

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

(наименование института полностью)  
Центр **Центр инженерного оборудования**  
(наименование)  
**08.04.01 Строительство**  
(код и наименование направления подготовки)  
**Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий**  
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему **Оптимизация работы комплекса канализационных очистных  
сооружений г.о.Тольятти**

Обучающийся **А.Л. Колеван**  
(инициалы Фамилия) (личная подпись)  
Научный **канд. техн. наук, доцент, М.Н. Кучеренко**  
руководитель (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Оценка состояния сточных вод и основные методы реализации очистки .....	7
1.1 Сточные воды и их классификация.....	7
1.2 Основные методы очистки сточных вод .....	9
1.2.1 Механические методы очистки сточных вод .....	12
1.2.2 Химические методы очистки сточных вод .....	16
1.2.3 Физико-химические методы очистки сточных вод.....	18
1.2.4 Электрохимические методы .....	22
1.2.5 Биологические методы очистки сточных вод.....	22
1.3 Схема водоотведения городского округа Тольятти .....	27
Глава 2 Схемы очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» .....	30
2.1 Характеристика предприятия .....	30
2.2 Технологическая схема очистки сточных вод .....	31
2.3 Оценка эффективности работы очистных сооружений ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» .....	48
Глава 3 Оптимизация работы очистных сооружений .....	53
3.1 Поверочный расчет количества загрязнений .....	53
3.2 Поверочный расчет решеток.....	55
3.3 Поверочный расчет песколовков .....	57
3.4 Поверочный расчет первичных радиальных отстойников .....	59
3.5 Поверочный расчет аэротенков .....	60
3.6 Поверочный расчет вторичных отстойников.....	65
3.7 Анализ качества очистки сточных вод .....	67
Заключение .....	70
Список использованных источников .....	71

## Введение

Актуальность работы. Вода является важнейшим ресурсом для многих отраслей промышленности и служит источником жизни для всех живых существ.

Очистка сточных вод является одной из важнейших задач, решение которой влияет на качество жизни населения. Поступление неочищенных сточных вод в природу приводит к загрязнению рек и озер, ухудшению экологической ситуации на земле в целом. В результате экономического роста, увеличения объемов и темпов производства, развития сельского хозяйства, роста городов, населенных пунктов происходит увеличение поступлений отходов производства и жизнедеятельности человека в окружающую среду.

Промышленные и бытовые стоки в своем составе содержат различные органические, минеральные, биологические и бактериальные загрязнения, которые являются опасными источниками загрязнения.

В настоящее время задача по очистке, обработке сточных вод с целью удаления из них вредных веществ – это комплексная проблема, требующая во многих случаях разных подходов. Исходя из состава загрязняющих стоков, подбирается определенная технологическая схема очистки сточных вод.

Поступление загрязненных вод в природу может привести к катастрофическим последствиям, таким как снижение продуктивности водоемов, массовое падение популяции рыб, накопление токсинов, цветение водоемов, появление губительных последствий для человечества в целом (рисунок 1).

Проблема чистой воды является одной из стратегических задач по безопасности человечества.

«Надежность, экологическая безопасность, энергосбережение – это основные требования, которые предъявляются к современным системам

водоотведения» [29].



Рисунок 1 – Загрязнение водоемов

Исследование причин недостаточного очищения сточных вод и определение наиболее эффективных технологических решений по очистке сточных вод от различных загрязнений и примесей является целью работы.

**Объект исследования:** канализационные очистные сооружения ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» (далее ООО «АВК»).

**Предмет исследования:** эффективность работы очистных сооружений предприятия ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ».

**Цель работы:** проанализировать методы очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ», рассмотреть комплекс мероприятий по оптимизации, реконструкции существующих канализационных очистных сооружений, с целью повышения производительности функционирования очистных сооружений, снижения концентраций загрязняющих веществ в стоках и достижение степени очистки до предельно допустимых концентраций (ПДК).

Для реализации поставленной цели поставлены следующие научно-технические задачи:

1. Рассмотреть методы очистки сточных вод.

2. Произвести анализ существующих канализационных очистных сооружений городского округа Тольятти.

3. Рассмотреть методы очистки сточных вод применяемые на очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД- ВОДОКАНАЛ»;

4. Дать практические рекомендации по оптимизации работы очистных сооружений канализации, модернизации оборудования.

**Методологической основой** работы является комплексный подход.

Методы, применяемые в работе:

– теоретические методы, основанные на анализе научно-методической литературы;

– практические методы, основанные на выполнении расчетов.

**Научная новизна** работы заключается в обосновании необходимости реконструкции существующих очистных сооружений, замены изношенного, морально устаревшего технологического оборудования, усовершенствования технологий очистки сточных вод на ООО «АВК».

**Практическая значимость** работы заключается в том, что рекомендуемые решения по модернизации оборудования и сооружений очистных сооружений позволят добиться качества очистки сточных вод.

**Апробация работы.** Основные положения опубликованы в работе автора:

1. Колеван А.Л. Модернизация канализационных очистных сооружений// Студенческие Дни науки в ТГУ – 2022: научно-практическая конференция: сборник студенческих работ – Тольятти. 2022.

**Личный вклад автора** состоит в раскрытии темы, поставленных задач и разработке рекомендаций по реконструкции очистных сооружений канализации для предприятия ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ», с целью улучшения степени очистки сточных вод.

**Структура и объем диссертации.**

Диссертация содержит: введение, 3 главы, заключение, практические рекомендации по реконструкции очистных сооружений, библиографию из 57

наименований. Объем работы: 76 страниц машинописного текста, 20 рисунков и 7 таблиц.

# **Глава 1 Оценка состояния сточных вод и основные методы реализации очистки**

## **1.1 Сточные воды и их классификация**

Сточными водами называют воды, которые сбрасывают в водоемы с промышленных территорий и населенных пунктов посредством системы канализации или самотеком.

Сточные воды по происхождению делятся на 3 класса: хозяйственно-бытовые, производственные и атмосферные (поверхностные).

### **Хозяйственно-бытовые сточные воды:**

Хозяйственные и бытовые сточные воды образуются в результате ежедневной жизнедеятельности человека.

Сточные воды бытового характера содержат отработанную воду после туалетов, стирки, приготовления еды, уборки. В ней содержатся загрязнители бытового характера: фекалии, бумага, моющие, чистящие средства и другие.

Бытовые сточные воды, поступающие из туалетов, уборных – (фекальные), содержат самое большое количество крупных фракций: экскременты, туалетная бумага, остатки пищи. В их составе присутствуют химические вещества – фосфор, азот, биологические и бактериальные загрязнения (патогенные бактерии, вирусы),

Бытовые сточные воды, поступающие от ванн, моек, раковин, бань, прачечных, душевых комнат - (хозяйственные). В их составе присутствуют химические вещества, поверхностно-активные вещества (ПАВ).

В состав хозяйственно-бытовых стоков входят органические, минеральные, биологические и бактериальные загрязнения.

Хозяйственно-бытовые сточные воды классифицируются по нескольким показателям:

- органические вещества биологического происхождения и продукты их распада (показатели БПК, ХПК, азота аммонийного, нитритов, нитратов, фосфатов);
- мутность воды (содержание взвешенных веществ);
- ПАВ;
- минеральные вещества (сульфаты, хлориды, частично железо, жёсткость, рН-фактор).

### **Промышленные (производственные) сточные воды:**

Производственные сточные воды образуются после применения воды в различных технологических процессах производства промышленных предприятий. Все это сказывается на составе производственных стоков, на содержании и концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод и на прямую зависит от характера и режима технологического процесса. Все промышленные сточные воды по степени загрязнения делятся:

- условно чистые воды – это вода, которая не требует очистки при сбросе в водоемы (воды, поступающие с ТЭЦ, промывные воды из теплообменников, продувки циркуляционных систем);
- нормативно очищенные воды – это вода, которая прошла очистку и в ней снижены показатели загрязняющих веществ до ПДК, сброс которой не приводит к изменению качества воды в водоеме;
- загрязненные воды – это вода, в которой концентрация загрязняющих веществ, с превышающими ПДК, сбрасываемая без очистки, либо недостаточно очищенная в расчете на процессы разбавления и самоочищения в водном объекте. Производственные стоки для водных объектов представляют серьезную угрозу.

Различные загрязнения содержащиеся в составе производственных сточных вод требует применения разных методов очистки.

### **Атмосферные (поверхностные) сточные воды:**

Атмосферные сточные воды образуются в результате ливней, дождей, таяния снега. Система ливневой канализации отводит дождевые и



талые воды, предварительно освободив их от загрязнений в очистных сооружениях.

Загрязнения сточных вод по своему характеру, составу подразделяются на органические, минеральные, биологические.

Органические загрязнения представляют собой различные примеси растительного и животного происхождения.

Минеральные загрязнения представляют собой загрязнения, которые содержат частицы кварцевого песка, глины, щелочей и т.д.

Биологические (бактериальные) загрязнения представляют собой общность различных микроорганизмов. Биологические загрязнения в своем составе содержат бактерии, дрожжевые и плесневые грибки.

Очистные сооружения канализации необходимы для отвода хозяйственно-бытовых, промышленных и поверхностных сточных вод. Эффективная, отлаженная работа очистных сооружений позволит добиться качественной очистки загрязненных стоков, минимизации негативного воздействия стоков промышленных предприятий на водные ресурсы. С этой целью необходимо осуществлять мероприятия направленные на повышение эффективности работы очистных сооружений по очистке сточных вод.

На сегодняшний день очистка сточных вод является одной из приоритетных, первоочередных задач, решение которой требует проведение тщательного изучения, исследования, анализа сточных вод, грамотного подбора технологической схемы очистки, тщательного контроля после очистки.

## **1.2 Основные методы очистки сточных вод**

Очистка городских стоков от загрязнений осуществляется на очистных сооружениях. Каждый комплекс очистных сооружений оснащен специальными сооружениями, оборудованием предназначенными для очистки и обеззараживания поступающих сточных вод. Вся деятельность очистных комплексов направлена на снижение концентраций загрязняющих

веществ в поступающих на очистку стоках и достижение степени очистки сточной воды до предельно допустимых концентраций (ПДК) для осуществления сброса в водный бассейн. Все это производство представляет собой очень сложный, трудоемкий процесс. Для каждого очистного комплекса (централизованной системы водоотведения, собственных очистных сооружений промышленных предприятий), с целью обеспечения предъявляемых требований для сброса в водоемы, а также с целью улучшения экологической обстановки принимаются конкретные технологические решения, утверждаются схемы очистки.

Очистные комплексы включают:

- сооружения механической очистки (приемные камеры, здание механической очистки, песколовки, первичные отстойники). На данных сооружениях происходит удаление механических примесей;

- сооружения биологической очистки (аэротенки, вторичные отстойники).

На данных сооружениях происходит удаление органических веществ;

- сооружения доочистки (узлы доочистки на основе фильтров). На данных сооружениях происходит снижение концентрации органических соединений;

- вспомогательные технологические сооружения (насосные станции, воздухоподводящие станции и др.);

- сооружения по обеззараживанию стоков (станции ультрафиолетового облучения);

- сооружения по обработке осадков (метантенки, илоуплотнители и др.).

Выбор метода очистки сточных вод определяется исходя из требований предъявляемых к степени очистки воды, видов и концентраций загрязнений веществ.

«Классификация методов очистки сточных вод (рисунок 2):

- механические,
- химические,

- физико-химические,
- биологические» [15],
- комбинированный, при использовании выше перечисленных методов вместе.



Рисунок 2 – Схема классификации способов очистки сточных вод

Выбор очистных сооружений, технологических схем очистки определяется на основании следующих показателей: состав сточных вод, предъявляемые требования для сброса в водоем, для использования очищенных стоков в производстве.

На очистных комплексах для очистки сточных вод от различных примесей применяются следующие методы: механический, химический,

физико-химический, биохимический, термический. В зависимости от извлеченных в процессе очистки веществ, все методы можно разделить на рекуперационные и деструктивные. При извлечении ценных веществ из сточных вод проводится рекуперационный метод, для разрушения загрязняющих веществ из состава сточных вод проводится деструктивный метод.

### **1.2.1 Механические методы очистки сточных вод**

«Сущность механического метода заключается в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, уловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения (масляные, нефтяные) – улавливаются маслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60–75%, а из промышленных – до 95% нерастворимых примесей, многие из которых используются в производстве как ценное сырье» [16].

К основным способам механического удаления взвешенных веществ относятся следующие процессы: отстаивание, процеживание, фильтрование.

Выбор метода определяется на основании следующих исходных данных: размера, физико-химических свойств, концентрации загрязняющих частиц, а также от требуемой степени очистки воды.

1. «Процеживание – первичная стадия обработки сточных вод для извлечения из них крупных нерастворимых примесей, а также более мелких волокнистых фракций, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Для этого сточные воды пропускают через решетки и волокнуловители, которые устанавливаются перед отстойниками» [13].

Применяемые при процеживании решетки должны иметь прозоры не более 16 мм (рисунок 3). Рекомендуется использовать решетки с прозорами

не более 10 мм. Конструктивно решетки подразделяются на: неподвижные, подвижные, решетки-дробилки и устанавливаются перед песколовками.



Рисунок 3 – Механизированные решетки

2. «Отстаивание – удаление из сточных взвешенных веществ, которые под действием гравитационных сил оседают на дно отстойника, а под воздействием выталкивающих сил всплывают на его поверхность. Очистку сточных вод отстаиванием осуществляют в песколовках, отстойниках, осветлителях и нефтеуловителях» [13].

Существуют следующие конструкции песколовков (рисунок 4):

- горизонтальные с прямолинейным движением,
- с вертикально-поступательным (винтовым) движением,
- тангенциальные,
- аэрируемые.



Рисунок 4 – песколовки (слева-направо – горизонтальные, с вертикально-поступательным (винтовым) движением, тангенциальные)

Для предварительного осветления сточной воды применяются первичные отстойники.

Для отделения биомассы (активного ила или биопленки) после биологической очистки сточных вод применяются вторичные отстойники.

Примеры отстойников представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Отстойники сточных вод

В механических устройствах поддерживается медленная скорость движения стоков, что способствует процессу оседания частиц. С целью повышения результативности оседания частиц и эффективности осветления (отстаивания) сточных вод на очистных комплексах применяют различные реагенты: коагулянты, флокулянты, которые содействуют формированию крупных примесей.

