

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

по ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю  
качественных показателей

МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод  
для специальности

08.02.04 Водоснабжение и водоотведение  
(Учебный план 2020)

Челябинск, 2020

## **АКТ СОГЛАСОВАНИЯ**

**на методические рекомендации по выполнению курсового проекта по ПМ.03 «Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей»,  
разработанных преподавателем ГБПОУ Южно-Уральского государственного технического колледжа Хидиятуллиной А.А.**

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по ПМ.03 «Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей», разработаны в рамках рабочей программы профессионального модуля, являющегося частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности СПО 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение базовой подготовки в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВДП): Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей и соответствующих профессиональных компетенций (ПК).

Настоящие методические рекомендации по выполнению курсового проекта представляют собой индивидуальные практические задания и служат для закрепления у студентов специальных знаний и умений при определении метода очистки сточных и основных параметров очистных сооружений сточных вод.

В ходе выполнения студентами курсового проекта осуществляется обучение применению полученных знаний и умений, приобретается практический опыт при решении комплексных задач, связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов.

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по ПМ.03 «Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей» соответствуют установленным требованиям и могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе.

## Содержание

Пояснительная записка.....	5
1. Курсовое проектирование.....	7
1.1 Цели и задачи курсового проектирования.....	7
1.2 Общие требования к курсовому проектированию.....	9
1.3 Задание на курсовое проектирование.....	9
1.4 Организация работы по курсовому проекту.....	9
1.5 Структура и объем курсового проекта.....	10
1.6 Оформление графической части объекта.....	49
Литература.....	50
Приложение 1 «Титульный лист».....	51
Приложение 2 «Задание на курсовое проектирование».....	52
Приложение 3 «Отзыв».....	54
Приложение 4 «Расчетные расходы сточных вод».....	57
Приложение 5 «Количество загрязняющих веществ».....	58
Приложение 6 «Приемная камера».....	59
Приложение 7 «Решетки».....	60
Приложение 8 «Песколовки».....	62
Приложение 9 «Первичный отстойник».....	64
Приложение 10 «Аэротенк».....	65
Приложение 11 «Илоуплотнитель».....	66
Приложение 12 «Метантенк».....	67
Приложение 13 «Иловые площадки».....	68
Приложение 14 «Генеральный план очистных сооружений канализации»...	70

### Пояснительная записка

Курсовой проект разработан в рамках программы профессионального модуля ПМ.03, являющегося частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение базовой подготовки в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД): ): Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей и соответствующих профессиональных компетенций (ПК).

На выполнение курсового проекта программой выделено **50 часов**.

Выполнение курсового проекта предусматривает своей целью:

- формирование профессиональной направленности, систематизации, закреплению и расширению полученных во время обучения теоретических и практических знаний при постановке и решении разработанных в курсовом проекте задач по программе МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод. ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей:
- способствует разносторонней подготовке студентов к производственной деятельности в современных условиях;
- овладение указанным видом профессиональной деятельности.

Выполнение курсового проекта направлено на формирование элементов следующих компетенций:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам

ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации,

необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие

ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами

ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке

ПК 3.1. Разрабатывать технологический процесс очистки природных и сточных вод

**умений:**

– выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

**знаний:**

– гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Для выполнения курсового проекта студенты должны иметь достаточно высокий уровень подготовки по следующим темам:

Тема «Современные проблемы очистки поверхностного стока» ПМ.03. Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей

Тема «Отечественный и зарубежный опыт в предотвращении загрязнений вод поверхностным стоком с городских территорий» ПМ.03. Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей

Тема «Классификация загрязнённых сточных вод по происхождению и физическому состоянию. ПДК и ПДС. Методика расчета необходимой степени очистки сточных вод».

Тема «Основные методы очистки сточных вод. Решетки. Песколовки. Песковые площадки и бункеры».

Тема «Отстойники. Основные типы. Расчет. Оценка эффективности работы. Преаэраторы и биоаагуляторы. Методика компоновки сооружений механической очистки».

Тема «Сооружения биологической очистки сточных вод в естественных и искусственно созданных условиях. Оценка эффективности. Основные направления интенсификации работы аэрационных сооружений».

Тема «Вторичные отстойники. Илоуплотнители. Методы физико-химической очистки».

Тема «Методы обеззараживания сточных вод. Хлораторы. Смесители. Контактные резервуары. Выпуск сточных вод в водоем».

Тема «Состав и свойства осадка первичных и вторичных отстойников. Сооружения для сбраживания осадка. Обезвоживание осадков. Термическая сушка осадков СВ».

В настоящее время в новых экономических условиях образование представляет собой процесс не только обучения, но и воспитания и развития студента как личности, представляющий интерес для общества и государства. В этих условиях содержание образования ориентируется на самоопределение личности, на создание условий для ее самореализации уже при выполнении таких самостоятельных работ, каким являются курсовые проекты и следующий за ними дипломный проект.

## **1. Курсовое проектирование**

Курсовое проектирование является активной формой обучения студентов и предусмотрено учебным планом МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод. Объем проекта определяется заданием. Работа над курсовым проектом подразделяется на этапы:

- Анализ и обобщение исходных данных;
- Непосредственное проектирование;
- Оформление проекта и его открытая защита.

## **1.1 Цели и задачи курсового проектирования**

Курсовое проектирование, как активная форма и завершающий этап обучения по МДК.03.01 «Очистка и контроль качества природных и сточных вод» имеет следующие задачи:

- Закрепить и расширить знания по МДК.03.01 «Очистка и контроль качества природных и сточных вод»;
- Дать возможность проявить и развить творческие способности, инициативу, самостоятельность в принятии решений с последующей их критической оценкой;
- Обучить пользоваться справочной литературой, стандартов и иных справочных материалов.

В курсовом проекте студент должен проявить достигнутый им уровень теоретической подготовки, которая предполагает умения:

- применять стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), пользоваться Строительными нормами и правилами (СНиП);
- выполнять расчет очистных сооружений;
- пользоваться таблицами и справочной литературой.
- выполнять расчеты по определению концентрации загрязнения общего стока;
- выполнять расчеты по определению необходимой степени очистки сточных вод;
- применять компьютерные программы при проектировании очистных сооружений канализации;
- выполнять подбор схем очистки сточных вод;
- выполнять расчеты сооружений очистной станции;
- выполнять компоновку сооружений очистной станции;

В современных условиях рыночной экономики оценка уровня образования, т.е. его готовности к началу профессиональной деятельности, по принципу «знаем, умеем, имеем (навыки)» смещается к оценке его

компетенций – способностей студента как личности использовать свои знания, умения и навыки при выполнении профессиональных обязанностей.

Требования к компетенциям разнообразны и диктуются областью профессиональной деятельности.

## **1.2 Общие требования к курсовому проекту**

К курсовому проекту предъявляется ряд требований:

- Тема курсового проекта должна отвечать профилю специальности;
- Выполнение чертежей, оформление пояснительной записки в строгом соответствии с ЕСКД.

Единство требований предполагает широкую инициативу при проектировании в соответствии с особенностями объекта и склонностями того или иного студента. Обязательной предпосылкой качественного и своевременного выполнения курсового проекта является работа студента по графику.

## **1.3 Задание на курсовое проектирование**

Задание на курсовой проект выдается руководителем курсового проекта студенту на первом занятии по проектированию.

Задание оформляется по единой форме, представленной в приложении 2.

## **1.4 Организация работы по курсовому проекту**

Работа над проектом состоит из нескольких этапов:

- анализ и обобщение исходных данных на базе курсового проекта по (ПМ.03.);
- непосредственное проектирование;
- оформление проекта и его защита.

В целях контроля за ходом проектирования, руководитель проекта разрабатывает график выполнения. В предусмотренные дни процентовки



студенты предъявляют руководителю все имеющиеся у них материалы по проекту в соответствии с заданным объемом работ.

Так как курсовой проект в большей его части является самостоятельной работой студента, поэтому студент во время консультации должен обращаться к руководителю, как правило, с готовыми решениями.

## **1.5 Структура и объем курсового проекта**

Курсовой проект очистных сооружений канализации разрабатывается в объеме технико-экономического обоснования. В состав курсового проекта входят расчетно-пояснительная записка и графическая часть.

Расчетно – пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата А4 на компьютере с соответствующим шрифтом GOST type A, размер шрифта 14, интервал 1,5 строки.

