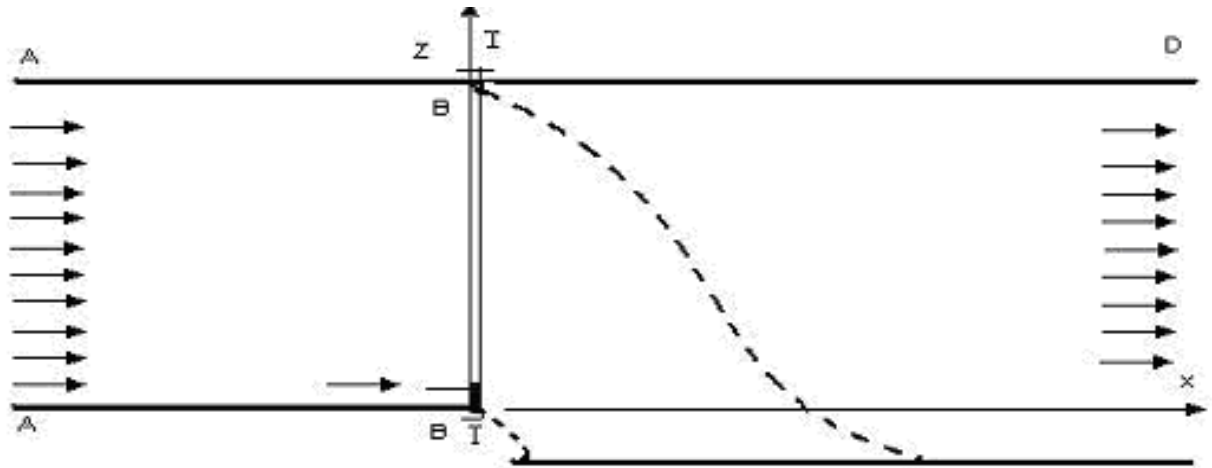


Рис.3.5.Схема функционирования вторичного отстойника

Вектор скорости частицы жидкости и ила \vec{V}_e , \vec{V}_r ,соответственно на поперечном сечении В-В_определяются равенствами:

$$(\vec{V}_e)_{BB} = f_1 \vec{V}_a \quad (3.19)$$

$$(\vec{V}_r)_{BB} = f_2 \vec{V}_a \quad (3.20)$$

где f_1 и f_2 - объемная концентрация воды и ила, где приняты условия $f_1=0,505$; $f_2=0,495$ и $f_1 + f_2=1$.

На начальном этапе движения двухфазной смеси вектор скорости будет иметь направление параллельное к свободной поверхности потока, а в соответствии с условиями равномерного движения он будет параллелен направлению дна камеры отстойника. Если дно вторичного отстойника имеет уклон, тогда начальное значение составляющих движения частиц ила определяется зависимостями:

$$U_H = f_2 V_A \cos \alpha \quad W_H = f_2 V_A \sin \alpha \quad (3.21)$$

W_H - вертикальная составляющая скорости движения частицы или скорости осаждения частицы ила; U_H - горизонтальная составляющая скорости движения частицы ила; V_A – модуль вектора скорости движения двухфазной смеси; α -угол наклона дна отстойника к горизонтальной оси.

Иловые частицы в равномерном взвесенесущем потоке в начальном процессе осаждения испытывают воздействие только силы тяжести и силы сопротивления воды, при этом закономерность изменения сопротивления соответствует квадратичной области сопротивления.

Используя теорему об изменении, количество движения для иловых частиц записываем

$$m \frac{dV_{ил}}{dt} = P_x - R_x \quad (3.22)$$

где P_x - горизонтальная сила тяжести иловых частиц с учетом силы Архимеда;

$$P_x = (\rho_{ил} - \rho_в) V_{ил} g \sin \alpha \quad (3.23)$$

$V_{ил}$ -объем иловой частицы, приведенный к форме шара;

α – угол наклона между направлением силы и горизонтальной плоскости.