«Отстойные сооружения, используемые на очистных сооружениях, классифицируются:

- по характеру работы: периодического действия (контактные) и непрерывного действия (проточные).

- по технологической роли: первичные отстойники, вторичные отстойники, третичные отстойники, илоуплотнители, осадкоуплотнители.

- по направлению движения потока воды: вертикальные, горизонтальные, радиальные и наклонные тонкослойные.

- по способу выгрузки осадка: сооружения со скребковыми механизмами, илососами и гидросмывом» [53].

3. Фильтрация – данный метод используется для извлечения из раствора нерастворимых примесей и коллоидных соединений. Осуществляется при помощи перегородок, пропускающих жидкость и задерживающих дисперсную фазу. Фильтрация (очистка вод от мелкодиспергированных частиц), происходит при помощи зернистых фильтров аэрируемых и каркасно-засыпных фильтров. Фильтры применяются для доочистки сточных вод.

Конструктивно фильтры различают:

- фильтры с нисходящим (сверху-вниз) потоком:
- с восходящим (снизу-вверх) потоком.

«В аэрируемом зернистом фильтре в процессе фильтрации вводится и распределяется в толще загрузки сжатый воздух или кислород, что способствует интенсификации биохимического процесса внутри фильтра.

Каркасно-засыпные фильтры (КЗФ) по конструкции представляют собой двухслойный фильтр с нисходящим потоком воды» [1].

Фильтрующий материал: кварцевый песок, гравий, щебень, доменный шлак, керамзит, полимеры.

Механический метод используется в любых водоочистных системах, но только как первый этап очистки сточных вод.

### **1.2.2 Химические методы очистки сточных вод**

Химический метод – очистка сточных вод от вредных веществ и микроорганизмов, которые пагубно влияют на окружающую среду.

«Сущность химического метода заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей на 95% и растворимых на 25%» [14].

Путем применения химического метода достигается извлечение примесей из сточных вод, обесцвечивание.

К основным способам химической очистки сточных вод относятся следующие процессы: нейтрализация водной среды, окисление загрязнителей, восстановление.

#### **Нейтрализация**

Данный метод используется в промышленной сфере и основан на обработке стоков от минеральных кислот и щелочей.

Нейтрализация может проводиться следующими способами: фильтрованием через материалы, изменяющие величину рН, смешиванием растворов с противоположными значениями рН, прибавлением реагентов, обработкой газами кислотного характера.

Содержание в производственных сточных водах различных щелочей, кислот, солей металлов приводит к необходимости применять разные способы нейтрализации.

Нейтрализация осуществляется:



- при помощи смешения кислых и щелочных сточных вод;
- при использовании реагентов;
- при использовании нейтрализующих материалов в качестве фильтра;
- использование дымовых газов.

Способ нейтрализации подбирается исходя из конкретных показателей сточных вод: состава и концентрации загрязняющих веществ (кислот). К основным методам относится нейтрализация смешением.

### **Окисление**

Окисление сточных вод проводят тогда, когда в них содержатся наиболее токсичные компоненты (цианиды) или вещества, которые другими способами невозможно удалить (сульфиды).

Окисление стоков проводят окислителями - озон, хлорсодержащие вещества типа хлоратов, перманганат калия, пероксид водорода.

Для очистки сточных вод используется процесс окисления, при помощи которого происходит распад загрязняющих веществ, после чего загрязняющие вещества переходят в статус безопасных.

По ряду причин (большой расход реагента, дорогостоящий) данный метод используется редко. Данный метод нашел свое при очистке соединений мышьяка и циановых соединений.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов применяются методы хлорирование и озонирование. Данные методы основаны на процессе окисления органических примесей озоном и атомарным хлором.

### **Восстановление**

Применяется в случаях содержания в сточных водах ртути, мышьяка, хрома. Для этих целей используются следующие восстановители: активный уголь, сульфат закисного железа, бисульфит натрия, водород, диоксид серы и другие. Для очистки содержащихся в сточных водах соединений мышьяка – стоки обрабатывают диоксидом серы.

### **1.2.3 Физико-химические методы очистки сточных вод**

Применяется для очистки сточной воды от мелкодисперсных загрязнений, примесей, минеральных веществ, органических веществ, частиц растворенных газов.

К основным способам физико-химической очистки сточных вод относятся следующие процессы: коагуляция, сорбция, экстракция, флотации, ионный обмен, кристаллизация, диализ, обратный осмос.

Наиболее распространенными способами являются коагуляция и флокуляция.

#### **Коагуляция и флокуляция**

Процессы коагуляции и флокуляции, применяются с целью повышения эффективности процесса обработки воды, удаления взвешенных частиц, и основаны на эффектах осаждения и фильтрации. Процессы коагуляции и флокуляции используются для отделения органических веществ и соединений, природного происхождения, включая растворенные, а также взвешенных частиц, включая неорганические вещества от воды.

«Коагуляция (Coagulatio – свертывание, сгущение, укрупнение) простыми словами – это объединение мелких частиц в более крупные. Коагуляция приводит к объединению мельчайших взвешенных примесей и выпадению их в виде хлопьевидного осадка» [33].

При очистке методом коагуляции с применением солей алюминия или железа (сульфат алюминия и сульфат или хлорида железа) происходит нейтрализация заряда мелких частиц, что помогает в дальнейшем их объединить, а затем дальнейшая очистка крупных хлопьев происходит механическим способом.

При очистке методом флокуляции происходит ослабление в коллоидном растворе отрицательного заряда частиц.

В качестве флокулянтов используют синтетические высокомолекулярные полимерные соединения, который склеивает

коагулированные взвеси между собой, и способствуют выпадению мелких загрязняющих частиц в хлопьевидный рыхлый осадок (флокулы).

«Флокулянты различают по нескольким категориям:

- происхождение (неорганические, органические);
- способ получения (природные, синтетические);
- агрегатное состояние (твердые, жидкие);
- тип группы (анионные, катионные, неионогенные)» [44].

### **Адсорбция**

Процесс адсорбции основан на способности веществ впитывать примеси, поглощать своей поверхностью загрязнения.

Применяемые адсорбенты: активированный уголь, активные глины, торф, зола, шлаки, опилки.

Достоинствами данного метода является большая результативность, очистка от нескольких видов загрязнений, рекуперация.

Очистку сточных вод методом адсорбции разделяют на регенеративную – примеси удаляются из адсорбента и подвергаются утилизации и деструктивную адсорбционную очистку – примеси подвергаются уничтожению вместе с адсорбентом.

### **Флотация**

Процесс флотации основан на образовании воздушных пузырьков, которые способствуют подъему примесей вверх и легкому удалению образовавшегося слоя пены с поверхности обрабатываемой жидкости. Данный метод нашел применение для обработки стоков содержащих примеси нефтепродуктов, масел.

«Существуют следующие конструктивные схемы флотации:

- С выделением газа из раствора механическими методами;
- С механическим добавлением газа;
- Электрохимическая флотация, когда газ выделяется на одном или обоих электродах электролизера;

– Химическая флотация, когда газ выделяется в результате химических реакций;

– Биохимическая флотация, когда газ выделяется в результате деятельности микроорганизмов» [36].

Схема работы флотатора представлена на рисунке 6.

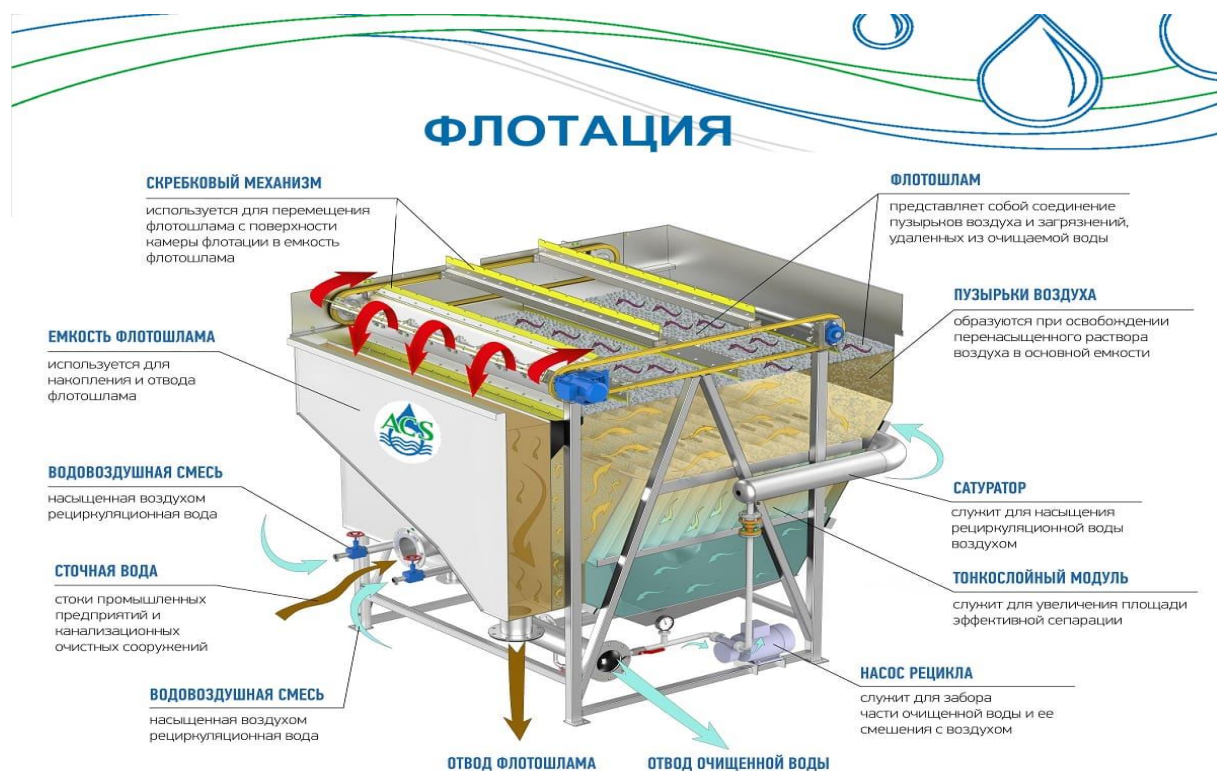


Рисунок 6 – Флотация

Положительными сторонами флотация являются: непрерывность процесса, широкий диапазон применения, невысокие капитальные и эксплуатационные затраты, простая аппаратура, селективность выделения примесей, большая скорость процесса по сравнению с отстаиванием, возможность получения шлама более низкой влажности, высокая степень очистки (95...98%), возможность рекуперации удаляемых веществ.

### Метод ионного обмена

Данный метод применяется на предприятиях металлургической, химической, машиностроительной отрасли для извлечения и утилизации из сточных вод тяжелых металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути,

кадмия, ванадия, марганца), соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ, ПАВ. В основе процесса лежит прохождение сточных вод через ионитовые фильтры в установках периодического или непрерывного действия.

Иониты практически не растворимы в воде и «подразделяются на природные и искусственные (синтетические). По своей природе они бывают неорганические (минеральные) и органические» [39].

Неорганические природные иониты: цеолиты, глинистые минералы, полевые шпаты, различные слюды. К неорганическим синтетическим ионитам относятся: силикагели, пермутиты, труднорастворимые оксиды и гидроксиды некоторых металлов (алюминия, хрома, циркония). Органические природные иониты: гуминовая кислота почвы, угля. К органическим синтетическим ионитам относится - ионообменная смола.

Положительными сторонами метода ионного обмена являются: высокий процент получения чистой воды с незначительными концентрациями примесей. Минусы данного метода: дефицит ионообменных смол, необходимость в регенерации ионитов, большой расход реагентов, сложность автоматизации процесса.

### **Мембранные способы**

Процесс мембранной очистки основан на фильтрации стоков после прохождения сточных вод через мембраны, в результате чего происходит задержание большого количества примесей. В результате самоочищения не происходит засорение полупроницаемых сред. Диализ и обратный осмос – 2 способа мембранной очистки.

«Диализ – метод очистки дисперсных систем и растворов высокомолекулярных веществ от примесей, основанный на способности полупроницаемых мембран пропускать все растворимые молекулярные вещества и ионы электролита, но задерживать коллоидные частицы. В качестве полупроницаемых мембран применяют пергамент, целлофан, пленки коллодия, кожу и другие пористые материалы» [34].

Недостатком метода является длительность процесса. С целью повышения скорости очистки повышают температуру и применяют большие по размеру мембраны. Для ускорения процесса создается постоянное электрическое поле.

### **Процесс обратного осмоса**

«Механизм очищения аналогичный вышеописанному – сточные воды (концентрированный раствор) проходят сквозь мембрану в менее концентрированную жидкость. В системе создается такая разница осмотических давлений, которая заставляет молекулы воды проходить через полупроницаемый материал.

Чем выше концентрация загрязнений в сточных водах, тем выше перепад осмотических давлений и больше гидродинамическое давление. Эффективность способа зависит от свойств мембран» [54].

Используемые материалы: целлюлоза, полиамид, поливинилхлорид, полистирол.

### **1.2.4 Электрохимические методы**

Процесс электрохимической очистки основан на воздействии электрического тока на сточные воды с использованием растворимых и нерастворимых электродов. Такой способ очистки стоков относится к безреагентным методам.

Существуют несколько методов электрохимической очистки таких как: электрокоагуляция, электрофлотация, электроосмос, электрофорез.

### **1.2.5 Биологические методы очистки сточных вод**

Эти методы применяются для удаления органических веществ с помощью жизнедеятельности микроорганизмов. Данный метод основан на способности микроорганизмов расщеплять органические соединения до простых веществ – воды, метана, сероводорода, углекислого газа и использовать содержащиеся в сточных водах различные органические примеси в качестве источника питательных веществ.

Для данных процессов требуется несколько условий:

1. Наличие или отсутствие кислорода.
2. Определенная температура.
3. Кислотно-щелочной баланс.

В биологических очистных сооружениях используют:

### **Аэробный метод**

В основе данного метода лежит использование микроорганизмов аэробных групп. Для существования данных микробов необходим кислород, а также поддержание необходимой для их жизнедеятельности температуры - 20-40 °С. При несоблюдении и необеспечении необходимых условий происходит процесс гибели микробов, что сказывается на качестве очистки сточных вод.