В состав расчетно-пояснительной записки должны входить:

- Титульный лист, установленной формы (приложение 1);
- Задание на курсовое проектирование (приложение 2);
- Содержание со следующими рекомендуемыми разделами:

Введение

1. Исходные данные на проектирование

2. Общая характеристика объекта водоотведения города

3. Определение основных расчетных характеристик проекта и выбор схемы очистки сточных вод

3.1 Определение расчетной производительности канализационной очистной станции

3.2 Определение расчетного числа жителей

3.3 Определение расчетных концентраций загрязнений общего стока

3.4 Определение требуемой степени очистки сточных вод

3.4.1 Определение коэффициента смешения

3.4.2 Определение необходимой степени очистки сточных вод

3.5 Выбор схемы очистки сточных вод

## 4 Расчет очистных сооружений

### 4.1 Расчет сооружений для механической очистки сточных вод

#### 4.1.1 Приемная камера

#### 4.1.2 Решетки

#### 4.1.3 Песколовки

#### 4.1.4 Первичные отстойники

#### 4.1.5 Преаэраторы и биокоагуляторы

### 4.2 Сооружения биологической очистки сточных вод

#### 4.2.1 Биофильтры

#### 4.2.2 Аэротенки

#### 4.2.3 Вторичные отстойники

### 4.3 Расчет сооружений для обработки осадка

#### 4.3.1 Илоуплотнители

#### 4.3.2 Метантенки

#### 4.3.3 Иловые площадки

#### 4.3.4 Песковые площадки

### 4.4 Сооружения по обеззараживанию сточных вод

## Заключение

## 5 Литература

Пояснительная записка выполняется в объеме 50 – 60 страниц в электронном виде. Графическая часть состоит из 2-х листов технологической документации, а именно:

- Лист 1, формат А1, А2, «Генплан очистных сооружений», выполненный в масштабе 1:500 или 1:1000, с указанием размеров основных сооружений, технологических трубопроводов, инженерных сетей, дорог, элементов благоустройства;

- Лист 2, формат А1, А2 «План и разрез одного из сооружений очистной станции», выполненные в масштабе 1:50 или 1:100.

На листе *генерального плана* необходимо расположить:

- Границы обозначенного объекта
- Здания и сооружения
- Проходную

- Дороги
- Условные обозначения.

На листе ***плана и разреза сооружения*** необходимо расположить:

- План выбранного сооружения
- Разрез выбранного сооружения
- Размеры сооружения
- Условные обозначения

По завершении проектирования и защиты курсового проекта руководитель проекта заполняет бланк отзыва (приложение 3).

В разделе ***«Введение»*** указываются особенности объекта, дается обоснование актуальности разработки предложенной темы проекта. Приводится краткая информация о решаемых в курсовом проекте вопросах: необходимость устройства очистных сооружений.

#### Раздел 1 ***«Исходные данные»***

Исходные данные включают в себя:

- Характеристики объекта водоотведения;
- Физико-химические характеристики промышленных стоков;
- Данные по водоёму, приемнику сточных вод.

В разделе 2 ***«Общая характеристика объекта водоотведения города»***, необходимо указать: численность населения, климат, глубина залегания грунтовых вод, характеристика города, геолого-литологическое строение грунтов.

#### Раздел 3 ***«Определение основных расчетных характеристик проекта и выбор схемы очистки сточных вод»***

##### ***3.1 Определение расчётной производительности очистных сооружений канализации (ОСК)***

Наиболее часто применяемая в нашей стране полная раздельная система водоотведения предполагают совместную очистку бытовых и производственных сточных вод. Для расчета концентрации загрязнений смеси этих вод и необходимой степени очистки необходимо знать среднесуточные расходы.

Расчётная производительность ОСК определяется в зависимости от суммарного расхода бытовых и производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{\text{ср\_сут}} = Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{быт}} + Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{пром}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{быт}}$  – среднесуточный расход бытовых сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;  
 $Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{пром}}$  – среднесуточный расход промышленных сточных вод м<sup>3</sup>/сут.

$$Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{быт}} = \frac{q \cdot N}{1000}, \quad (2)$$

где  $q$  – норма водоотведения на одного человека, л/чел·сут;  
 $N$  – число жителей, чел.

Среднесуточный расход производственных сточных вод определяется на основе технологических данных по конкретному предприятию либо по справочным данным для предприятия-аналога.

Для расчета большинства сооружений очистки необходимо знать максимальный секундный расход. Наиболее точное его определение возможно по суммарному почасовому графику притока бытовых и производственных сточных вод как при подаче насосами, так и при самотёчном поступлении. При отсутствии таких данных допускается вычислять максимальный секундный расход как произведение среднесекундного на общий коэффициент неравномерности. Для бытовых сточных вод это  $K_{\text{ген.мах.}}$  по таблице 2 приложение 4. Для производственных – принимается по данным технологов. В курсовом  $K_{\text{ген.мах.}}$  принять равным 1, или задать значение.

При необходимости проверки работы сооружений при минимальном расходе для вычисления последнего для бытовых сточных вод используется  $K_{\text{ген.мин}}$ , принимаемый также по таблице 2 приложение 4.

Средний часовой расход находим делением среднесуточного расхода на 24 часа:

$$Q_{\text{ср\_час}}^{\text{быт}} = \frac{Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{быт}}}{24}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (3)$$

$$Q_{\text{ср\_час}}^{\text{пром}} = \frac{Q_{\text{ср\_сут}}^{\text{пром}}}{24}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (4)$$

$$Q_{\text{ср\_час}} = Q_{\text{ср\_час}}^{\text{быт}} + Q_{\text{ср\_час}}^{\text{пром}}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (5)$$

Определим средний секундный расход:

$$Q_{\text{ср\_сек}}^{\text{быт}} = \frac{Q_{\text{ср\_час}}^{\text{быт}}}{3600}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

$$Q_{\text{ср\_сек}}^{\text{пром}} = \frac{Q_{\text{ср\_час}}^{\text{пром}}}{3600}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

$$q = Q_{\text{ср\_сек}}^{\text{быт}} + Q_{\text{ср\_сек}}^{\text{пром}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

Максимальный (минимальный) секундный расход бытовых стоков определяется по следующей формуле:

$$Q_{\text{max(min)}\_сек}^{\text{быт}} = K_{\text{max(min)}} \cdot Q_{\text{ср\_сек}}^{\text{быт}}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{max(min)}}$  – общий коэффициент неравномерности притока сточных вод, приложение 4.

### 3.2 Определение расчетного числа жителей

Некоторые параметры работы очистных сооружений принято рассчитывать на так называемое приведенное число жителей ( $N_{\text{пр}}$ ), вычисляемое с учетом эквивалентного числа жителей ( $N_{\text{экв}}$ ). Эквивалентное число жителей учитывает влияние производственных сточных вод на состав общего стока.

Эквивалентное население  $N_{\text{экв}}$  – это число жителей, которые вносят такое же количество загрязнений, что и данный расход производственных сточных вод.

Приведенное число жителей ( $N_{\text{пр}}$ ) определяется как сумма расчетного  $N$  и эквивалентного  $N_{\text{экв}}$  числа жителей:

$$N_{\text{пр}} = N + N_{\text{экв}}, \quad (10)$$

Эквивалентное число жителей от каждого промышленного предприятия определяется по формуле:

$$N_{\text{экв}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}}}{a}, \quad (11)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – среднесуточный расход промышленных сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$C_{\text{пр}}$  – концентрация загрязнений промстоков,  $\text{мг/л}$ ;

$a^*$  – количество загрязнений, вносимых одним человеком в сточные воды в сутки, г/чел·сут, таблица 3, приложение 5.

### 3.3 Определение расчетных концентраций загрязнений общего стока

Определение необходимой степени очистки и расчёт очистных сооружений канализации производится по основным показателям загрязнений, которыми являются количество взвешенных веществ и сумма органических загрязнений, выраженных БПК<sub>полн</sub>. Кроме того для определения возможности осуществления биологической очистки определяется содержание поступающих в ОСК сточных вод биологических элементов. В соответствии с п. 6.2. на каждые 100 мл/л БПК<sub>полн</sub> должно приходиться не менее 5 мг/л азота N и 1 мг/л фосфора P.

Основными загрязнениями общего стока являются взвешенные вещества и органические загрязнения, выраженные БПК<sub>п</sub>. Эти показатели используются в основном для определения необходимой степени очистки сточных вод и расчета сооружений очистной станции канализации.

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод, мг/л определяется по формуле:

$$C_{\text{быт}} = \frac{a^* \cdot 1000}{q_n}, \quad (12)$$

где  $C_{\text{быт}}$  – концентрация вычисляемого вида загрязнений, мг/л;

$q_n$  – норма водоотведения на одного человека, л/чел·сут.

Расчетная концентрация загрязнений общего стока, мг/л определяется по формуле:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{быт}} \cdot Q_{\text{быт}} + \sum C_{\text{пром}} \cdot Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}}}, \quad (13)$$

где  $C_{\text{быт}}$  и  $C_{\text{пр}}$  – концентрация вычисляемого вида загрязнений соответственно бытовых и производственных сточных вод, мг/л;

$Q_{\text{быт}}$  и  $Q_{\text{пр}}$  – расход соответственно бытовых и производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

### 3.4 Определение требуемой степени очистки сточных вод

Общие условия выпуска сточных вод в поверхностные водоемы определяются народнохозяйственной значимостью этих водоемов, характером водопользования и их самоочищающей способностью и регулируются «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения».

Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Единицы измерения	Тип водопользования			
		Санитарно-бытовые		Рыбохозяйственные	
		1.1	1.2	2.1	2.2
		Хозяйственно-питьевое	Культурно-бытовое	Воспроизводство ценных пород рыб	Для других рыбохозяйственных целей
Растворенный кислород	мг/л	≥4		≥6	
БПК <sub>пол</sub> при t=20°C	мгО <sub>2</sub> /л	≤3	≤6	≤3	
Повышение содержания взвешенных веществ	мг/л	не более чем на			
		0,25	0,75	0,25	0,75

#### 3.4.1 Определение коэффициента смешения

Для определения необходимой степени очистки по основным показателям нужно знать значение коэффициента смешения сточных вод с водой водоема, куда будут сбрасываться очищенные сточные воды, в данном случае. При спуске сточных вод в проточные водоемы коэффициент смешения определяется по полуэмпирической зависимости:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{q_p}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}, \quad (14)$$

где  $q_p$  – расход воды (при 95%-ной обеспеченности) в створе реки у места выпуска,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

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

$L$  – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по течению (фарватеру), м, определяемое как расстояние до ближайшего пункта водопользования ( $L_\phi$ ), уменьшенное на 1 км;  $L = L_\phi - 1000$ , м

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (15)$$

где  $\xi$  – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем (при самотечном выпуске у берега  $\xi = 1$ , при выпуске в фарватере реки  $\xi = 1,5$ );

$\varphi$  – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояния от места выпуска до расчетного створа по фарватеру к расстоянию между этими же пунктами по прямой  $\varphi = L_\phi / L$ ;

$E$  – коэффициент турбулентной диффузии:

$$E = \frac{V_{cp} H_{cp}}{200}, \quad (16)$$

где  $V_{cp}$  – средняя скорость течения при минимальном расходе,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$H_{cp}$  – средняя глубина водоема на участке между выпуском сточных вод и расчетным створом, м.

Кратность разбавления в расчетном створе:

$$n = \frac{(\alpha \cdot q_p + q)}{q}, \quad (17)$$

### 3.4.2 Определение необходимой степени очистки сточных вод

Степень очистки сбрасываемых в водоем сточных вод определяется по количеству взвешенных веществ, допустимой величине БПК и количеству растворенного в водоеме кислорода.

Согласно санитарным правилам, предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах,  $\text{мг}/\text{л}$ , спускаемых в водоем определяется по формуле:



$$C_{\text{взв}} / \text{вх} = p \cdot \left( \gamma \cdot \frac{q_p}{q} + 1 \right) + C_r, \quad (18)$$

где  $p$  – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, определяемое в зависимости от категории водопользования по таблице 1.

$C_r$  – содержание взвешенных веществ в водоеме до выпуска сточных вод, мг/л;

Необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам определяется по формуле:

$$\Theta = \frac{C_{\text{общ}} - C_{\text{взв}} / \text{вх}}{C_{\text{общ}}} \cdot 100\%, \quad (19)$$

где  $C_{\text{общ}}$  – содержание взвешенных веществ до очистки, мг/л.

Допустимая БПК сточных вод, подлежащих сбросу в водоём, рассчитывается на основании баланса биохимической потребности в кислороде смеси речной воды и сточных вод в расчетном створе, г/м<sup>3</sup> по формуле

$$L_{\text{ex}} = \frac{\gamma \cdot q_p}{q \cdot 10^{-k_1 t}} (L_N - L_r \cdot 10^{-k_2 t}) + \frac{L_N}{10^{-k_1 t}}, \quad (20)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой, определяемые опытным путем:

$$k_1 = 0,16; k_2 = 0,1;$$

$L_N$  – предельно допустимое значение БПК<sub>полн</sub> смеси речной и сточной воды в расчетном створе, мг/л таблица 1;

$L_r$  – БПК<sub>полн</sub> воды в водоёме до места выпуска сточных вод, мг/л;

$t$  – время движения сточных вод до расчётного створа, сут, которое можно вычислить из соотношения

$$t = \frac{L \varphi - \ell}{V_{cp} \cdot 86400} \quad (21)$$

Необходимая степень очистки сточных вод по растворенному кислороду, г/м<sup>3</sup> определяется по формуле:

$$L_{\text{ст}} = \frac{\gamma \cdot q_p}{0,4 \cdot q} \cdot (Q_p - 0,4 \cdot L_p - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (22)$$

где  $O$  – минимальное содержание кислорода в воде, г/м<sup>3</sup>;

В соответствии с правилами спуска сточных вод в воде водоема после смешения ее со сточной водой содержание растворенного кислорода должно быть не ниже 4 мг/л.

Принимаем  $O = 4 \text{ мг/л} = 4 \text{ г/м}^3$ ;

$Q_p$  – содержание растворенного кислорода в речной воде до места выпуска очищенных сточных вод, г/м<sup>3</sup>;

$L_{ст}$ ,  $L_p$  – полное биохимическое потребление  $O_2$  соответственно сточными водами и речной водой, г/м<sup>3</sup>;

$L_p = \text{БПК}_{\text{полн}}$ ;

Необходимая степень очистки  $\Xi$  определяется по формуле:

$$\Xi = \frac{(L_a - L_{cm}) \cdot 100}{L_a}, \quad (23)$$

где  $L_a$  – БПК<sub>полн</sub><sup>неосв</sup> сточных вод, поступающих на очистку;

$L_{ст}$  – принимаем максимально возможное значение по БПК.

### *3.5 Выбор схемы очистки сточных вод*

Требуемая степень очистки определяет метод и тип очистных сооружений. Если требуемая степень очистки по взвешенным веществам более 50 %, а снижение БПК находится в пределах 80 %, то назначается частичная биологическая очистка (механическая очистка и последующая доочистка на сооружениях частичной биохимической очистки). При необходимости снижения БПК более, чем на 80 % применяется полная биологическая очистка.

В настоящее время, исходя из современных санитарных норм защиты водоёмов от загрязнений, практически всегда принимается полная биологическая очистка, с доведением БПК<sub>н</sub> очищенных сточных вод до 15...20 мг/л.

Выбор типа очистных сооружений и схемы очистки производится на основе анализа местных условий: производительности станции, наличия достаточной площадки земельного участка, климатических, грунтовых и

почвенных условий, рельефа местности, обеспеченности электроэнергией, наличия местных материалов и др.

Обработка городских сточных вод, представляющих собой смесь бытовых и промышленных сточных вод, производится обычно в такой последовательности: механическая очистка на решетках, в песколовках и первичных отстойниках; биологическая очистка на аэротенках или в биофильтрах и вторичных отстойниках; обеззараживание и выпуск в водоем либо повторное использование в промышленности или сельском хозяйстве. Обработка осадков может производиться в метантенках с последующим механическим обезвоживанием и термической сушкой либо высушиванием на иловых площадках.

В таблице 2 приведены рекомендации для выбора типа сооружений по очистке городских сточных вод.

Таблица 2 - Данные для выбора типа сооружений по очистке сточных вод

Наименование сооружений	Производительность очистной станции, м <sup>3</sup> /сут						
	до 50	до 300	до 500	до 10000	до 30000	до 50000	более 50000
<i>При механической очистке</i>							
Решетки	+	+	+	+	+	+	+
<b>Песколовки:</b>							
вертикальные	—	—	+	+	+	—	—
горизонтальные	—	—	+	+	+	+	+
с круговым движением воды	—	—	—	—	—	+	+
<b>Отстойники:</b>							
двухъярусные	+	+	+	+	—	—	—
вертикальные	—	—	—	X	X	X	—
горизонтальные	—	—	—	—	+	+	+
радиальные	—	—	—	X	+	+	+
Метантенки	—	—	—	+	+	+	+
Иловые площадки	+	+	+	+	+	+	+
Вакуум-фильтры	—	—	—	—	—	+	+
Хлораторные установки	+	+	+	+	+	+	+
<i>При биологической очистке</i>							
Поля орошения	+	+	+	+	+	+	—
Поля фильтрации	+	+	+	+	+	+	—
Биологические пруды	+	—	+	—	—	—	—
Биофильтры	+	+	+	X	—	—	—

Аэротенки	–	–	–	X	+	+	+
Илоуплотнители	–	–	–	+	+	+	+

Условные обозначения: + рекомендуется; X применяются при соответствующем обосновании; – не рекомендуется.

#### Раздел 4 «*Расчет очистных сооружений*»

Расчёт очистных сооружений, входящих в состав очистной станции канализации, производится по формулам и данным, указанным в соответствующих рекомендуемых литературных источниках. В проекте желательно применять типовые сооружения, в этом случае геометрические размеры известны и расчёт сводится к определению скоростей, уровней и продолжительности пребывания воды.

Расчёт количества выпадающего песка, осадка, активного ила производится по удельным нормам, приведенным в таблице СП [1].

Очистные сооружения рассчитываются в следующем порядке.