R_x -сила сопротивления движению иловой частицы, которая определяется

$$R_x = C_2 \rho_в S V_0^2 \quad (3.24)$$

где C_2 -коэффициент гидродинамического сопротивления ила;

$$V_0 = (\vec{V}_в - \vec{V}_р) \quad (3.25)$$

С учетом принятых обозначений уравнение (3.22) приходим к уравнению, подобное ,которое приведено в[12,13]

$$C_2 \rho_{ил} \frac{d\vec{V}_р}{dt} = \rho S C_2 \left| \vec{V}_в - \vec{V}_р \right| (\vec{V}_в - \vec{V}_р) - C_3 \rho_в S g \vec{k} \quad (3.26)$$

$\vec{V}_р, \vec{V}_в$ – векторы скорости частиц ила и воды;

$C_3 = f_2 C_2$ также является коэффициентом сопротивления частиц ила в модели многофазной жидкой смеси;

Для частиц ила принято, что $C_2 = 0,8$ [12];

c_H –плотность ила; c_B –плотность воды ;

\vec{k} -базовый вектор, который показывает векторную особенность силы тяжести частиц ила;

$\rho d^2 C_3 \left| \vec{V}_B - \vec{V}_r \right| (\vec{V}_B - \vec{V}_r)$ - вектор силы сопротивления со стороны жидкости на частицы ила;

$C_2 \rho d^3 g \vec{k}$ -вектор силы тяжести частиц ила, направленный вертикально.

Начальными условиями для горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей движения частиц ила для решения уравнения (3.23) будут:

$$u_H|_{t=0} = f_2 V_A \cos \alpha \quad W_H|_{t=0} = -f_2 V_A \sin \alpha \quad (3.24)$$

Введя безразмерные параметры для скоростей движения и времени:

$$\left| \frac{\hat{V}}{V_A} \right| = \frac{\hat{V}_H}{V_A}, \quad t = \frac{V_A}{g} \tau \quad (3.25)$$

из основного уравнения движения частиц ила в камере отстойника (3.23) получим дифференциальную зависимость в виде

$$\frac{d\hat{V}_H}{d\tau} = \eta \sqrt{(U_B - U_H)^2 + (W_B - W_H)^2} (\hat{V}_B - \hat{V}_H) - \vec{k} \quad (3.26)$$

где $\eta = f_2 \frac{V_A^2}{\rho g d_H}$, принятое обозначение, а $\beta_{ni} = \frac{\rho_g}{\rho_r}$ - безразмерный параметр плотности; τ -приведенное время, определяемое из равенства(3.25).

Принимая во внимание (3.24), устанавливаем следующие начальные условия для решения уравнения (3.26):

$$U_H|_{\tau=0} = f_2 \cos \alpha, \quad W_H|_{\tau=0} = -f_2 \sin \alpha \quad (3.27)$$

Предположим, уклон дна незначительный, тогда в уравнении (3.24) квадратом вертикальной скорости пренебрегаем, также $U_B = const = 0.4 \frac{M}{c}$ в области отстойника, тогда решением уравнения (3.26) для граничных условий (3.27) будет

$$\left. \begin{aligned} \hat{U}_n(\tau) &= f_2 \cos \alpha + \frac{\eta \tau}{1 + \eta \tau} \\ \hat{W}_n(\tau) &= \frac{-f_2 \sin \alpha - \tau - \eta \frac{\tau^2}{2}}{1 + \eta \tau} \end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

Система уравнений (3.28) представляет аналитические выражения изменения во времени горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей движения частиц ила во вторичном отстойнике.

Для горизонтальных отстойников особое значение имеет установление траектории падения частиц ила. Она играет немаловажную роль в установлении длины камеры отстойника. Принимая во внимание :

$$\hat{U}_n(\tau) = \frac{d\hat{X}}{d\tau} \frac{1}{Fr}, \quad \hat{W}_n(\tau) = \frac{d\hat{Z}}{d\tau} \frac{1}{Fr} \quad (3.29)$$

где $Fr = \frac{W_A^2}{gH}$ - число Фруда, в данном случае характеризует отношение скорости движения смеси к отстойнику к относительной скорости движения смеси в отстойнике.

Используя число Фруда, записываем дифференциальное уравнение для траекторий движения частиц ила в отстойнике:

$$\frac{d\hat{x}_H(\tau)}{d\tau} = Fr \hat{U}_n(\tau), \quad \frac{d\hat{Z}_H}{d\tau} = Fr \hat{W}_n(\tau) \quad (3.30)$$

где $\hat{x}_n(\tau) = \frac{x_H(\tau)}{H}$, $\hat{Z}_H(\tau) = \frac{Z_H(\tau)}{H}$ -, безразмерные параметры, отношение координаты движения частицы к глубине потока в отстойнике.