Очистка сточных вод анаэробным методом может осуществляться в различных условиях. К искусственным сооружениям, поддерживающим аэробный процесс, относятся аэротенки, биофильтры. К естественным природным условиям, поддерживающим аэробный процесс, относятся поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды.

### **Анаэробный метод**

В основе данного метода лежит использование микроорганизмов анаэробных групп, при помощи которых происходит очистка сточных вод, в результате чего образуется биогаз. Существования данных микробов в активном иле или биопленке протекают без кислорода. Данный метод нашел применение для сбразивания и обезвреживания осадков. К сооружениям, поддерживающим анаэробный процесс относятся метантенки.

**«Поля орошения** – это специально подготовленные земельные участки, используемые одновременно для очищения сточных вод и агрокультурных целей. Очистка сточных вод в этих условиях идет под действием почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и под влиянием жизнедеятельности растений.

**Биологические пруды** представляют собой каскад прудов, состоящий из 3–5 ступеней, через которые с небольшой скоростью протекает осветленная или биологически очищенная сточная вода (рисунок 7).



Рисунок 7 – Биологические пруды

Пруды предназначены для биологической очистки и для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Различают пруды с естественной или искусственной аэрацией. Пруды с естественной аэрацией имеют небольшую глубину (0,5 – 1 м), хорошо прогреваются солнцем и заселены водными организмами» [8].

Существуют разные варианты устройства прудов: серийные или каскадные, непроточные.

Достоинства биопрудов: невысокая стоимость строительства, небольшие эксплуатационные расходы.

Недостатки биопрудов: отсутствие возможности использования круглый год, большие площади размещения, невысокая способность окисления, отсутствие возможности управлять процессом, наличие застойных зон.

«**Аэротенками** (рисунок 8) называют железобетонные аэрируемые резервуары. Процесс очистки в аэротенке идет по мере протекания через него аэрированной смеси сточной воды и активного ила. Аэрация необходима для



насыщения воды кислородом и поддержания ила во взвешенном состоянии» [31].



Рисунок 8 – Аэротенки

«**Биофильтры** (рисунок 9) – это сооружения, в корпусе которых размещается кусковая насадка (загрузка) и предусмотрены распределительные устройства для сточной воды. В биофильтрах сточная вода фильтруется через слой загрузки, покрытый пленкой из микроорганизмов. Микроорганизмы биопленки окисляют органические вещества, используя их как источники питания и энергии. Таким образом, из сточной воды удаляются органические вещества. В качестве загрузки используют различные материалы с высокой пористостью, малой плотностью и высокой удельной поверхностью: щебень, гравий, шлак, керамзит, керамические и пластмассовые кольца, кубы, шары, цилиндры, шестигранные блоки, металлические и пластмассовые сетки, скрученные в рулоны» [32].



Рисунок 9 – Биофильтр

**Анаэробный** (без кислорода воздуха) метод очистки основан на использовании анаэробных бактерий, для жизни и деятельности которых не требуется кислород. Его принято называть брожением. В процессе очистки специальные виды бактерий превращают органические загрязнения сточных вод в метан и диоксид углерода. При анаэробной биологической очистке избыточное количество ила практически не образуется. Для проведения очистки концентрированных сточных вод с БПК<sub>5</sub> не менее 500—1000 г/м<sup>3</sup> используется анаэробный метод.

**Метантенки** (рисунок 10) – это сооружения для анаэробной стабилизации осадков сточных вод, применяются на городских, промышленных и локальных очистных сооружениях. Чаще всего в метантенках сбраживается осадок первичных отстойников или активный ил, или их смесь. Для организации устойчивого процесса сбраживания в метантенке необходимо поддержание следующих условий: рН = 7,0 - 7,5, содержание жирных летучих кислот 3 - 8 мг экв/ л, содержание щелочей 70 - 76 мг экв /л, содержание аммонийных солей азота 600 - 800 мг/л.



Рисунок 10 – Метантенки

### **1.3 Схема водоотведения городского округа Тольятти**

В городе Тольятти вся система водоотведения проектировалась с учетом строительства и ввода в эксплуатацию промышленных предприятий: «ООО «Синтезкаучик» в последствии ООО «Тольяттикаучук» и в настоящее время ЗАО «Тольяттисинтез», «Волжский автомобильный завод» и ОАО «Тольяттиазот». По мере строительства данных заводов и предприятий происходило развитие территория и строительство новых городских систем водоснабжения и водоотведения.

Каждое из этих предприятий имело собственные очистные сооружения канализации, на которые соответственно принимались собственные производственные, поверхностные и бытовые сточные воды, а также бытовые сточные воды от населения прилегающих районов города и поверхностные стоки с жилой территории.

В городском округе Тольятти реализована комбинированная система водоотведения, состоящая из двух централизованных районных общесплавных систем водоотведения:

– ЦСВ№1(общесплавная) с собственными очистными сооружениями Автозаводского района;

– ЦСВ№2 (общесплавная) с собственными очистными сооружениями Центрального и Комсомольского районов;

И семь централизованных систем водоотведения дождевых сточных вод: ЦСВ№3, ЦСВ№4, ЦСВ№5, ЦСВ№6, ЦСВ№7, ЦСВ№8, ЦСВ№9» [10].

Система водоотведения (канализационная система) включает в себя следующие основные элементы: внутренние водоотводящие системы в жилых зданиях, производственных помещениях, внутриквартальные или внутриплощадочные водоотводящие сети, внешние (внеплощадочные) водоотводящие сети, регулирующие резервуары, насосные станции и напорные трубопроводы, очистные сооружения, выпуски очищенных сточных вод в водные объекты, аварийные выпуски сточных вод в водные объекты.

Централизованная система водоотведения ЦСВ №1 – осуществляет прием, транспортировку, очистку хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод (дождевых и производственных условно-загрязненных) с отведением сточных вод через самостоятельный выпуск в Саратовское водохранилище.

Централизованная система водоотведения включает:

– «канализационные очистные сооружения ООО АВК общей производительностью 290 000 м<sup>3</sup>/сут (105 850,00 тыс. м/год);

– насосные станции бытовых сточных вод 13 шт. (производительностью от 20 до 1260 м<sup>3</sup>/час, введенных в эксплуатацию в период с 1969 по 2011 годы);

– районные насосные станции 2 шт. (общей производительностью: 12 083,34 м<sup>3</sup>/час, год вода в эксплуатацию – 1969 и 1990 годы);

– ливневые насосные станции, эксплуатируемые (производительностью 4238 м<sup>3</sup>/час);

– пруд условно-чистых стоков;

- пруды загрязненных стоков;
- выпуск в Саратовское водохранилище;
- выпуск в Куйбышевское водохранилище» [10].

Централизованная система водоотведения ЦСВ №2 – осуществляет прием, транспортировку, очистку сточных вод с территорий Центрального и Комсомольского районов на БОС ПАО ТОАЗ и БОС ЗАО Тольяттисинтез, а также сброс очищенных стоков в Саратовское водохранилище.

Ливневые системы водоотведения включают в себя сети и сооружения дождевой канализации селитебной территории части Центрального и Комсомольского районов.

На территории городского округа Тольятти в Автозаводском, Центральном, Комсомольском районах, микрорайоне Новоматюшкино, Федоровка размещаются нецентрализованные системы водоотведения. Отвод сточных вод от данных объектов осуществляется в водонепроницаемые выгребы, из которых ассенизаторскими машинами отвозятся на канализационную насосную станцию, затем в районную насосную станцию для последующей отправки на сооружения очистки ПАО «ТОАЗ», ООО «Тольяттикаучук», ООО «АВК».

### **Выводы по первой главе:**

1. Изложены методы очистки сточных вод, применяемое на очистных комплексах технологическое оборудование, сооружения, предназначенные для достижения эффективной очистки сточных вод от загрязняющих веществ.

2. Выполнен краткий аналитический обзор существующей системы водоотведения городского округа Тольятти.

## **Глава 2 Схемы очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ»**

### **2.1 Характеристика предприятия**

Предприятие ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» осуществляет прием, транспортировку, очистку хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод (дождевых и производственных условно-загрязненных) с Автозаводского района г.о. Тольятти, с предприятий промышленно-коммунальной зоны, ТЭЦ ВАЗа, АО «АВТОВАЗ», Самарского филиала ОАО «Волжская ТГК».

В Автозаводском районе предусмотрены и эксплуатируются сети бытовой канализации, загрязненных сточных вод (производственные и дождевые), незагрязненных сточных вод и дождевых сточных вод (производственные условно чистые и дождевые).

В бытовую канализацию от абонентов жилых, общественных зданий, промышленных предприятий отводятся бытовые стоки содержащие большое количество загрязнений. Бытовые сточные воды образуются в результате жизнедеятельности человека. Сточные воды от жилой застройки поступают в бытовую канализацию ООО «АВК».

В канализацию загрязненных сточных вод поступают и отводятся для дальнейшей очистки ливневые стоки от промышленных предприятий, ТЭЦ ВАЗа. В составе ливневых стоков содержатся различные примеси, механические загрязнения, нефтепродукты.

В канализацию незагрязненных сточных вод поступают дождевые сточные воды, талые воды с незастроенных территорий, дорог, крыш. После поступления сточных вод в канализацию, они отводятся в «пруд незагрязненных сточных вод ООО «АВК», для снижения концентрации (ПДК), разрешенных к сбросу в Куйбышевское водохранилище» [10].

Очистка сточных вод абонентов Автозаводского района и предприятий промышленно-коммунальной зоны выполняется на очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД- ВОДОКАНАЛ».

Сточные воды, поступающие на очистной комплекс ООО «АВК», в своем составе содержат значительное количество загрязняющих веществ, вредных примесей.

Для сброса в Саратовское водохранилище очищенных до норматива допустимой концентрации сточных вод в п.Федоровка предусмотрен рассеивающий выпуск.

## 2.2 Технологическая схема очистки сточных вод

Для организации процессов очистки производственных, поверхностных, бытовых сточных вод в городе Тольятти в 1969 году был построен комплекс очистных сооружений ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» (рисунок 11). Проектная производительность очистных сооружений ООО «АВК» – 290000 м<sup>3</sup>/сут. В 2001 году выполнено строительство комплекса доочистки сточных вод, также завершено строительство станции УФ – дезинфекции. Очистной комплекс ООО «АВК» находится в районе села Васильевка.



Рисунок 10 – Общий вид очистных сооружений канализации

## ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ»

Очистной комплекс включает в себя следующие технологические здания и сооружения:

- «Две районные насосные станции (РНС-1, РНС-2) по перекачке загрязненных вод на канализационные очистные сооружения;

- Три напорных коллектора диаметром 1220x10 мм, длиной 20,4 км с 4-мя камерами переключения;

- Три напорных коллектора диаметром 1200 мм с тремя камерами переключения для сброса очищенных вод после очистных сооружений в Саратовское водохранилище, протяженностью 16 км;

- Комплекс очистных сооружений.

Сооружения механической очистки:

- приемная камера (2 шт.);

- здание решеток №2 с механизированными граблями (2 шт.-в резерве) ширина прозоров 16 мм;

- песколовки с горизонтальным прямоточным движением воды (3 шт.);

- первичные радиальные отстойники (4 шт.);

- насосная станция №1.

Сооружения биологической очистки:

- смеситель двухкоридорный (1 шт.);

- аэротенки-вытеснители трёхкоридорные (7 шт.);

- вторичные радиальные отстойники (ВО) (6 шт.);

- ершовый смеситель (1 шт.);

- воздуходувная станция.

Сооружения доочистки:» [10]

- «ДиноДиск (10 шт.);

- насосная станция доочистки (НСД).

Сооружения по дезинфекции очищенных сточных вод:



- установки ультрафиолетового обеззараживания (14 шт.);

Сооружения по обработке и дезинфекции осадка:

- бункеры для промывки и обезвоживания песка (4шт.);
- илоуплотнители (2 шт.);
- иловые карты (21 шт.);
- насосные станции №2 и №3.

Центральная насосная станция (ЦНС).

Насосная станция противопожарной воды.

Котельная» [25].

«Комплекс сооружений для приема и транспортировки условно-загрязненных сточных вод:

- насосная станция дождевых стоков, совмещенная с приемной камерой;
- пруд – накопитель условно грязных вод №1 емкостью 250 тыс. м<sup>3</sup>;
- пруд – накопитель условно грязных вод №2 емкостью 190 тыс. м<sup>3</sup>;
- установка для сбора масла» [10].

Все стоки Автозаводского района поступают в главный канализационный коллектор и насосными станциями перекачиваются в приемные резервуары районных насосных станций, откуда поступает в здание решеток, для проведения грубой механической очистки. Из пруда-накопителя на эту насосную станцию также поступают загрязненные дождевые сточные воды. Все собранные стоки по трем напорным коллекторам поступают на очистные сооружения.

Процесс очистки стоков происходит по следующей схеме (рисунок 12):

- Механическая очистка сточных вод;
- Биологическая очистка сточных вод;
- Доочистка сточных вод;
- Обеззараживание сточных вод;
- Обработка осадка.



Рисунок 12 – Схема технологического процесса очистки сточных вод ООО «АВК»

### Механическая очистка сточных вод

Механическая очистка это первая ступень очистки сточных вод от различных примесей нерастворенных в воде. Очистка осуществляется при помощи следующих сооружений, оборудования: решеток, песколовки и отстойников (рисунок 13).



Рисунок 13 – Технологическая схема механической очистки сточных вод

Все поступившие стоки из главного коллектора поступают в приемные резервуары (камеры) районных насосных станций, откуда затем поступают в здание решеток, где при помощи трех установленных механизированных грабельных решеток, с прозором 16 мм происходит задержание мусора, различных отходов, бумаги и другого крупного мусора.

При помощи механических грабель с решеток снимаются и скидываются на шнековый транспортер все задержанные отбросы, где при помощи шнекового пресс-транспортера происходит процесс обезвоживания. Затем обезвоженные отходы помещаются в контейнеры с последующей выгрузкой в самосвалы и вывозятся на полигоны для захоронения. В летнее время года, для обеспечения обеззараживания отходов применяют хлорную известь.

На следующем этапе сточная вода из здания решеток поступает в песколовки.

«Технические характеристики песколовков: горизонтального типа, размер 20000x18720x1900 мм, объем каждого бункера – 10 м<sup>3</sup>, состоит из трех секций шириной по 6240 мм, секции оборудованы скребковыми механизмами с цепным приводом» [10].