– рассчитывают сооружения по ходу воды – решётки, песколовки, водоизмерительные лотки, отстойники, сооружения биологической очистки, вторичные отстойники, дезинфекторы (смеситель, хлораторная, контактные резервуары), выпуск (одновременно рассчитываются и коммуникации – лотки, трубы, дюкеры, водосливы);

– рассчитывают сооружения для обработки осадка – илоуплотнители, метантенки, иловые площадки или установки для механического обезвоживания осадка и термической сушки. (При варианте подачи влажного осадка на сельскохозяйственные поля производится прикидочный расчёт иловой насосной станции.);

– рассчитывают воздуховоды, подающие сжатый воздух в аэротенки, и производится подбор воздуходувок.

Если выбран вариант почвенной очистки, то соответственно рассчитываются площадь полей орошения или фильтрации, оросительные

трубопроводы и каналы, при необходимости – дренажная сеть, станции перекачки.

При использовании типовых проектов очистных сооружений фактические расходы воды могут не совпадать с предусмотренными в типовом проекте. Поэтому типовые сооружения следует подбирать по ближайшей бóльшей производительности, при этом скорость движения сточной жидкости в каналах, трубах, и лотках должна быть не менее самоочищающей, рекомендуемой [1].

При расчёте очистных сооружений желательно число отдельных сооружений или секций выбирать одинаковой кратности для всей очистной станции. Это даёт экономию строительных и эксплуатационных расходов.

Все результаты расчётов очистной станции следует помещать в таблицы. Это даёт возможность наглядно сопоставить характерные данные, оценить правильность выбранного решения.

#### *4.1 Расчет сооружений для механической очистки сточных вод*

##### *4.1.1 Приемная камера*

Приемная камера предназначена для приема сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации, гашения скорости потока жидкости и сопряжения режимов трубопроводов с открытыми лотками.

На приемные камеры разработаны типовые проекты. Выбор размеров камеры производится в зависимости от пропускной способности, диаметра и количества напорных трубопроводов.

Резкие колебания расхода и количества загрязнений сточных вод затрудняют их очистку. Для усреднения расхода и количества загрязнений применяют приёмную камеру. Типоразмер приёмной камеры принимается в соответствии с таблицей 4, приложение 6.

##### *4.1.2 Лотки*

Подводящий канал, который также является распределительным каналом рассчитывается на расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ :

$$q = Q_{\text{сек быт}} + Q_{\text{сек произ}}, \quad (24)$$

При форсированном режиме работы или при перегрузке очистной станции расход будет, согласно [1]:

$$q' = q \cdot 1,4, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (25)$$

$$F = Q_{\text{сек}} / V, \quad (26)$$

где  $V$  - скорость в лотке, определяется по таблице Лукиных.

Примем живое сечение лотка квадратным,  $\text{м}^2$  тогда:

$$B = \sqrt{F}, \quad (27)$$

#### 4.1.2 Решетки

Решетки устанавливаются на всех очистных сооружениях независимо от того, как поступают сточные воды на очистные сооружения – самотеком или после насосной станции, имеющей решетки.

Тип решеток определяется в зависимости от производительности очистной станции и количества отбросов, снимаемых с решеток. При количестве отбросов более  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$  предусматривается механизированная очистка решеток, при меньшем количестве отбросов – ручная. При механизированных решетках следует предусматривать установку дробилок для измельчения отбросов и подачи измельченной массы в сточные воды перед решетками или направлять их для совместной обработки с осадками очистных сооружений. При малой и средней производительности очистной станции применяют решетки-дробилки.

При расчете решеток определяют их размеры и потери напора, возникающие при прохождении через них сточных вод.

Размеры решёток определяются по расходу сточных вод, по принятой ширине прозоров между стержнями решётки и ширине стержней, а также по средней скорости прохождения воды через решётку.

Скорость движения сточных вод в прозорах решёток при максимальном притоке надлежит принимать: для механизированных решёток –  $0,8 \dots 1 \text{ м/с}$ ; для решёток-дробилок –  $1,2 \text{ м/с}$ .

Расчёт решёток начинается с подбора живого сечения подводящего канала перед камерой решетки. Каналы и лотки должны рассчитываться на максимальный секундный расход  $q_{\max,с}$  с коэффициентом 1,4 [1]. Скорость движения сточной жидкости в канале должна быть не менее 0,7 м/с и не более 1,2...1,4 м/с.

Число прозоров в решетке  $n$  определяется по формуле:

$$n = \frac{q \cdot k}{b \cdot H_p \cdot V_p}, \quad (28)$$

где  $b$  - ширина прозоров между стержнями, м; Наиболее употребляемые прутья прямоугольного сечения с закруглёнными углами размером 8×60 мм, т. е.  $S = 0,008$ ,  $b$  – ширина прозоров между стержнями 16 мм = 0,016 м;

$H_p$  - глубина воды в канале перед решеткой при пропуске расчетного расхода, 1-4 м;

$V_p$  - скорость движения сточной жидкости в прозорах решетки, 0,8-1 м/с;

$k$  - коэффициент, учитывающий стеснение сечения потока граблями, при механической очистке 1,05; при ручной очистке – 1,1...1,2.

Количество отбросов, снимаемых с решетки, м<sup>3</sup>/сут определим по формуле:

$$W = \frac{\alpha \cdot N_{\text{пр.взв}}}{365 \cdot 1000}, \quad (29)$$

где  $\alpha$  – количество отбросов, снимаемых с решеток, л/год на одного человека, для решеток, с шириной прозоров 16мм принимается  $\alpha = 8$  л/год на человека;

$N_{\text{пр.взв}}$  – приведенное количество жителей по взвешенным веществам, чел,

Влажность отбросов составляет 80 %, плотность – 750 кг/м<sup>3</sup>.

Для дробления отбросов в здании решёток устанавливаются дробилки молоткового типа Д-3, Д-3а, производительностью 0,3...1,0 т/ч. Работа дробилок периодическая. Дроблённые отходы, транспортируемые потоком воды из технического водопровода, допускается направлять в канал сточной воды перед решётками или перекачивать в метантенки. Расход воды, подаваемой к дробилки, принимается из расчёта 40 м<sup>3</sup> на 1 т отбросов.

В проекте необходимо привести схему узла решёток и схематичное изображение дробилки. Основные технические характеристики решёток и дробилок приведены в таблице 5, приложение 7.

После определения числа работающих решеток необходимо предусмотреть установку резервных решеток согласно таблице 6, приложение 7.

При плотности отбросов  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ , масса загрязнений составляет:

$$M = W \cdot \rho, \text{ т / сут} \quad (30)$$

Расход воды, подаваемой к дробилкам:

$$40 \text{ м}^3 - 1 \text{ т}$$

$x - M$

$$\Rightarrow x = \frac{M \cdot 40}{1}, \text{ м}^3$$

Ширина канала в месте установки решетки, м:

$$B_p = S(n - 1) + b_n, \quad (31)$$

где  $S$  – толщина стержней, м;

Общая строительная длина решетки, м:

$$L = l_1 + l_p + l_2, \quad (32)$$

где  $l_1$  - длина уширения перед решеткой, м, принимается:

$$l_1 = 1,37(B_p - B_k), \quad (33)$$

где  $B_p$  - ширина камеры решетки, м,

$B_k$  - ширина подводящего канала, м,  $B_k = 0,2 - 1 \text{ м}$ ;

$l_p$  - рабочая длина решетки, принимаемая конструктивно равной 1,5 м;

$l_2$  - длина сужения после решетки, м;

$$l_2 = 0,5 l_1, \quad (34)$$

Общая строительная высота камеры в месте решеток:

$$H = h_1 + h_p + h_2, \quad (35)$$

где  $h_1$  - глубина воды в канале перед решеткой при пропуске расчетного расхода - 1-3 м;

$h_2$  - превышение бортов камеры над уровнем воды, не менее 0,3 м;

$h_p$  - потери напора в решетке, м, определяющиеся по формуле:



$$h_p = \xi \frac{V_p^2}{2g} k, \quad (36)$$

где  $k$  – коэффициент увеличения потерь напора за счет засорения,  $k = 3$ ;

$\xi$  – коэффициент сопротивления, зависящий от формы стержней:

$$\xi = \beta \left( \frac{S}{b} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha, \quad (37)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от формы стержней, равный для прямоугольных 2,42, для прямоугольных с закруглёнными краями 1,83, для круглых 1,72;

$\alpha$  – угол наклона решетки к потоку ( $\alpha = 60 \div 70^\circ$ ),

#### 4.1.3 Песколовки

Песколовки предусматривают на станциях с производительностью более 100 м<sup>3</sup>/сут, как правило, их размещают после решёток. Выбор типа песколовки зависит от конкретных местных условий, производительности станции, схемы очистки сточных вод и обработки осадков.

Для станций производительностью до 10000 м<sup>3</sup>/сут рекомендуется применять тангенциальные и вертикальные песколовки, для станций производительностью свыше 10000 м<sup>3</sup>/сут – горизонтальные, а свыше 20000 м<sup>3</sup>/сут – аэрируемые. Наиболее часто применяются горизонтальные песколовки.