Решением уравнения (3.30) при условиях

$$\hat{X}_H(0) = 0 \quad \hat{Z}_H = \hat{Z}_H(0) \quad (3.31)$$

будут:

$$\begin{aligned} \hat{x}_H &= Fr \left[f_2 \cos \alpha + \tau - \frac{1}{\eta} \ln(1 + \eta \tau) \right] \\ \hat{Z}_H &= Z_H(0) - Fr \left\{ \frac{\tau^2}{4} + \frac{\tau}{2\eta} - \frac{2\eta f_2 \sin \alpha - 1}{2\eta^2} \ln(1 + \eta \tau) \right\} \end{aligned} \quad (3.32)$$

Полученная система уравнений позволяет определять значения координат движения частиц ила в камере отстойника во времени. Таким образом, получили изменение скорости частиц наноса (3.28) и в безразмерной форме траекторию осаждения частиц (3.32) в отстойнике.

Таблица 3.2

Таблица изменения скорости движения частиц ила во времени в камере отстойника

t,с	U_H	$U_B * U_H$ м/с	W_H	$U_B * W_H$ м/с
0,1	0,3938	0,1575	-0,0863	-0,03452
0,2	0,755	0,302	-0,15	-0,06
0,3	0,9335	0,3734	-0,1961	-0,07844
0,4	1,1716	0,4686	-0,2285	-0,0914
0,5	1,505	0,602	-0,25	-0,1
0,6	2,005	0,802	-0,2625	-0,105
0,65	2,8383	1,135	-0,2676	-0,107
0,68	2,3621	0,94484	-0,2659	-0,10636
0,7	2,63	1,052	-0,2671	-0,10684

Таблица для расчета траектории движения частиц ила в камере отстойника Таблица 3.3

$\bar{z}(0) = 0$	τ	t	$\frac{\tau}{2}$	$\ln(1 + \tau)$	1.505τ	$\ln(1 + \tau) + 1.505\tau$	$\frac{\tau^2}{4} + \frac{\tau}{2}$	$f(\tau)$	\hat{x}_H	\hat{z}_H	$x(t) = \hat{x}_H$ H	$z = \hat{z}_H$ H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	10	0,1632	5	2,40	15,05	17,488	30	27,6	0,0712	-0,1126	0,0712	0,1126
0	13	0,212	6,5	2,639	19,565	22,704	39,11	36,471	0,0906	-0,161	0,0906	-0,161
0	13,4	0,2187	6,7	2,6672	20,167	22,834	51,99	48,9228	0,0932	-0,1936	0,0932	0,1936
0	13,5	0,22	6,75	2,6742	20,3175	29,00	52,31	49,6383	0,0938	-0,2025	0,0938	-0,2025
0	14	0,223	7	2,708	21,07	21,07	56	52,292	0,0976	-0,217	0,0976	-0,217
0	15	0,244	7,5	2,772	22,575	25,8	59,02	56,25	0,105	-0,2295	0,105	-0,2295
0	20	0,3264	10	3,0445	3,01	33,144	110	106,19	0,135	-0,436	0,135	-0,436
0,2	10	0,1632	5	2,4	15,05	17,448			0,0712	0,0874	0,0712	0,0874
0,2	15	0,2448	7,5	2,772	22,375	25,8	59,02	56,25	0,105	-0,139	0,105	0,105
0,2	18	0,2938	9	2,944	27,09	30,034	90	87,0556	0,1255	-0,155	0,1255	-0,155
0,2	19	0,31	9,5	2,9957	28,595	31,53	99,75	97,7542	0,1288	-0,1947	0,1288	-0,1947
0,2	19,1	0,3106	9,55	3,0007	28,745	31,743	100,85 ⁷¹	97,83	0,1293	-0,199	0,129	-0,199

Продолжение таблицы 3.3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,2	20	0,3264	10	3,0443	30,1	33,144	110	106,95	0,135	-0,236	0,135	-0,236
0,4	10	0,1632	5						0,0712	+0,261	0,0712	+0,261
0,4	20	0,3264	10					106,19	0,135	-0,0236	0,135	-0,0236
0,4	34	0,555	17	5,5553	51,17	54,725	306	302,44	0,2233	-0,233	0,2233	-0,233
1,0	30	0,4896	15	3,4349	45,15	48,584	240	236,56	0,198	-0,035	0,198	-0,035
1,0	32	0,522	16	3,4657	48,6	51,625	272	268,53	0,2106	-0,098	0,2106	-0,098
1,0	33	0,539	16,5	3,5263	49,665	53,1913	288,75	285,22	0,217	-0,1637	0,217	-0,1637
1,0	33,5 5	0,547	16,77 5	3,5424	50,492 7	54,035	298,175	294,63	0,2204	-0,0202	0,2204	-0,0202
1,0	33,6	0,5483	16,8	3,5438	50,568	54,2238	299,04	295,48	0,2212	-0,0205	0,2212	-0,0205
1,0	35	0,5712	17,5	3,5835	52,675	56,258	323,75	320,046	0,2295	-0,304	0,2295	0,2295