Назначение песколовков состоит в очистке сточных вод от различных минеральных частиц с размером частиц 0,09 - 0,5мм и более. Сточные воды при поступлении в песколовки с горизонтальным прямоточным движением воды имеют скорость 0,15-0,3 м/с. В песколовках используют скребковый механизм, при помощи которого осуществляется сбор осевшего песка и размещение песка в приемке, откуда гидроэлеватором осуществляется удаление в бункеры для песка для промывки и обезвоживания.

После здания решеток сточные воды поступают в горизонтальные аэрируемые песколовки, которые состоят из трех секций оснащенных гидравлическим смывом песка. Из приемки при помощи гидроэлеватора песок поступает в специальный бункер для песка.

В аэрируемых песколовках за счет подачи воздуха образуется циркуляция стоков, скорость потоков достигает 0,08-0,12 м/с., в результате чего происходит очистка песчинок от органических коллоидных веществ.

Показатели песка после прохождения песколовочек: содержание песка 70-90%, влажность песка в осадке 40-60%, зольность 70-95%.

Дальнейший процесс очистки сточных вод происходит в первичных отстойниках.

Технические характеристики первичных отстойников: радиального типа, железобетонный резервуар, диаметр 40 м, емкость по 5000 м<sup>3</sup>, четыре штуки.

Сточная вода в данном сооружении движется от центральной части к периферии. Особенность гидравлического режима работы радиального отстойника - скорость движения воды от максимальной в центре отстойника до минимальной у периферии. По мере движения воды взвешенные вещества выпадают в осадок. Осевший осадок на дно отстойника сгребается к центральному приямку, при помощи скребкового механизма, откуда затем перекачивается плунжерными насосами для сбрасывания в метантенки.

Использование в первичных отстойниках данного метода позволяет отделить из сточной воды различные примеси, при этом часть загрязнений присутствующих в сточных водах выпадает в осадок, другая часть всплывает на поверхность. Данный метод применяют в следующих очистных сооружениях: песколовках, первичных и вторичных отстойниках, нефтеловушках, смоло-, масло-, жируловителях.

Основной характеристикой работы первичных отстойников является эффективность осветления (отстаивания) сточных вод, это определяется содержанием взвешенных веществ. При эффективном процессе отстаивания сточных вод выпадение взвешенных веществ составляет не менее 45%.

Процесс сбора веществ, всплывающих на поверхность отстойника (жиры, различные механические примеси) при помощи скребкового

механизма собираются и удаляются в жиросборники, а затем для дальнейшей переработки отходов перекачиваются в метантенки.

Осветленные сточные воды после первичных отстойников поступают на сооружение биологической очистки.

### **Биологическая очистка сточных вод**

«Сущность метода заключается в способности микроорганизмов питаться субстратом органических и неорганических соединений, содержащимся в стоке. Биологические процессы осуществляются в сооружениях биологической очистки, предназначенных для удаления растворенных, коллоидных и взвешенных органических веществ. В сооружениях обеспечивается контакт загрязнений с оптимальным количеством организмов активного ила, в присутствии соответствующего количества растворенного кислорода, в течение необходимого периода времени» [4].

«Осветленные после механической очистки сточные воды проходят через смеситель и далее направляются в сборный канал аэротенков-вытеснителей» [10]. Схема биологической очистки сточных вод представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Технологическая схема биологической очистки сточных вод

Для сохранения массы активного ила при недостатке азота и фосфора в сточных водах выполняется смешение сточных с биогенными добавками. В качестве добавок используется аммиачная селитра или суперфосфат. Смешение происходит в двухкоридорном смесителе. В коридоры аэротенков-вытеснителей поступает осветленная сточная вода и циркуляционный активный ил в объеме 40-50%, для организации процесса окисления через систему аэрации подается воздух.

Технические характеристики аэротенков: «трехкоридорные резервуары прямоугольного сечения, в которых коридоры расположены параллельно друг к другу и разделены между собой продольными направляющими перегородками, не доходящими до одной из торцевых стен, общий объем резервуаров аэротенков в плане: длина – 144 м, ширина коридора – 6 м, рабочая глубина аэротенка – 4 м, днище – монолитное железобетонное, стены – сборные железобетонные стеновые панели» [10]. По всему днищу аэротенков расположена система пневматической мелкопузырчатой аэрации. Воздух подается в систему аэрации при помощи центробежных нагнетателей, производительностью 750м<sup>3</sup>/мин.

«Аэротенки-вытеснители» представляют собой сооружения, в которых очищаемая сточная вода постепенно перемещается от места впуска к месту ее выпуска. При этом практически не происходит активного перемешивания поступающей сточной воды с ранее поступившей. Процессы, протекающие в этих сооружениях, характеризуются переменной скоростью реакции, поскольку концентрация органических загрязнений уменьшается по ходу движения воды. Аэротенки-вытеснители весьма чувствительны к изменению концентрации органических веществ в поступающей воде, особенно к залповым поступлениям со сточными водами токсических веществ, поэтому такие сооружения рекомендуется применять для очистки городских и близких по составу к бытовым промышленных сточных вод» [2].

Сооружения аэротенков применяются для организации культивирования микробов, которые в процессе своей жизнедеятельности

осуществляют окисление органических загрязнений присутствующих в сточной воде.

Нагрузка на активный ил по органическим загрязнениям зависит от массовой дозы активного ила и является характеристикой работы аэротенка. «При высокой нагрузке на активный ил бактерии и микроорганизмы могут не справиться со всем количеством поступившей органики, что не позволит достичь необходимого качества очистки сточной воды. Это также приводит к накоплению во вторичных отстойниках лишнего количества осадка активного ила, и, как следствие, его загниванию, повышенному выносу и снижению концентрации кислорода в очищенной воде. При низких нагрузках активный ил может испытывать недостаток питательных веществ для поддержания своей жизнедеятельности, что может привести к его самоокислению и падению дозы ила в аэротенке» [23].

Из аэротенков иловая смесь поступает в распределительные чаши вторичных отстойников и далее направляется в распределительное устройство вторичных отстойников.

«Вторичные отстойники являются составной частью сооружений биологической очистки, располагаются в технологической схеме непосредственно после биоокислителей и служат для отделения активного ила от биологически очищенной воды, выходящей из аэротенков, или для задержания биологической пленки, поступающей с водой из биофильтров. Эффективность работы вторичных отстойников определяет конечный эффект очистки воды от взвешенных веществ. Для технологических схем биологической очистки сточных вод в аэротенках вторичные отстойники в какой-то степени определяют также объем аэрационных сооружений, зависящий от концентрации возвратного ила и степени его рециркуляции, способности отстойников эффективно разделять высококонцентрированные иловые смеси» [6].

Технические характеристики вторичных радиальных отстойников: диаметр – 40 м, глубина проточной части – 4 м, емкость отстойников – открытая, днище – монолитное железобетонное, стены -железобетонные.

Содержание взвешенных веществ в отстоянной воде после вторичных отстойников должно составлять менее 10мг/дм<sup>3</sup>, содержание растворенного кислорода не менее 2мг/дм<sup>3</sup>. Расчетное время нахождения ила во вторичных отстойниках не более 30-40 минут.

По количеству выноса взвешенных веществ, концентрации возвратного ила и влажности осадка оценивают работу отстойников.

Осевший на дно активный ил при помощи системы илососов по трубопроводам следует в резервуар центральной насосной станции, откуда большая часть ила (циркуляционный ил) при помощи насосов возвращается в аэротенки.

Избыточный активный ил отделившись от циркуляционного ила попадает для последующей переработке в илоуплотнители.

Очищенные стоки после вторичных отстойников поступают на сооружения доочистки.

#### **Доочистка сточных вод**

Этап доочистки применяется для снижения в очищенных сточных водах концентраций нефтепродуктов, органических соединений, фосфора, азота, тяжёлых металлов, АПАВ и других компонентов до требуемых нормативов применяемых к сбросу в водоем.

На ООО «АВК» был построен и «введен в эксплуатацию комплекс сооружений доочистки сточных вод на каркасно-засыпных фильтрах, состоящий из 16 безнапорных скорых фильтров с загрузкой из дробленого керамзита (КЗФ). Один из 16 фильтров переоборудован в фильтр с ершовой загрузкой» [10].

Технические характеристики блока доочистки сточных вод: конструкция фильтра представляет собой разделенный на две равные секции железобетонный резервуар, прямоугольной формы площадью 9×12 м,



который оснащен дренажной системой и системой для подачи воздуха. В качестве фильтрующего материала используется дробленый керамзит.

«Над дренажными трубами уложены гравийные слои крупностью от 2 до 40 мм. Высота поддерживающего слоя – 0,5 м. Высота фильтрующего слоя – 1,2 м. Материал – дробленый керамзит марки 550. Крупность фильтрующего слоя 1,6-3,0 мм.

Фильтры расположены на открытой площадке, трубы и арматура в закрытом помещении» [10].

На фильтрующий слой каркасно-засыпных фильтров поступают очищенные стоки после вторичных отстойников, где на поверхности загрузки фильтра осуществляется задержание загрязнений. Сбор фильтра происходит распределительной системой, и далее поступает в резервуары доочищенных сточных вод насосной станции доочистки.

«Каркасно-засыпные фильтры (КЗФ) по конструкции представляют собой двухслойные фильтры с нисходящим потоком воды. Преимуществами каркасно-засыпного фильтра являются:

- стабильность очистки воды при значительных колебаниях ее качества и количества в исходном состоянии;

- возможность использования контактной коагуляции, которая позволяет при той же скорости фильтрования достичь концентраций взвешенных веществ 3 мг/л и нефтепродуктов 1—1,5 мг/л. Продолжительность фильтроцикла составляет 20 ч. Промывка фильтра может быть водовоздушной или водяной.

При использовании водовоздушной промывки воду в фильтре спускают до уровня песка, подают воздух и воду для промывки, затем следует дополнительная промывка водой.

Эффект доочистки для таких фильтров по взвешенным веществам составляет 70–80%, по БПКполн – 70%» [1].

По окончании процесса промывки грязная вода направляется в резервуар грязных сточных вод, откуда насосами перекачиваются в голову сооружений механической очистки

Для исключения биологического засорения фильтров предусмотрена биологическая обработка фильтров хлорной водой (2-3 раза в год) и еженедельное хлорирование поступающих на каркасно-засыпные фильтры сточных вод.

Дочищенные сточные воды перекачиваются в станцию ультрафиолетовых установок сточных вод (УФО) высоконапорными насосами НСД.

### **Обеззараживание сточных вод**

Сточные воды в своем составе содержат большое количество химических опасных веществ и патогенных микроорганизмов и являются основным источником микробного загрязнения водных объектов, питьевой воды, почвы, окружающей среды в целом. Для уничтожения болезнетворных, опасных микроорганизмов на очистных комплексах предусматривается дополнительный этап очистки - обеззараживание сточных вод. Процесс обеззараживания позволяет снизить показатели до норм, разрешенных для сброса в водоем. Для этих целей применяются ультрафиолетовые лампы.

Для этого процесса на предприятии ООО «АВТОГРАД - ВОДОКАНАЛ» была введена в эксплуатацию станция ультрафиолетового облучения (УФО). Источником УФ-излучения являются бактерицидные лампы, входящие в состав оборудования для очистки и обеззараживания сточных вод. В комплекс обеззараживания поступает только предварительно очищенная вода после биоочистки.

Вода, прошедшая через установку бактерицидного облучения может сразу поступать в водоемы.

Метод ультрафиолетового облучения (обеззараживания) сточных вод превосходит другие способы, эффективен при кратковременном

воздействии, может применяться в проточных режимах, имеет низкую энергозатратность, не требует использования реагентов.

Станция УФО (рисунок 15) включает в себя 14 установок, каждая из которых имеет камеру облучения, в которой расположены бактерицидные лампы, помещенные в кварцевые чехлы (432 шт.). Установки разделены на две группы:

- низконапорные с рабочим давлением 0,06 Мпа – 9 штук;
- высоконапорные с рабочим давлением 0,8 Мпа – 5 штук.



Рисунок 15 – Станция ультрафиолетового облучения

Очищенные стоки от насосной станции доочистки подаются по трубопроводам на установки станции ультрафиолетового обеззараживания в камеру облучения, где происходит проникновение ультрафиолетовых волн в клетку и повреждение ее структур ДНК и РНК.

Отвод очищенных и обеззараженных сточных вод в реку Волга осуществляется отводными коллекторами, сброс осуществляется через рассеивающий выпуск протяженностью 400м.

В комплексе очистных сооружений ООО «АВК» предусмотрено сооружение хлораторной, производительностью 100 кг/ч. В аварийных ситуациях при отключении станции УФО, обеззараживание сточных вод выполняется путем смешения хлорной воды со сточной водой в ершовом смесителе.

При сбросе сточных вод в водоем после полной биологической очистки содержание остаточного свободного активного хлора не должно превышать 2,5 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Обработка осадка сточных вод**

Осадки сточных вод являются источниками загрязнения окружающей среды.

При переработке осадков сточных вод достигается их обезвоживание и обезвреживание. Способ обработки зависит от вида осадков.

В процессе проведения очистки сточных вод, на разных этапах очистки образуются следующие виды осадков:

– на этапе механической очистки: мусор, отходы задержанные которых произошло на решетках, песок, осевший в песколовках, взвешенные вещества, механические примеси, жиры, задержанные которых произошло в первичных отстойниках;

– на этапе биологической очистки: активный ил с загрязняющими веществами, выпадение которых произошло во вторичных отстойниках.

Для минимизации ущерба окружающей среде проводятся мероприятия по обработке осадков. В настоящее время существует много различных методов, применяемых для переработки осадков, с целью использования их в дальнейшем в хозяйственной деятельности или их ликвидации. На рисунке 16 представлены способы обработки осадков сточных вод.