Расчёт песколовки сводится к определению их размеров в зависимости от гидравлической крупности песка и принятого типа сооружений и производится по максимальному расходу сточных вод. Число песколовки или отделений принимается не менее двух, причём все рабочие. При механизированном сгребании осадка предусматривается резервная песколовка.

В зависимости от принятой скорости движения сточных вод площадь живого сечения песколовки, м<sup>2</sup> (или её отделения) определяется по формуле

$$\omega = \frac{Q}{V_s \cdot n} \quad (38)$$

где  $Q_{\max\_сек}^{общ}$  – максимальный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$V_s$  – скорость движения сточных вод, м/с (принимается по приложению 8,

таблица 9);

$n=2$  - число песколовок (отделений).

Длина рабочей части песколовки, м определяется по формуле

$$L_s = \frac{1000 \cdot k_s \cdot H_p \cdot V_s}{u_0}, \quad (39)$$

где  $k_s$  - коэффициент турбулентности, принимаемый в зависимости от типа песколовки по таблице 10 приложение 8;

$H_p$  - расчетная глубина песколовки, принимается 0,25...2,0м;

$V_s$  - скорость движения воды в песколовке;

$u_0$  - гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка (таблица 9 приложение 8).

Ширина отделений песколовки определяется по формуле

$$B = \omega / h_1, \text{ м} \quad (40)$$

где  $h_1=2\text{м}$ .

Полученные размеры песколовки проверяются

- на скорость движения воды при максимальном и минимальном расходах, м/с:

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{BH_p n} \quad (41)$$

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{BH_p n} \quad (42)$$

где  $Q_i$  - расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$H_p$  - расчетная глубина песколовки, м;

$B$  - ширина песколовки, м;

$n$  - число отделений песколовки;

Продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке, с:

$$t_i = \frac{L_s}{V_s} \quad (43)$$

где  $L_s$  - длина рабочей части;

$V_s$  - скорость движения воды в песколовке.

Общий объем осадочной части песколовки определяется по формуле,  $m^3$

$$W_{oc} = \frac{p \cdot N_{пр} \cdot t}{1000}, \quad (44)$$

где  $p$  - объем задерживаемого песка, применяемый по приложению 8;

$t$  - период между двумя чистками песколовки, принимаемое не более 2-х суток;

$N_{пр}$  - приведённое число жителей по взвешенным веществам.

Осадок из песколовки удаляется с помощью гидромеханической системы. Она состоит из нескольких смывных трубопроводов, оборудованных sprays, сориентированными в сторону бункера. Бункер диаметром 0,8м и глубиной 1м ( $V=2m^3$ ) предусматривается в начале песколовки ниже уровня днища. Длина пескового лотка и смывного трубопровода будет равна

$$L=L_s-D_6 \quad (45)$$

Выгрузка осадка предусматривается 1 раз в сутки. При поступлении в бункер 30% осадка и расположении остального осадка по всему днищу песколовки высота слоя в каждом отделении будет

$$h_0 = \frac{W_{oc} \cdot 0,7}{L \cdot B \cdot n} \quad (46)$$

Высота слоя накопления осадка (при  $e=0,1$ ) должна быть менее

$$h_{л} = K_{г} \cdot h_0 \cdot (e+1), \text{ м} \quad (47)$$

где  $K_{г}$  - коэффициент, 1,5;

Система смыва работает следующим образом. Вода, излившаяся из sprays в толщу осадка, начинает фильтроваться по пути наименьшего сопротивления - вверх. При определённой скорости осадок расширяется и становится весьма подвижным. На уровне sprays (у днища) он легко смывается, на смену ему опускаются верхние слои. Таким образом, осадок не взрыхляется, а наоборот, подсасывается сверху и смывается в сторону бункера.

Для смыва осадка достаточно его незначительного расширения. Для этого восходящая скорость потока по всей площади осадка (площади днища и лотка

сооружения) должна составлять  $v=0,0063\text{м/с}$  (при эквивалентном диаметре зерен песка в осадке  $d_{\text{экр}}=0,05\text{см}$ ). Общий расход промывной воды, подаваемой по одному смывному трубопроводу, определяется по формуле

$$gl=vBL, \text{ м}^3/\text{с} \quad (48)$$

где  $B$  - ширина песколовки;

$L$  - длина пескового лотка.

При скорости  $v_{\text{тр}}=3\text{м/с}$  диаметр смывного трубопровода

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot v_{\text{тр}}}}, \text{ мм} \quad (49)$$

Скорость движения воды,  $\text{м/с}$  в начале его будет:

$$v_{\text{тр}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{\text{тр}}^2} \quad (50)$$

Требуемый напор в начале смывного трубопровода определяется по формуле

$$H_o = 5,6h_{\text{л}} + 5,4 \frac{v_{\text{тр}}^2}{2 \cdot g}, \text{ м} \quad (51)$$

При расстоянии между sprays  $Z=0,5\text{м}$  число их на смывном трубопроводе составит

$$n_{\text{спр}}=L/Z, \text{ шт.} \quad (52)$$

Диаметр отверстия sprays определяется по формуле

$$d_{\text{спр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot n_{\text{спр}} \cdot \mu_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_o}}} \quad (53)$$

где  $\mu_p$  - коэффициент расхода sprays, ориентировочно равный 0,82.

Общая глубина песколовки определяется по формуле,  $\text{м}$ :

$$H=h_6+H_p+h_{\text{л}}, \quad (54)$$

где  $h_6$ - высота бортов над уровнем воды в песколовке, принимается 0,2...0,4м.

Удаление задерживаемого песка из песколовок всех типов допускается предусматривать вручную при его объёме до 0,1  $\text{м}^3/\text{сут}$ . При большем объёме удаление песка из песколовок должно быть механизировано. Наиболее надёжным и распространенным способом является удаление с помощью гидроэлеваторов. Подача воды к гидроэлеваторам производится насосами,

которые могут быть установлены в здании решеток.

Для сгребания песка в песковой бункер в горизонтальных песколовках предусматривается скребковый механизм с электроприводом. В аэрируемых песколовках для удаления песка используется гидромеханическая система.

#### 4.1.4 Первичные отстойники

Расчёт первичных отстойников производится по кинетике выпадения взвешенных веществ с учётом необходимого осветления на максимальный часовой расход сточных вод. При установке отстойников перед биофильтрами или аэротенками на полную биологическую очистку, вынос взвешенных веществ из них не должен превышать 150 мг/л.

Число отстойников принимается не менее двух, все рабочие. При минимальном числе отстойников расчётный объём увеличивают в 1,2...1,3 раза. В зависимости от производительности станции выбирается тип отстойника.

Первичные отстойники служат для предварительного осветления сточных вод, поступающих на биологическую очистку. *Радиальные отстойники* применяются в качестве первичных, вторичных и илоуплотнителей для станций производительностью свыше 20000 м<sup>3</sup>/сут. Эффект задержания взвешенных веществ в них составляет до 60%.

*Горизонтальные отстойники* обычно применяются на станциях средней и большой производительности (15000 м<sup>3</sup>/сут и более). Эффект очистки в них в среднем составляет 50...60%. *Вертикальные отстойники* применяются в основном для очистки бытовых сточных вод на станциях производительностью до 20000 м<sup>3</sup>/сут при низком горизонте грунтовых вод. Эффект осветления воды в вертикальных отстойниках составляет 60–70%.

##### ***Расчет горизонтального отстойника.***

Требуемый эффект осветления рассчитывается исходя из того, что из отстойников не должно выноситься взвешенных веществ более 150 мг/л, эффект осветления будет равен:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{общ}} - 150}{C_{\text{общ}}} \cdot 100\% \quad (55)$$

где  $C_{\text{общ}}$  – исходная концентрация взвешенных веществ в сточной воде.

Общая длина отстойника, м определяется по формуле:

$$L_{\text{set}} = \frac{v_w \cdot H_{\text{set}}}{k_{\text{set}} \cdot U_o}, \quad (56)$$

где  $V_w$  – средняя скорость в проточной части отстойника, мм/с определяется по таблице 11, приложение 9;

$H_{\text{set}}$  – глубина проточной части, м, определяется по таблице 11, приложение 9;

$k_{\text{set}}$  – коэффициент объемного использования отстойника, определяется по таблице 1,1 приложение 9;

$U_o$  – гидравлическая крупность частиц, мм/с:

$$u_o = \frac{1000 \cdot H_{\text{set}} \cdot k_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \cdot \left( \frac{k_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{h} \right)^{n_r}}, \quad (57)$$

где  $t_{\text{set}}$  – продолжительность отстаивания, определяется по таблице 11, приложение 9;

$h$  – слой в лабораторном цилиндре, принимаем  $h = 500 \text{ мм}$ ;

$n_r$  – определяется по чертежу 1, приложение 9.