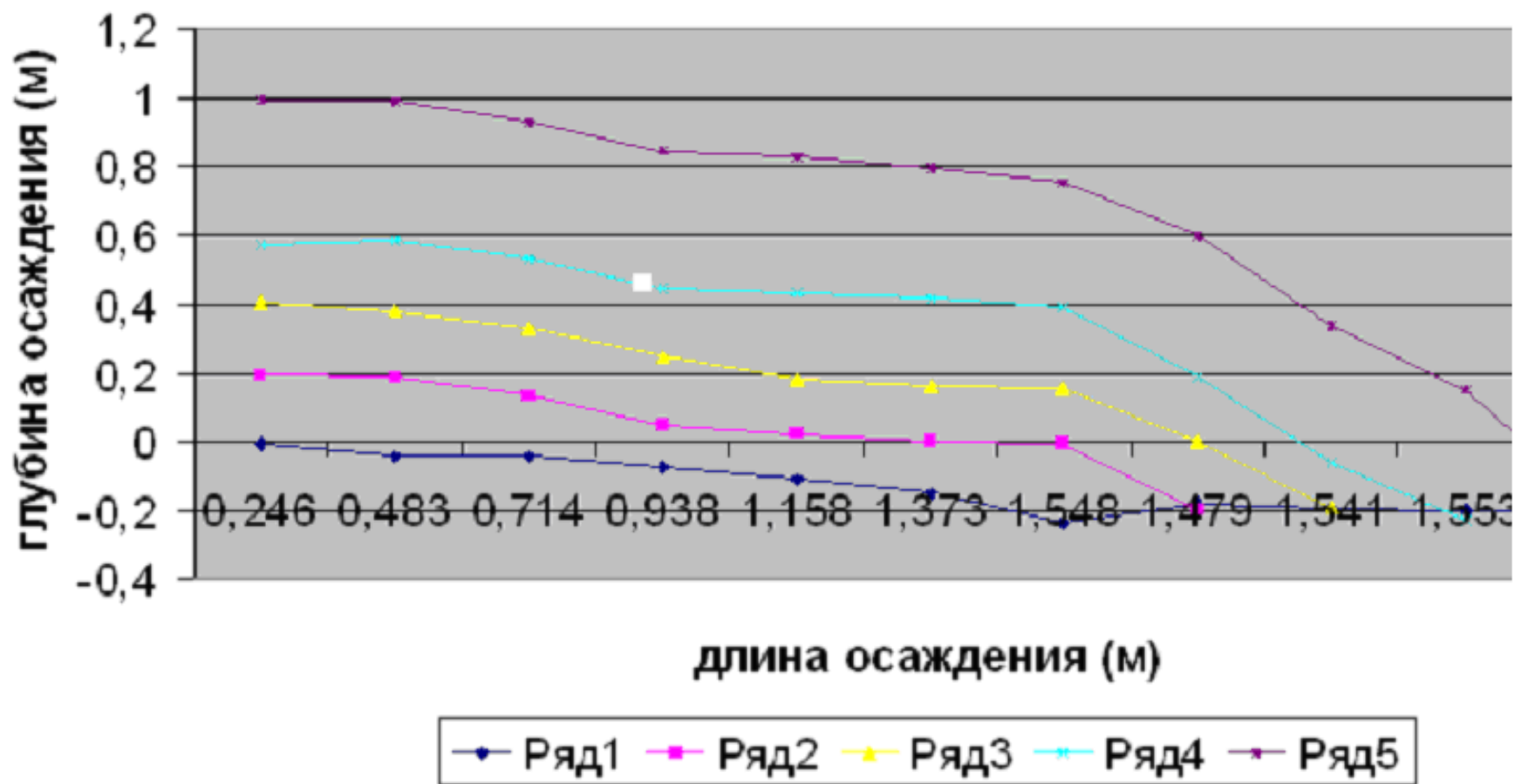


Рис.3.6.График траектории осаднения частиц

Выводы по главе 3

1. По результатам численных расчетов получены аналитические выражения для расчета технологических параметров аэротенка. Для коэффициента рециркуляции активного ила $r=0,33$ доза активного ила в различные моменты времени определяется по зависимости

$a = 8 - \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$ при этом дефицит кислорода для проведения нормальной очистки определяется,

$d = 4,8 - 0,75 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$ и остаточное загрязнение определяется как: $L_t = 10 + 0,2t$.