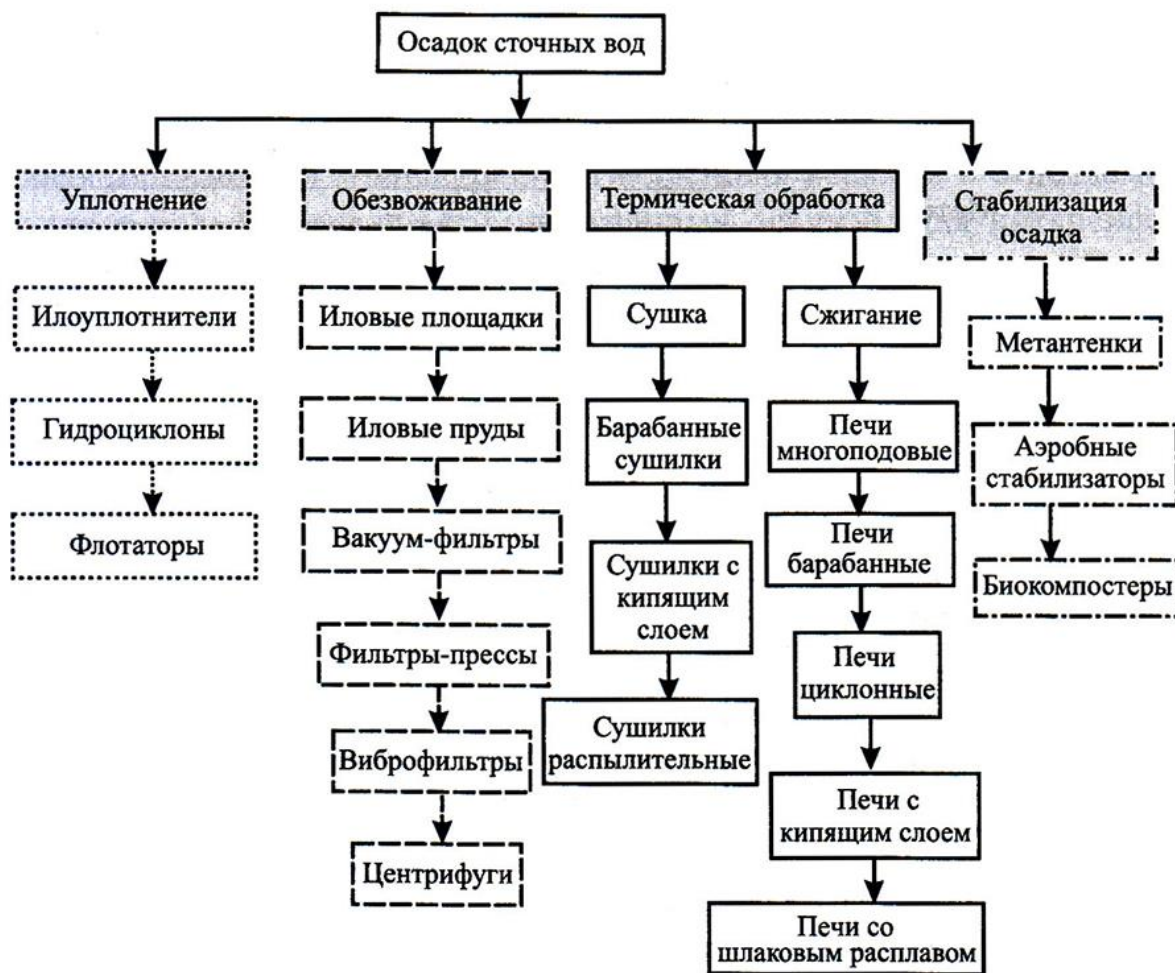


Рисунок 16 – Технологические процессы и оборудование, используемые для обработки осадков сточных вод предприятий

Для обезвоживания песка применяются песковые бункеры, конструкции которых приспособлены для осуществления выгрузки песка в автотранспорт.

Песковые бункеры включает в себя трубопроводы для подачи воды на промывку, отвод воды в канализацию, подвод песковой пульпы, отвод для слива воды, щитовой затвор. «Принцип работы: пескопульпа под давлением поступает в гидроциклон, в результате происходит вращение частиц пескопульпы с большой скоростью. Под действием центробежной силы крупные и тяжелые частицы концентрируются у стенок гидроциклона, перемещаются вниз и в виде сгущенного песка разгружаются через отверстие выгрузки в бункер песка, а основная часть воды с мелкими и легкими

частицами выносятся через отверстие слива из гидроциклона.

В бункере песка сгущенный песок отстаивается, тяжелые частицы песка оседают на дно бункера. По мере заполнения бункера вода поднимается вверх и отводится через переливную трубу. Автотранспорт подъезжает под бункер, открывается щитовой затвор, и обезвоженный песок выгружается из бункера» [38].

С целью обработки избыточно активного ила и сырого осадка применяются метантенки, в которых применяется термофильное сбраживание осадка. Показатели осадка из первичных отстойников - влажность 93-95%, из вторичных отстойников – влажность избыточно активного ила 99,4-99,7%. В связи с высокой влажностью осадков (более 97%) нарушается процесс анаэробного сбраживания. Уплотнение осадка происходит во вторичных радиальных отстойниках, где при медленном вращении скребкового механизма создаются условия для разрушения связи между частицами осадка, это приводит к увеличению осаждаемости и сгущению ила. Ориентировочное время процесса 9-12 часов, после чего осветленная вода поступает в аэротенки, а уплотненный ил перекачивается для сбраживания в метантенки.

«Анаэробное метановое сбраживание – это процесс биохимического разложения органических веществ осадка до простых конечных продуктов, преимущественно метана  $CH_4$  и углекислоты  $CO_2$ . Осуществляется сложным сообществом анаэробных микроорганизмов, которые составляют трофическую (пищевую) цепочку, когда продукты обмена одних групп бактерий используются другими бактериями.

Существующие метантенки (2 шт.) представляют собой цилиндрические резервуары из монолитного железобетона с конусным днищем и жестким сферическим куполом, в верхней части которого имеется колпак для сбора газа. Между метантенками размещается четырёхуровневая камера управления с загрузочными и выгрузочными бункерами, насосами, трубопроводами и паровыми ижекторами. Боковая поверхность цилиндра, в

целях утепления, почти полностью обсыпана грунтом. Подогрев осадка осуществлялся насыщенным паром (из котельной ОСК) с помощью инжектора. Сырой осадок и уплотненный ил насосами подаются в верхние части метантенков через загрузочные бункеры. Сброженный осадок выпускается из нижней части резервуаров через выгрузочные бункеры в объеме, соответствующем объему загружаемого осадка, и направляется в резервуар сброженного осадка н/ст №2, откуда насосом перекачивается на иловые площадки» [25].

Обезвоженный осадок может применяться в качестве органического удобрения.

«Для обезвоживания сырого осадка и избыточного активного ила применяются иловые площадки каскадного типа, спроектированные на искусственном (железобетонном) основании с дренажной системой и поверхностным отводом воды через колодцы-водосливы.

Иловые площадки (21 шт., общая полезная площадь 131000 м<sup>2</sup>) спроектированы в виде четырёх самостоятельно работающих каскадов. Каждый каскад состоит из ступенчато расположенных карт в количестве от трех до девяти. Подача сырого осадка и избыточного активного ила на вышележащую (верхнюю) карту производится ежедневно: осадки, разливаясь по карте, отстаиваются, осветленная жидкость через специальные лотки-перепуски сливается на следующие карты, где оседают мелкие взвешенные вещества, а иловая жидкость подвергается дальнейшему осветлению. Осветленная иловая вода с нижней карты каскада, системой дренажных трубопроводов, отводится в резервуар насосной станции №3, откуда насосами № 1, 2, 3 перекачивается в голову очистных сооружений. Верхняя карта, по окончании её заполнения осадком, отключается для обезвоживания и подсушки. При этом отвод воды с карты происходит одновременно через водослив и дренирующий слой в основании площадки. Подача сырого осадка и избыточного активного ила продолжается на нижележащую карту. Осадок с верхней карты илового каскада, подсушенный до влажности 88-90%,

проверяется на соответствие требованиям технических условий, нормативной документации, после чего передается для использования в сельском хозяйстве» [25].

Отбор проб и проведение анализа осуществляется один раз в году и проводит его центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ЦГСЭН) по Самарской области.

Согласно проведенным обследованиям - техническое состояние иловых карт на сегодняшний день признано удовлетворительным.

### **2.3 Оценка эффективности работы очистных сооружений ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ»**

По итогам обследования строительных конструкции существующих сооружений очистки, технологического оборудования выявлены следующие проблемы:

#### **Механическая очистка**

- Механизированные решетки

На очистных сооружениях ООО «АВК» очистка от грубых отбросов выполняется на механизированных решетках, в количестве 3 штук.

Техническое состояние решеток и качество их работы – неудовлетворительное. Конструкция решеток устарела, в процессе эксплуатации возникала деформация стержней решеток (увеличение прозоров), что снизило эффективность задержания мусора и привело к прохождению мусора через решетки и появлению их в следующих сооружениях очистки, к возможному засорению трубопроводов, рециркуляционных насосов, к снижению эффективности очистки в целом.

- Песколовки

Существующее оборудование песколовок по результатам обследования признано рабочим, но отмечен ряд недостатков: наблюдается неравномерность распределения потоков, не обеспечивается качество пескового осадка,



скребковые механизмы и оборудование для гидросмыва песка устарели. Здание бункера для обезвоживания песка находится в аварийном состоянии.

– Первичные отстойники

Существующее оборудование первичных отстойников по результатам обследования признано рабочим, но отмечен ряд существенных недостатков, которые ведут к снижению эффективности работы первичных отстойников: конструкции скребковых механизмов отстойников физически устарели, отмечена неудовлетворительная работа в зимний период времени, высокая мощность приводов, неудовлетворительное состояние водосборных желобов.

Заключение по итогам обследования строительных конструкций и технологического оборудования механической очистки:

Техническое состояние комплекса механической очистки (решеток, песколовок, первичных отстойников) - неудовлетворительное. Присутствует физический износ оборудования. В процессе ознакомления и изучения материалов установлено, что часть оборудования находится в нерабочем состоянии, а часть оборудования отсутствует.

**Биологическая очистка**

– Аэротенк 3-хкоридорный

Техническое состояние аэротенков – неудовлетворительное, не обеспечиваются условия для интенсивной работы аэротенков, наблюдается неравномерная аэрация.

– Вторичные отстойники

Существующее оборудование вторичных отстойников неудовлетворительное: водосборные устройства установлены с нарушениями: большая часть длины переливных кромок пассивна, оставшаяся их часть перегружена. Отмечено явление струйности, завышенные скорости движения воды во вторичных отстойниках, что негативно сказывается на качестве очистки, наблюдается нестабильность показателя взвешенных веществ (4 – 38 мг\л), что является недопустимым фактом для организации сброса в водоем и организации процесса доочистки

на фильтрах. Показатель «прозрачности надильовой жидкости по шрифту Снеллена после вторичных отстойников составляет от 10 см до 20 см» [2], что согласно приведенной ниже таблицы 1 Характеристика вод по прозрачности относит к категории мутной. «Мутность воды вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения» [22].

Таблица 1 – Характеристика воды по прозрачности

Единица измерения, см	Прозрачность
менее 10	Очень мутная
от 10 до 20	Мутная
от 20 до 25	Средней мутности
от 25 до 30	Маломутная
более 30	Прозрачная

Заключение по итогам обследования строительных конструкций и технологического оборудования биологической очистки:

Общее состояние сооружений и установленного оборудования на очистных сооружениях – неудовлетворительное, процесс биологической очистки сточных вод неэффективен.

#### **Доочистка**

Оборудование и сооружения дополнительной очистки предназначены для более глубокой очистки сточных вод, для снижения в очищенных сточных водах концентраций нефтепродуктов, органических соединений, фосфора, азота, тяжёлых металлов, АПАВ и других компонентов.

– Фильтры блока доочистки

Техническое состояние фильтров блока доочистки - неудовлетворительное, отмечена неравномерная промывка загрузки фильтров, показатель уровня в фильтрате взвешенных веществ составляет 8

мг/л, показатель уровня взвешенных веществ в осветленных сточных водах во вторичных отстойниках составляет от 15 до 17 мг/л, все эти показатели не отвечают установленным нормам и требованиям предъявляемым к очищенной воде.

– Метантенки

Техническое состояние метантенки (работает 1) – удовлетворительное.

Заключение по итогам обследования строительных конструкций и технологического оборудования блока доочистки:

Эффективная работа блока доочистки возможна только при условии проведения реконструкции вторичных отстойников.

**Заключение по эффективности работы очистных сооружений ООО «АВК»:** Несмотря на достаточно высокую эффективность очистки сточных вод по большинству контролируемых показателей, выявлены следующие факты: недостаточный уровень очистки сточной воды после прохождения всех ступеней очистки, установлены факты превышения в очищенных водах значений предельно допустимых концентраций.

Для повышения эффективности очистки городских стоков нужна незамедлительная реконструкция следующих сооружений: блока механической очистки, блока доочистки, сооружений биологической очистки.

### **Выводы по второй главе:**

1. Выполнено описание схемы очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ». Изложена краткая характеристика предприятия.

2. Выполнено описание технологической схемы очистки сточных вод, приведены технические характеристики технологических сооружений, оборудования предприятия ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ».

3. Проведена оценка технического состояния существующего оборудования и сооружений ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ», представлено заключение по эффективности работы очистных сооружений.

## **Глава 3 Оптимизация работы очистных сооружений**

Проведение мероприятий по реконструкции очистных сооружений ООО «АВК» позволит добиться более высокой степени очистки сточных вод, повышения энергоэффективности работы очистных сооружений, выполнить замену изношенного устаревшего технологического оборудования, восстановить строительные конструкции очистных сооружений.

Для обоснования рекомендаций по выполнению реконструкции существующих очистных сооружений ООО «АВК», требуется выполнение поверочных расчетов, с целью определения пропускной способности очистных систем и сооружений.

Расчет пропускной способности очистных сооружений (решеток, горизонтальных песколовок, первичных радиальных отстойников, аэротенка-вытеснителя, вторичных отстойников радиального типа) выполняется на основании технических характеристик оборудования, режима поступления и состава сточных вод.

### **3.1 Поверочный расчет количества загрязнений**

«Концентрация загрязняющих веществ определяется по формуле:

$$P = \frac{a \times 1000}{q}, \text{ мг/л}$$

где  $q$  – норма водоотведения в л/чел в сут. ( $q = 250$  л/чел в сут.);

$a$  – количество загрязнений в сточной воде, определяемое исходя из удельного водоотведения на одного жителя представлено в таблице 2» [47].