Ширина отстойника типовая: 4м, 6м или 9м. Кроме того, необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$B_{\text{set}} = 2H_{\text{set}}, \quad (58)$$

Число отстойников:

$$\begin{aligned} n \cdot B_{\text{set}} &= \frac{Q_{\text{max},c}}{H_{\text{set}} \cdot V_w}, \\ \Rightarrow n &= \frac{Q_{\text{max},c}}{H_{\text{set}} \cdot V_w \cdot B_{\text{set}}} \end{aligned} \quad (59)$$

Число отстойников округляем до целого в большую сторону, тогда пересчитываем  $V_w$ :

$$V_w = \frac{Q_{\text{max},c}}{n \cdot H_{\text{set}} \cdot B_{\text{set}}}, \text{ м/с}$$

Общий объем проточной (рабочей) части сооружения,  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{omcm}} = n \cdot H_{\text{set}} \cdot B_{\text{set}} \cdot L_{\text{set}}, \quad (60)$$

Количество осадка  $Q_{mud}$ , выделяемого при отстаивании,  $м^3/ч$  определим, исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающей воде  $C_{en}$  и концентрации взвешенных веществ в осветленной воде  $C_{ex}$ :

$$Q_{mud} = \frac{q_w (C_{общ} - C_{взв/ex})}{(100 - \rho_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \quad (61)$$

где  $q_w$  – среднечасовой расход сточных вод, поступающий на один отстойник,  $м^3/ч$ ;

$\rho_{mud}$  – влажность осадка, равная 95%;

$\gamma_{mud}$  – плотность осадка, равная 1  $г/см^3$ .

Объем пескового бункера,  $м^3$  (угол конического днища  $65^\circ$ ) рассчитывается по формуле:

$$V_o = h \cdot (S_1 + \sqrt{S_1 \cdot S_2} + S_2) / 3, \quad (62)$$

где  $h$  – высота бункера, м;

$S_1$  – верхнее основание бункера, размером 2×2 м, 3×3 м; 4×4 м, 5×5 м, 6×6 м;

$S_2$  – нижнее основание бункера, размером 0,5×0,5 м, 1×1 м, 1,5×1,5 м, 2×2 м, 2,5×2,5 м.

$$h = tg 65^\circ \cdot x, \quad (63)$$

$$x = (S_1 - S_2) / 1, \text{ м};$$

В курсовом проекте необходимо принять количество бункеров, и определить их общий объем,  $м^3$ :  $i=3-8$ .

$$V_o i = V_b \cdot i$$

Общая строительная высота отстойника, м:

$$H = H_{set} + H_2 + H_3 + h, \quad (64)$$

где  $H_{set}$  – глубина проточной части отстойника;

$h$  – высота бункера;

$H_2$  – высота нейтрального слоя, 0,3 м;

$H_3$  – дополнительная высота, 0,3 м.

В пояснительной записке необходимо привести эскизное изображение принятой конструкции отстойника и его основные конструктивные параметры: рабочую глубину, эффект осветления, строительную высоту, строительную ширину или диаметр, рабочий объем, объем осадочной части, пропускную

способность, характеристики механических устройств (илоскребов, насосов и пр.).

## *4.2 Сооружения биологической очистки сточных вод*

### *4.2.1 Преаэраторы и биокоагуляторы*

Преаэраторы и биокоагуляторы применяются для увеличения эффекта осветления сточных вод при первичном отстаивании, в частности, при наличии в поступающей воде взвешенных веществ более 300 мг/л. Эти сооружения не являются обязательными и применяются в том случае, если расчёт показывает, что первичного отстойника недостаточно для достижения необходимого эффекта очистки. Преаэраторы следует применять на станциях очистки сточных вод с аэротенками, при этом они устанавливаются перед первичными отстойниками и могут конструктивно с ними объединяться. Применение этих сооружений при большом количестве взвешенных веществ позволяет снизить строительный объём сооружений. Конструктивно они представляют собой прямоугольные резервуары высотой,  $H_{\text{set}}$ , равной глубине проточной части отстойников и шириной,  $B$ , равной  $1 \dots 1,5 \cdot H_{\text{set}}$  [1]. Биокоагуляторы применяются на очистных станциях, технологическая схема которых может включать в себя как аэротенки, так и биофильтры. При применении вертикальных отстойников камера биокоагуляции и отстойник совмещаются (см. рис.4.44 [1]). Расчёт преаэраторов и биокоагуляторов выполняется с учётом требований (п. 6.116) [2] на максимальный приток воды.

### *4.2.2 Биофильтры*

Биофильтры применяются для полной и неполной биологической очистки. Капельные биофильтры применяются на станциях



производительностью не более  $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ , а высоконагружаемые – до  $50\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Биофильтры проектируются в виде круглых, многогранных или прямоугольных в плане резервуаров со сплошными стенками и двойным дном: верхнее дно – колосниковая решётка, нижнее – сплошное. Стенки биофильтров должны возвышаться над поверхностью фильтрующего слоя на 0,5 м.

В капельных биофильтрах предусматривается естественная аэрация через окна, располагаемые равномерно по всему периметру стен биофильтра в пределах междудонного пространства. Окна имеют устройства, закрывающие их наглухо. Площадь окон должна составлять 1...5 % площади биофильтра.

Высоконагружаемые биофильтры проектируют с искусственной аэрацией. На отводных трубопроводах аэрофильтров устанавливаются гидравлические затворы глубиной 200 мм.

В конструкции биофильтров предусматриваются устройства для промывки днища, ремонтные лазы и трубопроводы опорожнения на случай прекращения подачи жидкости зимой. Число биофильтров должно быть от 2 до 8, все рабочие.

Расчёт *капельных биофильтров* состоит в определении необходимого объёма загрузочного материала для очистки сточной воды и размеров элементов водораспределительных устройств, дренажа, лотков для сбора и отведения воды. Расчёт производят по максимальному расходу воды.

Проектирование производят в соответствии с рекомендациями [1,2,6]. Тип биофильтра подбирают по таблице 13 [7]. В п.3 курсовой вносят формулы для расчёта с пояснениями, вычисленные значения. После проведения вычислений выполняют эскизное изображение биофильтра (или копию с литературного источника) и таблицу “Основные параметры биофильтра”, где должны быть указаны: тип, окислительная мощность, загрузка, её объём, допустимая нагрузка по воде, общая площадь биофильтра и геометрические размеры.

При расчёте *высоконагружаемых биофильтров* пользуются сведениями, изложенными в тех же литературных источниках, что и в случае капельных биофильтров. Типоразмеры высоконагружаемых биофильтров приведены в [8] (табл. 20.9). Порядок расчёта высоконагружаемых фильтров и методика

проведения вычислений подробно изложены в учебнике [1]. При вычислениях необходимо учесть расчёт воздуха,  $\text{м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  сточной воды.

В проекте необходимо предусмотреть распределительное устройство для равномерного орошения сточными водами всей поверхности биофильтров. Наибольшее распространение получило спринклерное орошение и орошение при помощи подвижных оросителей.

Для спринклерного орошения принимают величину свободного напора у разбрызгивателей около 1,5 м, конечного – не менее 0,5 м, диаметр разбрызгивателей – от 18 до 32 мм. Расчёт сводится к определению расхода воды из разбрызгивателя, необходимого их числа, диаметра разводящей сети, ёмкости и времени работы дозирующего бака. Необходимо привести все расчёты и схему расположения разбрызгивателей. Некоторые сведения для проектирования могут находиться в [9].

При расчёте реактивных оросителей свободный напор принимается не менее 0,5 м, диаметр отверстий – не менее 10 мм.

После вычислений приводится эскизное изображение оросителя и его характеристики.

#### 4.2.3 *Аэротенки*

Аэротенки различных типов применяются для биологической очистки городских и производственных сточных вод. По структуре потока все типы аэротенков делятся на *аэротенки-вытеснители*, *аэротенки-смесители*, *аэротенки-отстойники*. Концентрация взвешенных веществ в воде, подаваемой на аэротенки (после первичных отстойников) должна быть не более 150 мг/л. *Аэротенки-отстойники* применяются при пропускной способности станции до 50000  $\text{м}^3/\text{сут}$ ; *аэротенки-смесители* различных модификаций применяются при значениях  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  очищаемого стока более 500 мг/л, при наличии в стоке медленно окисляемых веществ, а также при колебаниях состава сточных вод; *аэротенки-вытеснители* – при  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  очищаемого стока до 150 мг/л и при отсутствии залповых поступлений токсичных веществ. При значениях  $\text{БПК}_{\text{полн}}$ , превышающих 150 мг/л, необходимо предусматривать регенерацию активного ила.

Расчёт аэротенков включает определение емкости и габаритных размеров сооружения, объема требуемого воздуха и избыточного активного ила. Вместимость аэротенка определяется по среднечасовому поступлению воды за период аэрации в часы максимального притока. При проектировании аэротенков определяется период аэрации в зависимости от принципа их работы и наличия регенерации активного ила.

Степень рециркуляции активного ила в аэротенке определяется по формуле:

$$R = \frac{a}{1000/J - a}, \quad (65)$$

где  $a$  – доза ила в аэротенках, г/л, принимаем  $a=4$  г/л;

$J$  – иловый индекс, для предварительного расчета примем  $J = 100$  см<sup>3</sup>/г.