А для $r=0,5$: $a = 8 - 1,3 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$

и $d = 4,8 - 0,8 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$

2. Разработана математическая модель движения ила во вторичном отстойнике и предложена новая конструкция вторичного отстойника для удаления ила из сточных вод после биологической очистки.

3. На основе разработанной модели получены аналитические выражения скорости движения и осадения ила на дно камеры отстойника.

4. Используя зависимости для числа Фруда и выражения для скоростей движения твердых частиц, получена система уравнений в безразмерных параметрах для вычисления координат движения частиц ила в отстойнике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении диссертации подведены итоги исследования, сформулированы основные выводы и предложены практические рекомендации по совершенствованию системы биологической очистки бытовых сточных вод. Положения и выводы, содержащиеся в диссертации, опираются на результаты исследований в области гидравлики, инженерной гидрологии и инженерных разработок.

1. В составе формирующихся на территории Узбекистана 827 млн.м³/год сточных вод наряду с механическими и химическими компонентами загрязнения имеются и органические вещества. При этом органические вещества в бытовых сточных водах преобладают над другими компонентами загрязнения. Из-за старения оборудования, нехватки химических реагентов и, в основном, из-за несовершенства технологии большое количество органических веществ попадает в водные источники, что наносит серьезную угрозу здоровью населения и окружающей среде. В диссертации - данные о системах очистки сточных вод, включая информацию о аэротенках. Уточнены особенности функционирования аэротенков, биофильтров и вторичных отстойников для очистки бытовых стоков.

2. Численные эксперименты с использованием дифференциального уравнения по изменению элементарного объема ΔV за время Δt , с учетом диффузионного переноса позволили получить следующие зависимости для расчета параметров аэротенка.

3. Используя дифференциальное уравнение, описывающее процесс движения смеси ила и воды во вторичном отстойнике, получена система уравнений, которая представляет аналитические выражения изменений во времени горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей движения частиц ила во вторичном отстойнике.

4. Используя число Фруда и дифференциальное уравнение, описывающее процесс движения смеси ила и воды во вторичном отстойнике, получены

аналитические зависимости для вычисления координат движущихся частиц в камере отстойника.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для совершенствования функционирования работы аэротенка рекомендуется следующие зависимости для расчета его параметров:

1. Для коэффициента рециркуляции активного ила $r=0,33$ доза активного ила в различные моменты времени определяется по зависимости

$$a = 8 - \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$$
 при этом дефицит кислорода для проведения нормальной очистки определяется

$$d = 4,8 - 0,75 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$$
 и остаточное загрязнение определяется как: $L_t = 10 + 0,2 t$.

А для $r=0,5$:
$$a = 8 - 1,3 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$$

и
$$d = 4,8 - 0,8 \ln(t + \sqrt{t^2 + 1})$$

2. Для повышения эффективности удаления ила после биологической очистки сточных вод предлагается новая конструкция вторичного отстойника. Затвор новой модификации вторичного отстойника на входе регулирует подачу сточной воды в отстойник, водосливной порог регулирует отвод очищенной воды в водоемы или же на площади орошения. В зависимости от вариантов использования очищенной воды выбираются длина камеры отстойника и высота водосливного порога.

3. Для повышения эффективности биологической очистки биофильтрами предлагается вращательный вариант биофильтра, при этом вращение активных элементов биофильтра осуществляется кинетической энергией, поступающей в систему очистки сточных воды.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах.Л.:Гидрометеиздат,1981.-240с.
- 2 Андреева М.М. Исследование работы ирригационных отстойников численным методом: Автореф.дисс.канд.техн.наук.-М.,1983.-17с.
- 3 Арифжанов А.М., Худайкулов С.И.,Латипов К.Ш. Кинематические характеристики взвешенного потока в открытых руслах. Естественные и технические науки №3,2004 ISSN,1684 -2626 с150-152.
- 4 Арифжанов А.М. Экологик жарёнларни моделлаштириш. Ташкент, 2008, 105 б.
- 5 Арыкова А.И.,Маркус Е.С. Отстойники с входным порогом. Алмата 1982,82 с.
- 6 ARCREVIEWW Современные геоинформационные технологии ESRI 2006 №3 [38] p 24
- 7 Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука,1977. 355с.
- 8 Беккер А.А.,Агаев Т.Б.Охрана и контроль загрязнения природной среды- Гидрометеиздат,1989-288с.
- 9 Брежнев А.И., Гинзбург Л.Р., Полуэктов Р.А., Швытов И.А. Математические модели биологических сообществ и задачи управления –В кн.: Математическое моделирование в биологии . М.: Наука , 1975, с. 92-112 .
- 10 Буриев Э.С., Чурсина И.Я. Республика шахарларида ичимлик сувларидан фойдаланиш Актуальные вопросы стройматериалов и особенности проектировании систем управления строительством. Сб. науч. тр. ТАСИ 1992,с17-18
- 11 Буриев Э.С. . Горизонтальный вторичный отстойник для очистки бытовых сточных вод «Узбекистон Аграр фани хабарномаси» Тошкент 2007 22-25 б