Таблица 2 – Определение количества загрязнения

Показатели	Кол-во загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут.
Взвешенные вещества	65
БПК <sub>полн</sub> неосветленной воды	75
БПК <sub>полн</sub> осветленной воды	40
Азот аммонийных солей	8
Фосфаты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,3
В том числе от моющих веществ	1,6
Хлориды Cl <sup>-</sup>	9
Поверхностно-активные вещества (СПАВ)	2,5
Итого:	202,8

Концентрация загрязняющих веществ:

$$P = \frac{202,8 \times 1000}{250} = 811,2 \text{ мг/л}$$

Таблица 3 – Количество загрязнений в сточной воде, поступающей на очистку, рассчитанное с учетом производственных сточных вод

Показатель	Ед. изм.	Количество загрязнений поступающей сточной воды, мг/л	ПДС <sup>1</sup>
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	155,3	4,66
ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	388,2	30
БПК полн.	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	160,55	3
NO <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,19	0,08
NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,62	103,2
NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	34,4	0,26
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2,96	1,96

<sup>1</sup> ПДС, согласованные до 2020 г.

Таблицы 4 – Исходные данные для поверочного расчета очистных сооружений

Исходные данные	Единицы измерения	Расчетные показатели
Суточный расход сточных вод, Q	м <sup>3</sup> /сут.	200000
Средний часовой расход, q <sub>ср.ч</sub>	м <sup>3</sup> /ч	8333.33
Средний секундный расход, q <sub>ср.с</sub>	м <sup>3</sup> /с	2.31
Средний секундный расход, q <sup>1</sup> <sub>ср.с</sub>	л/с	2314
Коэффициент неравномерности, K <sub>qеп max</sub>	–	1,49
Максимальный секундный расход q <sub>max с</sub>	м <sup>3</sup> /с	3,44
Максимальный часовой расход, q <sub>max ч</sub>	м <sup>3</sup> /ч	12416.66
Средний расход в часы максимального притока сточных вод, q <sub>1ср.ч</sub>	м <sup>3</sup> /ч	10374.99
БПКполн	мг/л	160,55
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	155,3
Аммонийный азот (NH <sub>4</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	34,4
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2,96

### 3.2 Поверочный расчет решеток

Решетки установлены в здании насосных станций (PNC-1, PNC-2).  
Максимальная пропускная способность решеток определяется по формуле:

$$q_{\max} = \frac{n \times N \times (b \times h_1 \times v_p)}{k_3}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где b – ширина прозоров, равная 0,016 м;

N – число рабочих решеток, 3 шт.;

h<sub>1</sub> – глубина воды в камере решетки, 1,8 м;

v<sub>p</sub> – средняя скорость воды в прозорах между стержнями, равная 1 м/с;

n – количество прозоров одной решетки, 64 шт.;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий стеснение прозоров граблями и задержанными загрязнениями и равный 1,05» [39].

$$Q_{\max} = \frac{64 \times 3 \times (0,16 \times 1,8 \times 1)}{1,05} = 5,26 \text{ м}^3/\text{с}$$

Вывод: Решетки предназначены для очистки сточных вод от крупных механических загрязнений, грубых примесей, с целью обеспечения нормальной работы последующих очистных сооружений и оборудования, снижения нагрузки на насосное оборудование, а также для предотвращения аварийных ситуаций.

Для проведения качественной очистки сточных вод необходима замена изношенных, деформированных решеток на новые автоматизированные, из нержавеющей стали.

Предлагаю заменить существующие решетки МГ-12Т на аналогичные МГ-12Т из нержавеющей стали (рисунок 16).

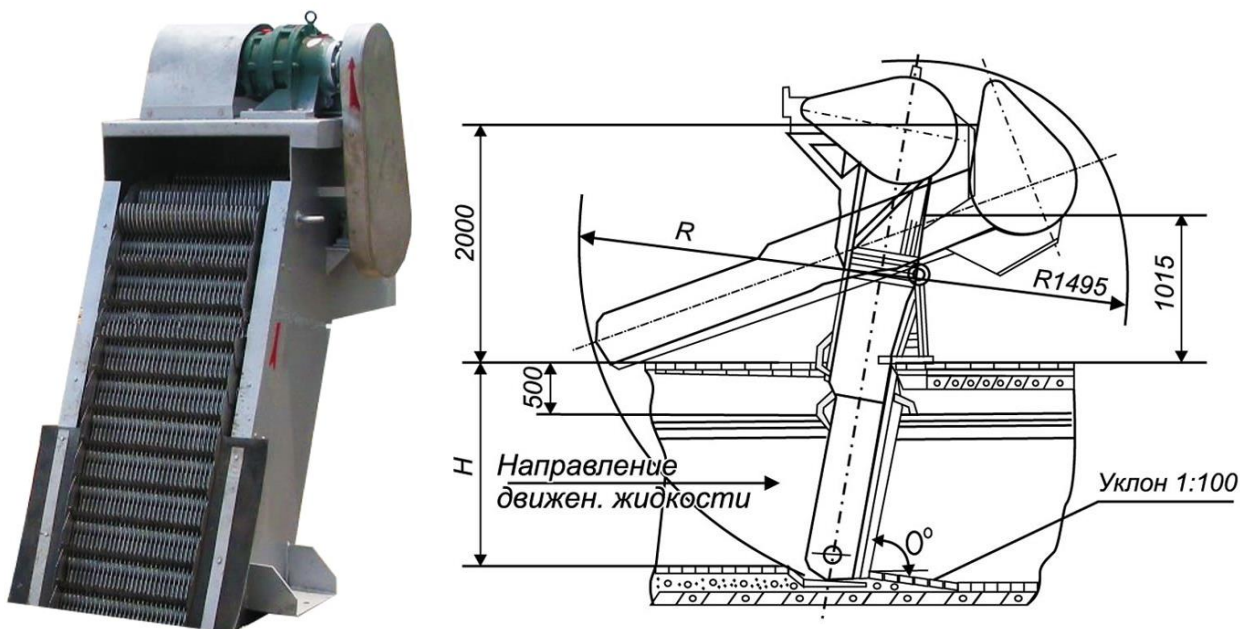


Рисунок 17 – Решетки МГ-12Т



Таблицы 5 – Технические характеристики решетки МГ-12Т

Наименование параметра	МГ-12Т
Габаритные размеры канала для типоразмеров, мм:	
– ширина	1600
– глубина	2000
Пропускная способность сточных вод, м <sup>3</sup> /сут	80000-100000
Прозоры решетки, мм	16 ÷ 128
Количество граблин, шт	2 ÷ 4
Потребляемая мощность, кВт	1,1
Ширина канала в месте установки граблей, мм	1790
Ширина граблей в месте установки в канале, мм	1700
Габаритные размеры, мм	
– длина	1470
– ширина	2175
– высота	4345
Масса, кг, не более	1870

### 3.3 Поверочный расчет песколовков

Для очистки сточных вод от песка на очистных сооружениях установлена горизонтальная двухсекционная песколовка с механическим удалением песка.

Пропускная способность песколовки определяется по формуле:

$$Q_{\max} = F \times v \times n, \text{ м}^3 \text{сут.}$$

где  $F$  – площадь сечения лотка песколовки, равная 5,92 м<sup>2</sup> при ширине секции 6,24 м и рабочей глубине 0,95 м;

$n$  – количество секций, 3 шт.;

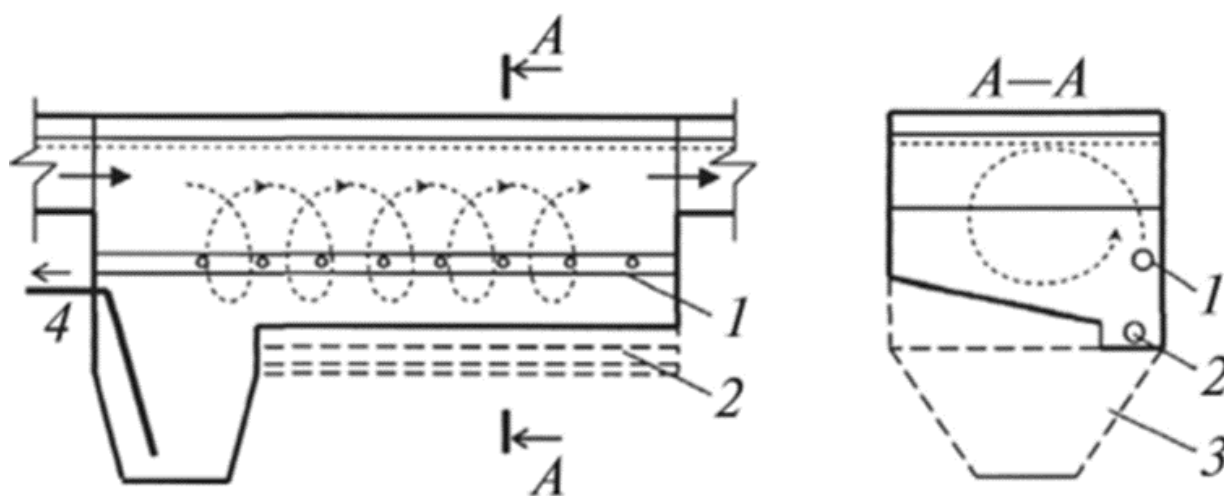
$v$  – скорость движения воды в песколовке при максимальном притоке должна быть не менее 0,3 м/с» [39].

$$q_{\max} = 5,92 \times 0,3 \times 3 = 5,33 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 460\,512 \text{ м}^3 \text{ сут.}$$

«Длина существующих эксплуатируемых песколовок составляет 20 м, при этом «диаметр задерживаемых частиц песка равен 0,21 мм, гидравлическая крупность песка  $u_0 = 20,075$  мм/с при коэффициенте  $k$ , учитывающем влияние турбулентности и других факторов на работу песколовки, принимаемом равным 1,6» [47].

Вывод: Песколовки подобраны верно, пропускная способность соответствует количеству воды, поступающей на очистные сооружения.

С целью повышения эффективности выделения песка из сточных вод предлагаю заменить существующие прямоточные песколовки на аэрируемые (рисунок 17).



1 – дырчатый аэратор; 2 – трубопровод гидросмыва осадка; 3 – осадочная часть; 4 – гидроэлеватор

Рисунок 18 – Аэрируемая песколовка

Применение аэрируемых песколовок позволит достичь более эффективного задержания взвешенных веществ, хорошей отмывки минеральных примесей, возврата органических веществ в поток стока, имеет техническую возможность работы в автоматическом и ручном режимах.

Аэрируемые песколовки также нашли применение и используются в качестве жиросборителей, нефтеуловителей. Для этих целей в конструкции песколовки выделяется зона для накопления загрязнений поднимающихся вверх на поверхность.

### 3.4 Поверочный расчет первичных радиальных отстойников

На очистных сооружениях построено 4 радиальных отстойника диаметром 40 м, рабочей глубиной 3,65 м. Объем отстойной зоны одного отстойника равен 5024 м<sup>3</sup>, всех отстойников 20096 м<sup>3</sup>.

«Гидравлическая крупность задерживаемых частиц определяем по формуле:

$$u_0 = \frac{1000 \times H_{\text{set}} \times k_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \times \left( \frac{k_{\text{set}} \times H_{\text{set}}}{h_i} \right)^{n_2}}, \text{ мм/с}$$

где  $H_{\text{set}}$  – глубина проточной части в отстойнике, 3,65 м;

$t_{\text{set}}$  – продолжительность отстаивания, соответствующая эффекту очистки, при концентрации взвешенных веществ в поступающей воде 153 мг/л, равная 744 с;

$K_{\text{set}}$  – коэффициент использования объема, для радиальных отстойников равен 0,45;

$h_i$  – слой сточной воды в лабораторном цилиндре, равный 500 мм;

$v_{\text{ib}}$  – турбулентная составляющая, зависит от скорости потока в отстойнике, 0,05 мм/с (или 0,18 м/ч);

$n_2$  – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, принимается равным 0,25» [47].

$$u_o = \frac{1000 \times 3,65 \times 0,45}{744 \times \left(\frac{0,45 \times 3,65}{0,5}\right)^{0,25}} = 1,65 \text{ мм/с}$$

«Производительность одного отстойника исходя из геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод определяется по формуле:

$$q_{\text{set}} = 2,8 \times k_{\text{set}} \times (D_{\text{set}}^2 - d_{\text{en}}^2) \times (u_o - v_{\text{tb}}), \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $D_{\text{set}}$  — диаметр отстойника, 40 м;

$d_{\text{en}}$  — диаметр впускного устройства, равен 1 м» [47].

$$q_{\text{set}} = 2,8 \times 0,45 \times (40^2 - 1^2) \times (1,65 - 0,05) = 3223 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Вывод: Тип первичных отстойников подобран верно. Производительность существующих отстойников составляет 309408 м<sup>3</sup>/сут., что позволяет обрабатывать весь объем сточных вод, поступающих на очистные сооружения.

### 3.5 Поверочный расчет аэротенков

Осветленная в первичном отстойнике сточная вода поступает в техкоридорный аэротенок. Коридоры имеют следующие конструктивные размеры: ширина - 6 м, длина - 144 м, глубина - 4,0 м, рабочий объем коридора - 3456 м<sup>3</sup>. Количество аэротенков – 7. Общий объем аэротенков – 72114 м<sup>3</sup>.

«Период аэрации (ч) в аэротенках-вытеснителях определяется по формуле:

$$t_{atv} = \frac{(1 + \varphi + a_i)}{(p_{max} \times C_o \times a_i) \times (1 - S)} \times \left[ (C_o + K_o) \times (L_{mix} - L_{ex}) + (K_i \times C_o \times \ln\left(\frac{L_{en}}{L_{ex}}\right)) \right] \times K_p,$$

где  $L_{en}$  – концентрация загрязнений сточной воды после отстаивания в первичном отстойнике по БПК<sub>полн</sub>, равная 109,5 мгО<sub>2</sub>/л;

$L_{ex}$  – БПК<sub>полн</sub> очищенной сточной воды, принимаемая равной 15 мг/л;

$L_{mix}$  – БПК<sub>полн</sub> с учетом разбавления рециркуляционным расходом иловой смеси;

$a_i$  – доза ила в аэротенке, принимаемая равной 2,5 г/л;

$R_i$  – степень рециркуляции активного ила;

$S$  – зольность активного ила, принимаемая равной 0,27;

$p_{max}$  – максимальная скорость окисления, принимаемая для городских сточных вод равной 85 мг/г\*ч;

$C_o$  – концентрация растворенного кислорода, принимаемая равной 2 мг/л;

$K_i$  – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, принимаемая для городских сточных вод равной 33 мг БПК<sub>полн</sub>/л;

$K_o$  – константа, характеризующая влияние кислорода, принимаемая для городских сточных вод равной 0,625 мг О<sub>2</sub>/л;

$\varphi$  – коэффициент ингибирования продуктами распада, который для городских сточных вод равен 0,07 л/г;

$K_p$  – коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, равный 1,5.