БПК<sub>полн</sub> сточных вод, поступающих в аэротенк с учетом разбавления рециркуляционным расходом:

$$L_{mix} = \frac{L_{ex} + L_{en} \cdot R}{1 + R}, \text{ мг/л} \quad (66)$$

где  $L_{ex}$  – БПК<sub>полн</sub> поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л;

$L_{en}$  – БПК<sub>полн</sub> очищенной воды, принимаем  $L_{ex} = 20$  мг/л;

Продолжительность обработки сточных вод в аэротенках, ч найдем по формуле

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a}} \cdot \lg \frac{L_{mix}}{L_{en}}, \quad (67)$$

Доза ила в регенераторе, г/л определяется по формуле:

$$a_r = a \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot R} + 1 \right), \quad (68)$$

Удельная скорость окисления определяется по формуле:

$$\rho = \rho_{max} \cdot \frac{L_{ex} \cdot C_o}{L_{ex} \cdot C_o + K_1 \cdot C_o + K_o \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_r}, \text{ мг/(г·ч)} \quad (69)$$

где  $\rho_{max}$  – максимальная скорость окисления, мг БПК<sub>полн</sub> /(г·ч), принимается по таблице 13, приложение 10;

$C_o$  – концентрация растворенного кислорода, мг/л;

$K_1$  – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг БПК<sub>полн</sub> /л, принимается по таблице 13, приложение 10;

$K_o$  – константа, характеризующая влияние кислорода, мг  $O_2$ /л принимается по таблице 13, приложение 10;

$\phi$  – коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г, принимается по таблице 13, приложение 10;

Продолжительность окисления органических загрязняющих веществ определяется по формуле

$$t_o = \frac{L_{ex} - L_{en}}{R \cdot a_r (1 - s) \rho}, \text{ч} \quad (70)$$

где  $s$  – зольность ила, принимается по таблице 13, приложение 10;

Продолжительность регенерации ила определяется по формуле:

$$t_r = t_o - t_{at}, \text{ч} \quad (71)$$

Вместимость аэротенка определим по формуле

$$W_{at} = t_{at} \cdot (1 + R) \cdot Q_{\text{ср.час}}, \text{м}^3 \quad (72)$$

где  $Q_{\text{ср.час}}$  – расчетный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,

Вместимость регенератора определим по формуле:

$$W_r = t_r \cdot R \cdot Q_{\text{ср.час}}, \text{м}^3 \quad (73)$$

Продолжительность пребывания воды в системе «аэротенк-регенератор» вычислим по формуле

$$t = (1 + R) \cdot t_{at} + R \cdot t_r, \text{ч} \quad (74)$$

Для уточнения илового индекса определим среднюю дозу ила в системе «аэротенк-регенератор» по формуле

$$a_{\text{imix}} = \frac{(1 + R) \cdot t_{at} \cdot a + R \cdot t_r \cdot a_r}{t}, \text{г/л} \quad (75)$$

Нагрузка на ил  $q_i$  мг БПК<sub>полн</sub>/(г·сут), определяется по формуле

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{ex} - L_{en})}{a_{\text{imix}} \cdot (1 - s) \cdot t}, \quad (76)$$

Процент регенерации составляет:

$$r = \frac{W_r}{W_r + W_{at}} \cdot 100\%, \quad (77)$$

Заданный кислородный режим и необходимую интенсивность перемешивания в аэротенках обеспечивают аэраторы. Число аэраторов в

регенераторах и на первой половине длины аэротенков-вытеснителей принимается вдвое больше, чем на остальной длине аэротенков (п. 6.152 [1]).

Удельный расход воздуха  $q_{air}$  определяется по формуле:

$$q_{air} = \frac{q_0(L_{ex} - L_{en})}{K_1 K_2 K_T K_3 (C_a - C_0)}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ очищенной воды} \quad (78)$$

где  $q_0$  - удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК<sub>полн</sub>, принимаемый 1,1;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации по таблице 14, приложение 10;

$K_2$  - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов  $h_a$  и принимаемый по таблице 15, приложение 10;

$K_T$  - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, определяемый по формуле:

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20), \quad (79)$$

где  $T_w$  - среднемесячная температура воды за летний период, °C;

$K_3$  - коэффициент качества воды, принимаемый по таблице 14, приложение 10;

$C_a$  - растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л, определяемая по формуле:

$$C_a = (1 + \frac{h_a}{20,6}) C_T, \quad (80)$$

где  $C_T$  - растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, принимаемая по справочным данным,  $C_T = 9,61$  мг/л;

$C_0$  - средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л; в первом приближении  $C_0$  принимается 2 мг/л.

Пневматические аэраторы погружены на  $h_a = 3$  м.

Общий расход воздуха  $Q_{air}$ , м<sup>3</sup>/ч составит:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot Q_{\text{max общ}}$$

Средняя интенсивность аэрации, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) определяется по формуле:

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{atv}}, \quad (81)$$

где  $H_{at}$  - рабочая глубина аэротенка, 3-4 м;

$t_{atv}$  - период аэрации, ч, определяемый по формуле:

$$t_{atv} = \frac{1 + a\varphi}{\rho_{max} a C_0 (1 - s)} \left[ (C_0 + K_0)(L_{mix} - L_{en}) + K_l C_0 \ln \frac{L_{ex}}{L_{en}} \right] K_p, \quad (82)$$

где  $K_p$  - коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, при биологической очистке  $K_p=1,5$

Если вычисленная интенсивность аэрации выше  $I_{a,max}$  для принятого значения  $K_1$ , необходимо увеличить площадь аэрируемой зоны, если она менее  $I_{a,min}$  для принятого значения  $K_2$  следует увеличить расход воздуха, приняв  $I_{a,min}$  по таблице 15, приложения 10.

Прирост активного ила  $P_i$ , мг/л в аэротенках определяем по формуле:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{общ} + K_g \cdot L_{ex}, \quad (83)$$

где  $C_{общ}$  – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л.

$K_g$  – коэффициент прироста для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод  $K_g = 0,3$

Количество избыточного ила, мг/л:

$$\Delta P_i = P_i - a_t, \quad (84)$$

где  $a_t$  – концентрация ила в осветленной воде,  $a_t = 10$  мг/л.

Сухое вещество избыточного ила, г/сут:

$$A_i = \frac{\Delta P_i \cdot Q_{cp.cym}}{10^6}, \quad (85)$$

Объем неуплотненного активного ила, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_i = \frac{A_i \cdot 100}{(100 - \omega_i) \cdot \gamma_i}, \quad (86)$$

где  $\omega_i$  – влажность неуплотненного активного ила:

$$\omega_i = \left( 1 - \frac{\alpha_{ил.к.}}{1000} \right) \cdot 100\%, \quad (87)$$

где  $\alpha_{ил.к.}$  – концентрация ила в иловой камере, г/л, равная

$$a_{ил.к} = A_i \cdot \frac{1 + R_i}{R_i}, \quad (88)$$

$\gamma_i$  – плотность избыточного активного ила, принимается равной 1 т/м<sup>3</sup>.

#### 4.2.3 Вторичные отстойники

Вторичные отстойники используют для отделения активного ила, поступающего вместе со сточной водой из аэротенков. Они конструктивно аналогичны первичным. В качестве вторичных отстойников принимаем горизонтальные отстойники.

Основные отличия вторичных отстойников от первичных заключаются в характере механизмов для сбора и удаления осадка и связанной с этим конструкцией днища.

Вторичные отстойники рассчитываются по гидравлической нагрузке, которая определяется по формуле:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot a_i)^{0,5-0,01a_i}}, \quad (89)$$

где  $K_{ss}$  – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников - 0,4, вертикальных - 0,35, вертикальных с периферийным выпуском - 0,5, горизонтальных - 0,45;

$a_i$  – доза ила в аэротенке, следует принимать не более 15;

$J$  – иловый индекс, 86,;

$a_t$  – концентрация ила в осветленной воде, следует принимать не менее 10 мг/л;

$H_{set}$  – рабочая глубина отстойника, согласно таблице 11, приложение 9.

Число вторичных отстойников,  $n$  следует принимать не менее 3.

Площадь одной секции отстойника, м<sup>2</sup>

$$F = \frac{Q_{cp.час}}{q_{ssa} \cdot n}, \quad (90)$$

Необходимо принять ширину, В одного вторичного отстойника м, тогда его длина составит F/B, м.