- 12 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Оптимальная технологическая схема биологической очистки сточных вод активным илом. Микробиологическая промышленность, 1976, №8, с 16-18
- 13 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическая модель процесса биологической очистки на хлопьях активного ила. ДАН СССР, 1977, 233, №5.
- 14 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Обоснование применимости формулы Моно для процессов биологической очистки в системе с активным илом. ДАН СССР, 1977, 233, №5.
- 15 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Метод расчета минимального объема системы аэротенк-регенератор активного ила. Водные ресурсы, 1978, №2, с 17-19 Яковлев С.Н. «Очистка производственных сточных вод». М. Стройиздат, 1979, -289с.
- 16 Веселов Ю.С., Лавров И.С., Рукобратский Н.И. Водоочистные оборудование. Конструирование и использование - Л.: Машиностроение, 1985. -232с.
- 17 Водоснабжение 2000/2001: Насосы и установки для водоснабжения. WILLO. Б.м. 2000. 96 с.
- 18 ВНИИ ВОДГЕО (Ф.А.Шевелев) Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентного движения в трубах. М. Госстройиздат, 1953. с 54-67
- 19 Вода питьевая: Гигиенические требования и контроль качества - РСТ 950:2000, Государственный стандарт Узбекистана, Ташкент, 2000.
- 20 Вредные вещества в промышленности. -Л., Химия, 1977, 2, -608с
- 21 Гаврилко В.М. Фильтры с водоприемной поверхностью из сеток и тканей М.: Госкомгеология 1952, 29с.
- 22 Гигиенические и санитарно-технические требования к источникам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, САНПиН №0025-94, Ташкент, 1994.

- 23 Гидравлическое моделирование Перевод с английского Яскина Л.А. под ред. Проф. Григоряна С.С. М.: «Мир» 1984 с.244-277
- 24 Гюнтер Л.И., Зезюлин Д.М., Ленский Б.П., Юдина Л.Ю. Очистка городских сточных вод в аэротенках -смесителях . Водоснабжение и сантехника. 1967, №8 с.24-26.
- 25 .Гюнтер Л.И., Запрудский Б.С. К выбору математической модели процесса биохимической очистки сточных . Микробиологическая промышленность, 1971, №5. с19-21
- 26 Евилевич М.А., Брагинский Л.Н. Оптимизация биохимической очистки сточных вод.Л.: Стройиздат,1979. 159с.
- 27 .Егоров А. И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. М.Стройиздат.1984-с85
- 28 Жуков В.Н., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод: Справочное пособие.: М.: Стройиздат,1977. 204с
- 29 Журба М.Г. Очистка вод на зернистых фильтрах. Львов: Изд-во Львовского университета, 1980.199 с
- 30 .Закон Республики Узбекистан «О государственном санитарном надзоре», Ташкент- 1992 год.
- 31 Запрудский Б.С. ,Гюнтер Л.И. Оптимальный расчет многоступенчатых аэротенков. Микробиологическая промышленность, 1973.№3, с14-16
- 32 Затонская В.М., Лобанов Ф.И., Макаров Н.В. «Некоторые аспекты проблемы загрязнения окружающей среды и внутренней среды свинцом». Успехи химии, 1981,2,№4,С.693-714.
- 33 Зокиров У.Т. Окава сувларни оқизиш. Т.2000,77с
- 34 .Зокиров У.Т. Окава сувларни тозалаш. Т.2003,153с.
- 35 Зокиров У.Т.,Буриев Э.С. Сув таъминоти ва окава сув тизимларининг асослари Т.2004,200с.