Степень рециркуляции активного ила определяется по формуле:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{j_i} - a_i} = \frac{2,5}{\frac{1000}{87,5} - 2,5} = 0,28$$

где  $J_i$  – иловый индекс, равный  $87,5 \text{ см}^3/\text{г}$  (при нагрузке на активный ил  $q_i = 460 \text{ мг}/\text{г} \times \text{сут.}$ ).

БПК<sub>полн</sub> с учетом разбавления  $L_{\text{mix}}$  определяем по формуле:» [47].

$$L_{\text{mix}} = \frac{(L_{\text{en}} + L_{\text{ex}} \times R_i)}{1 + R_i} = \frac{(109,5 + 15 \times 0,28)}{1 + 0,28} = 88,83$$

Период аэрации (ч) в аэротенках-вытеснителях составляет:

$$t_{\text{atv}} = \frac{(1 + 0,07 \times 2,5)}{(85 \times 2 \times 2,5) \times (1 - 0,27)} \times \\ \times \left[ (2 + 0,625) \times (88,83 - 15) + (33 \times 2 \times \ln\left(\frac{255}{15}\right)) \right] \times 1,5 = \\ = 1,85 \text{ ч}$$

«Удельная скорость окисления  $\rho$  определяется по формуле» [47]:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \times \frac{L_{\text{ex}} \times C_o}{L_{\text{ex}} C_o + K_1 C_o + K_o L_{\text{ex}}} \times \frac{1}{1 + \varphi \times a_i} = \\ = 85 \times \frac{15 \times 2}{15 \times 2 + 33 \times 2 + 0,625 \times 15} \times \frac{1}{1 + 0,07 \times 2,5} = \\ = 20,23 \text{ мгБПК}_{\text{полн}}/\text{г} \times \text{ч}$$

«Нагрузка на 1 г активного ила составит» [47]:

$$q_i = \frac{24 \times (L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})}{a_i \times (1 - S) \times t_{\text{atv}}} = \frac{24 \times (109,5 - 15)}{2,5 \times (1 - 0,27) \times 1,85} = 671,80 \frac{\text{мг}}{\text{г}} \times \text{сут.}$$

Вывод: Полученная в результате расчета нагрузка на активный ил, характеризует аэротенки как высоконагружаемые. «При такой нагрузке на активный ил бактерии и микроорганизмы могут не справиться со всем

количеством поступившей органики, что не позволит достичь необходимого качества очистки сточной воды. Это также приводит к накоплению во вторичных отстойниках лишнего количества осадка активного ила, и, как следствие, его загниванию, повышенному выносу и снижению концентрации кислорода в очищенной воде» [23].

С целью улучшения биологической очистки сточных вод от органических загрязняющих веществ, азота, фосфора необходимо проведение реконструкции аэротенков, замена системы аэрации, замена существующих воздуходувных агрегатов на новые воздуходувки, внедрение системы автоматического регулирования подачи воздуха.

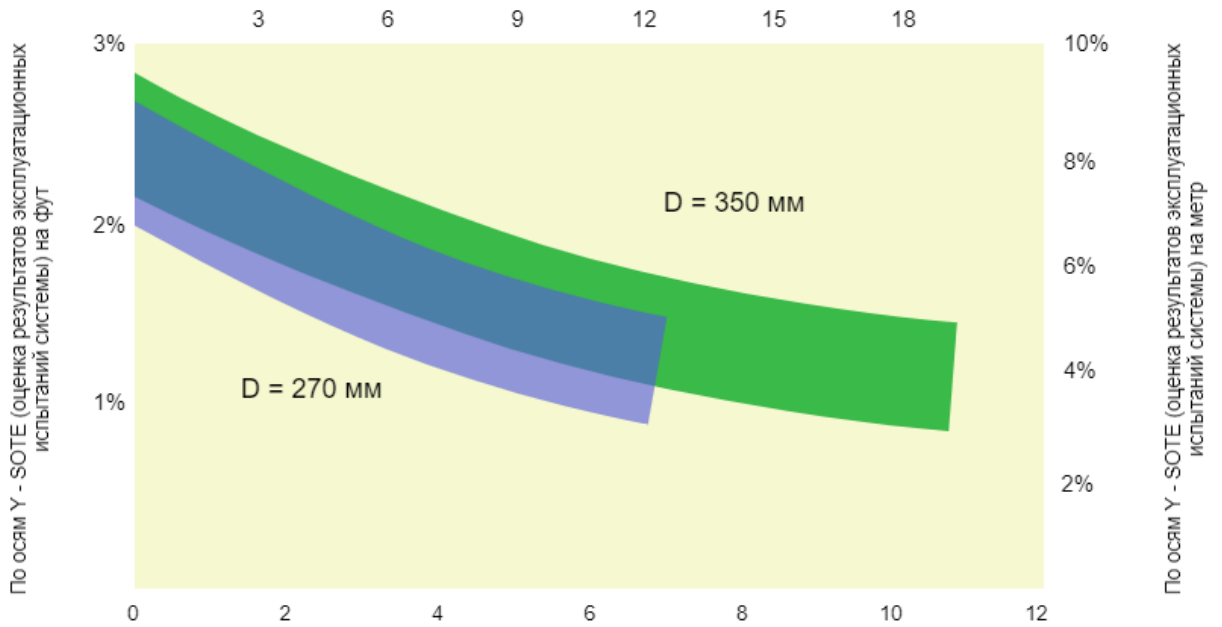
Предлагается дисковая аэрационная система ПОЛИТАР (рисунок 18, 19).



Рисунок 19 – Аэрационная система ПОЛИТАР

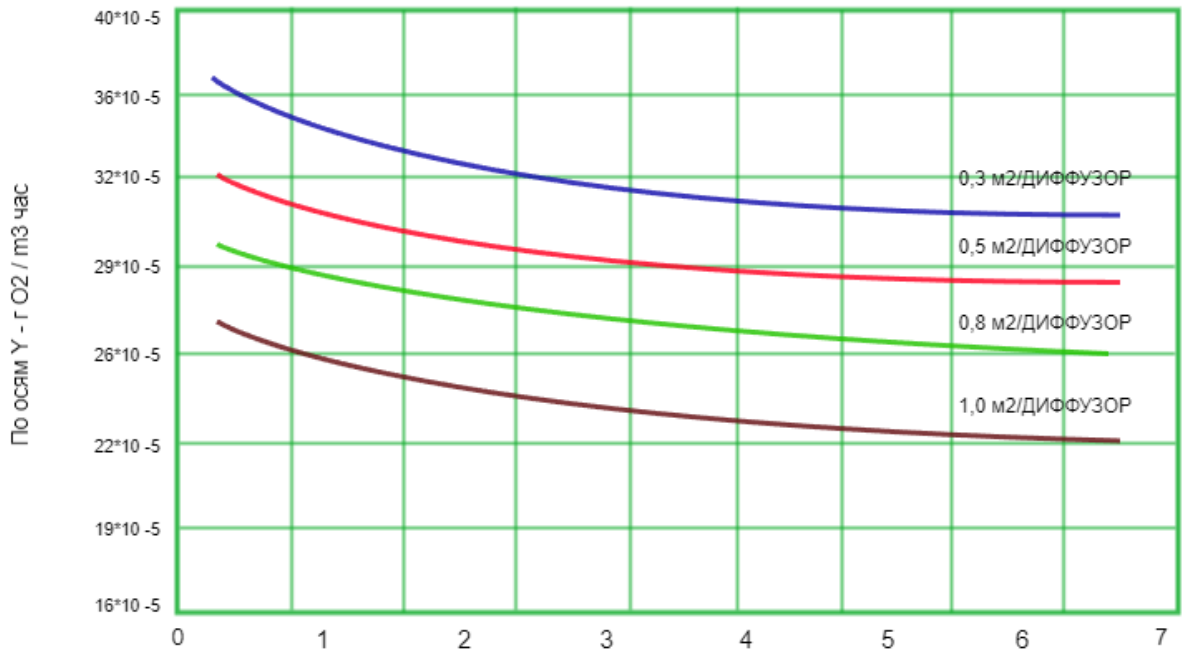
## КИСЛОРОДНО-ПЕРЕНОСЯЩИЕ ДИСКИ

По осям X - Расход воздуха в механической системе, м<sup>3</sup>/час



По осям X - Расход воздуха м<sup>3</sup>/ч на диффузор

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСКОВ D = 350 мм



По осям X - перенос кислорода на м<sup>3</sup> и м погружения

Эффективность зависит от глубины воды, что не отражено на этой кривой

Рисунок 20 – Графики характеристик и эффективности кислородно-переносящих дисков



Система сконструирована из полимерных материалов. Дисковые аэрационные системы имеют высокую массопередачу по кислороду благодаря оптимальному размеру пузыря и характеру подъема столба воздуха. Обеспечивают равномерное перемешивание растворенного кислорода по всему объему аэротенка.

### 3.6 Поверочный расчет вторичных отстойников

«В качестве вторичных отстойников на очистных сооружениях ООО «АВК» используются шесть радиальных отстойника диаметром 40 м, рабочая глубина которых составляет 4 м, объем отстойной зоны 5000 м<sup>3</sup>. Общий полезный объем отстойников достигает 30000 м<sup>3</sup>» [10].

Осуществляем проверку существующих отстойников на пропуск увеличенного расхода (максимальный часовой расход,  $q_{\max \text{ ч}} = 12416,66 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ ).

«Гидравлическая нагрузка на поверхность вторичных отстойников  $q_{\text{ssa}}$  рассчитываем с учетом концентрации активного ила в аэротенках, илового индекса, концентрации ила в осветленной сточной воде по формуле:» [47].

$$q_{\text{ssa}} = \frac{4,5 \times K_{\text{ss}} \times H_{\text{set}}^{0,8}}{(0,1 \times j_i \times a_i)^{0,5-0,01 \times a_t}} = \frac{4,5 \times 0,4 \times 3,65^{0,8}}{(0,1 \times 87,5 \times 2,6)^{0,5-0,01 \times 15}} = \frac{5,07}{2,98} = 1,7 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}$$

где  $a_t$  – концентрация активного ила в осветленной воде,  $a_t$  не менее 10 мг/л, принимаем 15 мг/л,

$K_{\text{ss}}$  – коэффициент использования объёма зоны отстаивания (для радиальных отстойников – 0,4),

$H_{\text{set}}$  – глубина зоны отстаивания существующего отстойника (3,65 м),

$a_i$  – концентрация активного ила в аэротенке (2,6 г/л),

$J_i$  – иловый индекс, равный 87,5 см<sup>3</sup>/г

Требуемая площадь зеркала воды в отстойнике  $F_s$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле:» [47]

$$F_s = \frac{Q_{\text{max.час}}}{q_{\text{ssa}}} = \frac{12416.66}{1,7} = 7309,92 \text{ м}^2$$

Площадь живого сечения одного отстойника  $f_s$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$f_s = \frac{\pi \times D_{\text{set}}^2}{4} = \frac{3,14 \times 40^2}{4} = 1256 \text{ м}^2$$

где  $D_{\text{set}}$  – диаметр существующих отстойников, 40 м.

Количество отстойников  $n$ , шт. рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_s}{f_s} = \frac{7309,92}{1256} = 5,82$$

Вывод: по расчетам полученной гидравлической нагрузки, площади живого сечения одного отстойника, необходимого количества отстойников делаем заключение, что существующее количество вторичных радиальных отстойников диаметром 40 м в количестве шести штук достаточно для пропуска увеличенного расхода сточных вод.

Эффективность отстаивания во вторичных отстойниках влияет на процесс биохимического окисления в аэротенках и определяет содержание взвешенных веществ в очищенной воде (потери биомассы активного ила).

На сегодняшний день техническое состояние радиальных отстойников неудовлетворительное и требует реконструкции с заменой оборудования, применение илососов с ПЧТ, восстановление переливных лотков с выравниванием уровня перелива.

### 3.7 Анализ качества очистки сточных вод

Качество очистки сточных вод по этапам очистки на биологических очистных сооружениях ООО «АВК» представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Качественный состав сточных вод

Показатель	Ед. изм.	Вход ОСК	После МО	После БО	После ДО	ПДС <sup>2</sup>
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	153,71	105,3	22,49	6,98	4,66
ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	389,95	286,2	54,22	37,84	30
БПК полн.	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	160,55	109,5	12,15	4,74	3
NO <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,19	–	0,51	0,36	0,08
NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,62	–	79,68	84,92	103,2
NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	34,37	26,6	0,33	0,3	0,26
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2,96	2,9	2,69	2,66	1,96

Анализ таблицы показывает значительное превышение концентраций загрязняющих веществ таких как: соединений группы азота и фосфора, ХПК, БПК, взвешенных веществ. Превышение численных значений показателей качества очистки по отношению к установленным нормативам является показателем не эффективной работы очистных сооружений, что обусловлено частыми аварийными ситуациями, неудовлетворительным техническим состоянием существующих конструкций биологических очистных сооружений, физическим износом оборудования.

Для достижения качественной очистки сточных вод, эффективного функционирования очистных сооружений ООО «АВК» необходимо провести ряд мероприятий по реконструкции очистных сооружений, замене устаревшего и изношенного оборудования.

<sup>2</sup> ПДС, согласованные до 2020 г.

Отчет о работе очистных сооружений ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ» представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Данные отчета о работе очистных сооружений ООО «АВТОГРАД- ВОДОКАНАЛ»

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Поступающие сточные воды		Очищенные сточные воды	
			ДК	Среднее значение	ПДС	Среднее значение
1	pH	Единиц pH	6,5-8,5	7,39	6,5-8,5	7,32
2	ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	388,2	303,92	30,0	33,18
3	БПК <sub>полное</sub>	мгО/дм <sup>3</sup>	160,55	155,40	3,0	6,72
4	Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	1,56	0,98	0,07	0,0837
5	Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	8,21	1,45	37,3	70,24
6	Ион аммония	мг/дм <sup>3</sup>	34,4	29,84	0,26	0,2902
7	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	155,3	125,8	4,66	7,335
8	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	505,85	542,1	505,85	516,723
9	Прокаленный остаток	мг/дм <sup>3</sup>	Не норм.	234,9	Не норм.	270,467
10	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	59,23	59,46	59,23	54,586
11	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	96,6	151,82	96,6	123,23
12	Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2,95	2,61	1,96	2,157
13	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	1,47	3,47	0,044	0,0535
14	Хром <sup>6+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0	<0,01	0	<0,01
15	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,9	1,29	0,18	0,2039
16	Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,0064	0,051	0,0032	0,0024
17	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,023	0,123	0,007	0,0114
18	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,048	0,001	0,0025
19	Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	0,15	0,410	0,021	0,0483
20	АПAB	мг/дм <sup>3</sup>	0,97	1,479	0,058	0,0607
21	Сульфиды	мг/дм <sup>3</sup>	0	6,09	0	<0,02
22	Синец	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0015	0	<0,002
23	Фенолы общие	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0629	0	<0,0005
24	Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0004	0	<0,0002

### **Выводы по третьей главе:**

1. Произведен проверочный расчет механической очистки (решетки, песколовоки, первичные радиальные отстойники), проведено исследование технического состояния сооружений, оборудования, в ходе которого выявлены недостатки механической очистки.

2. Предложена замена существующих решеток МГ-12Т на аналогичные МГ-12Т из нержавеющей стали, с целью повышения эффективности задержания грубых отбросов, надежности работы.

3. Предложена замена существующих прямоточных песколовок на аэрируемые, с целью повышения эффективности обезвоживания и отмывки минеральных примесей.

4. Произведен проверочный расчет биологической очистки (аэротенки, вторичные радиальные отстойники), проведено исследование технического состояния сооружений, оборудования, в ходе которого выявлены недостатки биологической очистки.

5. Предложена замена системы аэрации на дисковую аэрационная систему ПОЛИТАР.

6. Предложена реконструкция вторичных радиальных отстойников с заменой оборудования, применение илососов с ПЧТ, восстановление переливных лотков с выравниванием уровня перелива.

## Заключение

В процессе подготовки и оформления магистерской диссертации была выполнена поставленная задача, а именно предложены варианты по оптимизации очистных сооружений канализации на ООО «АВК», с целью повышения эффективности работы объекта, улучшения процесса очистки и качества очищенных стоков путем реконструкции и замены изношенного, физически и морально устаревшего оборудования и сооружений.

Проделан просмотр справочной и научной литературы, по результатам которого выполнен анализ и подбор мероприятий по улучшению работы предприятия ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ».

Рассмотрены и приведены основные требования, предъявляемые к технологическому процессу очистки сточных вод, используемому оборудованию и сооружениям для достижения более эффективной работы очистных сооружений.

Проанализирована действующая технология очистки сточных вод на предприятии ООО «АВК», техническое состояние сооружений и оборудования, выявлены причины, которые мешали достигать требуемого уровня очистки воды, в результате чего предложен комплекс мероприятий по оптимизации работы очистных сооружений: замена устаревшего и изношенного оборудования на новое высокопрочное оборудование, обладающее высоким КПД и управляемостью, реконструкция биологических очистных сооружений, оснащение биологических очистных сооружений канализации приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод.

Выданы рекомендации по реконструкции существующих сооружений, узлов очистки, замене оборудования, с целью повышение качества очистки стоков на предприятии ООО «АВК» до установленных нормативов.

## Список использованных источников

1. Аэрируемые фильтры [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studref.com/685378/ekologiya/aeriruemye\\_filtry](https://studref.com/685378/ekologiya/aeriruemye_filtry).
2. Аэротенки-вытеснители [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vodalos.ru/spravochniki-stroitelya/spravochnik-proektirovshika/7/2/3>.
3. Безопасность жизнедеятельности в техносфере / Системы защиты среды обитания (ч.2) / 1.3.1. Выбор системы и схемы канализации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://libraryno.ru/1-3-1-vybor-sistemy-i-shemy-kanalizacii-sissecuresrob2/>.
4. Биологические очистные сооружения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://losbel.ru/blog/articles/biologicheskie-ochistnye-sooruzheniya/>.
5. Вторичные отстойники [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://vuzlit.com/701362/vtorichnye\\_otstoiniki](https://vuzlit.com/701362/vtorichnye_otstoiniki).
6. Вторичные отстойники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stroy-spravka.ru/article/vtorichnye-otstoiniki?> (stroy-spravka.ru).
7. Глава 1. Основы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ekolog.org/books/23/2\\_6\\_1.htm](https://ekolog.org/books/23/2_6_1.htm).
8. Глава 1. Основы очистки сточных вод 7. Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ekolog.org/books/23/2\\_7.htm](https://ekolog.org/books/23/2_7.htm).
9. Глава 35. Виды, состав и свойства осадков городских сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vodalos.ru/spravochniki-stroitelya/spravochnik-proektirovshika/10/1>.
10. Закрытое акционерное общество «Управляющая компания «ДонГИС» «Схема водоснабжения и водоотведения городского округа Тольятти на период с 2014 до 2028 года» Система водоотведения ТОМ 2 № 745-14/67-ПЗ-НК [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1655032536&tld=ru&lang=ru&name=tom->

2\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf&text=https%3A%2F%2Fgost.mcito.ru%20https%3A%2F%2Fftgl.ru%2Ffiles%2Ftinymce%2Ftom-%202\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf%20https%3A%2F%2Fftgl.ru&url=https%3A%2F%2Fftgl.ru%2Ffiles%2Ftinymce%2Ftom-2\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf&lr=240&mime=pdf&l10n=ru&sign=875b968e64715428d3eb913e46a8b968&keyno=0&serpParams=tm%3D1655032536%26tld%3Dru%26lang%3Dru%26name%3Dtom-2\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf%26text%3Dhttps%253A%2F%2Fgost.mcito.ru%2Bhttps%253A%2F%2Fftgl.ru%2Ffiles%2Ftinymce%2Ftom-%2B2\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf%2Bhttps%253A%2F%2Fftgl.ru%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fftgl.ru%2Ffiles%2Ftinymce%2Ftom-2\_file\_1422338459-

2\_file\_1435815192.pdf%26lr%3D240%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D875b968e64715428d3eb913e46a8b968%26keyno%3D0.

11. И.Ю. Шлекова, А.И. Кныш механическая очистка сточных вод Учебное наглядное пособие [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eee-science.ru/wp-content/uploads/2020/10/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D0%B2%D0%BE%D0%B4.pdf>.

12. Методология реконструкции очистных сооружений отстойников [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://inzproekt.ru/metodologia-reconstruc-ochistn.html>.

13. Методы механической очистки [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studopedia.ru/4\\_124287\\_metodi-mehanicheckoy-ochistki.html](https://studopedia.ru/4_124287_metodi-mehanicheckoy-ochistki.html).

14. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5022106/page:4/>.



15. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://acs-nnov.ru/ochystka-stochnyh-vod.html>.

16. Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studwood.net/1332498/ekologiya/metody\\_ochistki\\_stochnyh](https://studwood.net/1332498/ekologiya/metody_ochistki_stochnyh).

17. Механическая очистка сточных вод: методы, сооружения, порядок проведения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rcycle.net/stochnye-vody/ochistka/mehanicheskaya-metody-sooruzheniya-poryadok-provedeniya>.

18. Механическая очистка сточных вод: эффективные методы и устройства [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geostart.ru/post/17450>.

19. Механическая очистка сточных вод: эффективные методы и устройства [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/mekhanicheskaya-ochistka-stochnykh>.

20. Механические методы очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rodolit.by/mehanicheskie-metodi-ochistki/>.

21. Микробиология очистки промышленных отходов Лекция Биологическая очистка сточных вод Лектор: к.б.н., доцент Пучкова Т.А. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.bio.bsu.by/microbio/files/presentations/puchkova/microbiol\\_ochistka\\_vody.pdf](http://www.bio.bsu.by/microbio/files/presentations/puchkova/microbiol_ochistka_vody.pdf).

22. Мутность и прозрачность [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://alminda.ru/about/4957/14283/14304/>.

23. Нагрузка на активный ил как показатель работы аэротенка [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://nomitech.ru/articles-and-blog/nagruzka\\_na\\_aktivnyu\\_il\\_kak\\_pokazatel\\_raboty\\_aerotenka/](https://nomitech.ru/articles-and-blog/nagruzka_na_aktivnyu_il_kak_pokazatel_raboty_aerotenka/)?

24. Обзор технологий очистки сточных вод от ионитов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23641680>

25. Общество с ограниченной ответственностью научно-производственная фирма «ЭКОС» «Выполнение работ по разработке проектно-сметной документации на комплекс по обработке и механическому обезвоживанию осадков на очистных сооружениях канализации цеха ОСК ООО «АВК»» Оценка воздействия на окружающую среду 850/00-ОВОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.avkvoda.ru/sfiles/lists/993\\_4\\_1642\\_0.pdf?1597727076](https://www.avkvoda.ru/sfiles/lists/993_4_1642_0.pdf?1597727076).

26. Особенности аэробных и анаэробных процессов биологической очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ovode.net/ochistka/stochnye/metody/biologicheskie/aerobnye-i-anaerobnye>.

27. Отстаивание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studbooks.net/927286/ekologiya/otstaivanie>.

28. Отстаивание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studwood.net/1158429/ekologiya/otstaivanie>.

29. Охрана водоемов от загрязнений и рациональное использование очищенных сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studref.com/324264/stroitelstvo/ohrana\\_vodoemov\\_zagryazneniy\\_ratsionalnoe\\_ispolzovanie\\_ochischennyh\\_stochnyh](https://studref.com/324264/stroitelstvo/ohrana_vodoemov_zagryazneniy_ratsionalnoe_ispolzovanie_ochischennyh_stochnyh).

30. Охрана окружающей среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studbooks.net/2509931/tovarovedenie/ohrana\\_okruzhayuschey\\_sredy](https://studbooks.net/2509931/tovarovedenie/ohrana_okruzhayuschey_sredy).

31. Очистка в аэротенках [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studme.org/177743/ekologiya/ochistka\\_iskusstvennyh\\_sooruzheniyah](https://studme.org/177743/ekologiya/ochistka_iskusstvennyh_sooruzheniyah).

32. Очистка в биофильтрах [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studme.org/177745/ekologiya/ochistka\\_biofiltrah](https://studme.org/177745/ekologiya/ochistka_biofiltrah).

33. Очистка воды коагуляцией и фильтрацией [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://stowater.com/stati/ochistka-vodyi-koagulyacziej-filtracziej.html>.

34. Очистка золой методом диализа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://afh.samgtu.ru/sites/afh.samgtu.ru/files/dializ-3.pdf>.

35. Очистка сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.newecologist.ru/ecologs-3788-2.html>.

36. Очистка сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://zinref.ru/000\\_uchebniki/00800ecologia/000\\_lekcii\\_ecologia\\_01/027.htm](https://zinref.ru/000_uchebniki/00800ecologia/000_lekcii_ecologia_01/027.htm).

37. Очистка сточных вод Ультрафиолетом [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://alta-group.ru/solutions/ochistka-stochnykh-vod-ultrafioletom/>.

38. Песковые бункеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gefli.by/index.php/with-sidebar-2/84-peskovye-bunkery>.

39. Природные и синтетические иониты [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studme.org/177701/ekologiya/prirodnye\\_sinteticheskie\\_ionity](https://studme.org/177701/ekologiya/prirodnye_sinteticheskie_ionity).

40. Проблема загрязнения водных ресурсов [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studbooks.net/914116/ekologiya/mechanicheskiy\\_metod](https://studbooks.net/914116/ekologiya/mechanicheskiy_metod).

41. Проектирование вторичных отстойников [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=810248>.

42. Разновидности очистных канализационных сооружений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://promzn.ru/kanalizatsiya/ochistnye-sooruzheniya.html>.

43. Расчёт вторичных радиальных отстойников [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mydocx.ru/6-34894.html>.

44. Реагенты для флотатора [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vo-da.ru/articles/reagenty-dlya-flotatora/flokulyanty>.

45. Реконструкция песколовок [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://bstudy.net/794150/spravochnik/rekonstruktsiya\\_peskolovok](https://bstudy.net/794150/spravochnik/rekonstruktsiya_peskolovok).

46. Реконструкция решеток [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://bstudy.net/794149/spravochnik/rekonstruktsiya\\_reshetok](https://bstudy.net/794149/spravochnik/rekonstruktsiya_reshetok).

47. Реконструкция систем водоотведения Учебное пособие [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://gost.mcito.ru/static/files/luum/isbn\\_9785726412375.pdf](https://gost.mcito.ru/static/files/luum/isbn_9785726412375.pdf).

48. Свод правил СП 30.13330.2012 "СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий", - 68 с.

49. Современные задачи по очистке сточных вод и роль этого процесса для человечества [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.promstok.com/articles/ochistnye-sooruzheniya/sovremennye\\_zadachi\\_po\\_ochistke\\_stochnykh\\_vod\\_i\\_rol\\_etogo\\_protsessa\\_dlya\\_chelovechestva/](https://www.promstok.com/articles/ochistnye-sooruzheniya/sovremennye_zadachi_po_ochistke_stochnykh_vod_i_rol_etogo_protsessa_dlya_chelovechestva/).

50. Состав и свойства сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/sostav-i-svoistva-stochnykh-vod.html>.

51. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения», - 84 с.

52. Статья Колеван А.Л. Модернизация канализационных очистных сооружений// Студенческие Дни науки в ТГУ – 2022: научно-практическая конференция: сборник студенческих работ - Тольятти 2022.

53. Удаление взвешенных веществ осаждением. отстойники, конструкции, область применения, принципы расчета [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lektsia.com/1x1d9c.html>.

54. Физико-химические [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://o-vode.net/ochistka/stochnye/metody/fiziko-himicheskie>.

55. Флотационная очистка сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://studme.org/15071211/ekologiya/flotatsionnaya\\_ochistka\\_stochnyh\\_vod](https://studme.org/15071211/ekologiya/flotatsionnaya_ochistka_stochnyh_vod).

56. Эксплуатация очистных сооружений канализации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rykovodstvo.ru/exspl/40971/index.html?page=4>.

57. Электрохимическая очистка воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.o8ode.ru/article/dwater/purewater/elchemistry\\_water.htm](https://www.o8ode.ru/article/dwater/purewater/elchemistry_water.htm).