Расход циркулирующего активного ила, м<sup>3</sup>/ч определяется по формуле

$$q_B = a \cdot Q_{\text{ср.час}}, \quad (91)$$

где  $a$  – доля циркулирующего ила от расчетного расхода сточных вод, определяемая по формуле

$$a = \frac{a_i}{a_r - a_i}, \quad (92)$$

Расход избыточного активного ила определяется по формуле

$$q_{\text{и}} = \frac{100}{(100 - \omega) \cdot \rho} \cdot I_{\text{сух}}, \text{м}^3/\text{ч} \quad (93)$$

где  $\omega$  – влажность ила, 99,07 %;

$\rho$  – плотность ила, принимается 1 т/м<sup>3</sup>

$$I_{\text{сух}} = \frac{0,8 \cdot K_B \cdot (1 - E) + 0,3 \cdot L_{\text{ex}} - b}{1000 \cdot 1000} \cdot Q_{\text{ср.час}}, \text{т/ч} \quad (94)$$

где  $C_{\text{общ}}$  – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на первичные отстойники, мг/л;

$E$  – эффективность задержания взвешенных веществ в первичном отстойнике, 0,5;

$b$  – вынос активного ила из вторичного отстойника, принимается 15 мг/л

В иловой камере ил не должен находиться более T=2-х часов. В соответствии с этим ее объем будет равен

$$V_{\text{и.к.}} = \frac{T \cdot (q_{\text{и}} + q_B)}{N}, \text{м}^3 \quad (95)$$

где N=6.

Количество избыточного активного ила в отстойниках рассчитывается по формуле

$$W_{\text{и.изб}} = \frac{(P_i - C_{\text{общ}}) \cdot Q_{\text{ср.сут}} \cdot 100}{\gamma \cdot 10^6 \cdot (100 - \varphi_i)}, \text{м}^3 \quad (96)$$

где  $Q_{\text{ср.сут}}$  – суточный приток сточных вод на станцию;

$P_i$  – прирост активного ила;

$\gamma$  – плотность активного ила, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi_i$  – влажность активного ила, %



### 4.3 Расчет сооружений для обработки осадка

#### 4.3.1 Илоуплотнители

Уплотнение – наиболее простой и распространенный способ уменьшения объема осадков, обеспечивающий повышение производительности последующих сооружений по обработке осадков. Влажность осадков после уплотнения должна обеспечивать их свободное транспортирование по трубам.

На уплотнение поступает избыточный активный ил. Применим в качестве илоуплотнителей вертикальные отстойники.

По таблице 17, приложение 11 принимается продолжительность уплотнения, скорость движения жидкости в отстойной зоне, влажность исходного ила, уплотненного.

Расчёт илоуплотнителей ведется на максимальный часовой приток избыточного ила

$$q_{i\_max} = \frac{(1,3 \cdot P_i - C_{сдp}) \cdot Q}{24 \cdot C_i}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (97)$$

где  $P_i$ ,  $C_{общ}$ ,  $Q_{ср.сут}$  – аналогично формуле расчёта количества избыточного ила;

$C_i$  – концентрация активного ила, равная 4 г/л для вторичных отстойников

Полезная площадь илоуплотнителя,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле

$$F_{пол} = \frac{q_{ж}}{3,6 \cdot v}, \quad (98)$$

где  $q_{ж}$  – максимальный объем жидкости, отделяемой в процессе уплотнения ила за 1 ч

$$q_{ж} = q_{i\_max} \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2}, \text{ м}^3 \quad (99)$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  влажность соответственно поступающего и уплотненного ила;

$v$  – скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотнителя,

Диаметр илоуплотнителя определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{пол}}}{3,14 \cdot n}}, \text{ м} \quad (100)$$

где  $n$  – число илоуплотнителей, принимается от 2.

Высота рабочей зоны илоуплотнителей  $H$ , составит

$$H = q_0 \cdot t, \text{ м} \quad (101)$$

где  $q_0$  – расчётная нагрузка на площадь зеркала уплотнителя, принимаем равной  $0,4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$  для избыточного активного ила из вторичных отстойников с концентрацией 4 г/л;

$t$  – продолжительность уплотнения ила, определяемая по таблице 17, приложение 11.

Общая высота  $H_{\text{общ}}$  определяется по формуле

$$H_{\text{общ}} = H + h + h_6, \text{ м} \quad (102)$$

где  $h$  – высота зоны залегания ила при илоскребе, принимаемое 0,3 м;

$h_6$  – высота бортов над уровнем воды, принимаемое 0,1 м

Объём уплотнённого активного ила,  $\text{м}^3$  определяется по формуле

$$W_{i_{\text{упл}}} = W_{i_{\text{изб}}} \cdot (100 - \omega_1) / (100 - \omega_2), \quad (103)$$

где  $W_{i_{\text{изб}}}$  – объём избыточного активного ила

Выпуск из илоуплотнителей производится непрерывно под гидростатическим давлением 0,5...1 м через водослив с порогом переменной высоты. Илоуплотнители в высотном отношении располагают так, чтобы вода из них могла быть подана в аэротенки самотёком.

#### 4.3.2 Метантенки

В этих сооружениях происходит процесс обезвреживания осадков сточных вод, осуществляемый микроорганизмами, способными окислять органические вещества осадков. Расчёт метантенков заключается в вычислении количества образующихся на станциях осадков, выборе режима сбрасывания,

определении требуемого объема сооружений и степени распада беззольного вещества осадков.

Одним из основных методов обезвреживания осадков сточных вод является анаэробное сбраживание.

Метантенк представляет собой цилиндрический железобетонный резервуар с коническим днищем и герметическим перекрытием. В верхней части резервуара имеется колпак для сбора газа, откуда он отводится для дальнейшего использования.

Количество сухого вещества осадка, образующегося на станции, определяется по формуле

$$Q_{\text{сух}} = C_{\text{взв}} \cdot \mathcal{E} \cdot k \cdot Q \cdot 10^{-6}, \quad (104)$$

где  $C_{\text{общ}}$  – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в первичные отстойники;

$\mathcal{E}$  – эффект очистки в первичных отстойниках, 0,5;

$k$  – коэффициент увеличения объема осадка за счет крупных фракций, не улавливаемых при отборе проб для анализа, принимаемый 1,2;

$Q_{\text{ср.сут}}$  – суточный приток сточных вод на станцию, м<sup>3</sup>/сут

Количество сухого активного ила, т/сут определяется как

$$I_{\text{сух}} = [0,8 \cdot C_{\text{общ}} \cdot (1 - \mathcal{E}) + a \cdot L_{\text{ex}} - b] \cdot Q_{\text{ср.сут}} \cdot 10^{-6}, \quad (105)$$

где  $a$  – коэффициент прироста активного ила, принимаемый 0,3;

$b$  – вынос активного ила из вторичного отстойника, принимается 15 мг/л.

Количество беззольного вещества осадка вычисляют по формуле

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - B_r) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10000}, \text{ т/сут} \quad (106)$$

где  $B_r$  – гигроскопическая влажность сырого осадка, принимаемая 5%;

$Z_{\text{ос}}$  – зольность осадка, принимаемая 30 %

Количество беззольного активного ила, т/сут вычисляют по аналогичной формуле

$$I_{\text{без}} = \frac{I_{\text{сух}} \cdot (100 - B'_r) \cdot (100 - Z_{\text{ил}})}{10000}, \quad (107)$$

где  $B'_r$  – гигроскопическая влажность активного ила, принимаемая 5%;

$Z_{\text{ил}}$  – зольность активного ила, принимаемая 25 %.

Расход сырого осадка и избыточного активного ила, м<sup>3</sup>/сут вычисляют соответственно

$$V_{oc} = Q_{cux} \cdot \frac{100}{(100 - W_{oc}) \cdot \rho_{oc}}, \quad (108)$$

$$V_{ил} = I_{cux} \cdot \frac{100}{(100 - W_{ил}) \cdot \rho_{ил}}, \quad (109)$$

где  $W_{oc}$  – влажность сырого осадка, принимаемая 95%;

$W_{ил}$  – влажность уплотненного избыточного ила, принимаемая 98%;

$\rho_{oc}$  – плотность осадка, принимаемая 1 т/м<sup>3</sup>

$\rho_{ил}$  – плотность ила, принимаемая 1 т/м<sup>3</sup>

Среднее значение зольности смеси, % определяется по формуле:

$$Z_{см} = 100 \left( 1 - \frac{\frac{O_{\delta\epsilon 3} + I_{\delta\epsilon 3}}{\frac{O_{cux}(100 - B_{\Gamma})}{100} + \frac{I_{cux}(100 - B'_{\Gamma})}{100}}}{100} \right), \quad (110)$$

Требуемый объем метантенка, м<sup>3</sup> определяется по формуле:

$$W = \frac{(V_{oc} + V_u) \cdot 100}{D_{mt}}, \quad (111)$$

где  $D_{mt}$  – суточная доза загрузки осадка в метантенк, %, принимается по таблице 18, приложение 12.

Исходя из требуемого объёма по таблице 19, приложение 12, выбирают размеры метантенков: диаметр, высота (верхнего конуса, цилиндрической части, нижнего конуса, строительный объём (здания обслуживания, киоска газовой сети).

Выход газа на 1 кг загруженного беззольного вещества, м<sup>3</sup>/кг (при плотности газа равной 1) определим по формуле:

$$y' = \frac{a_{см} - nD_{mt}}{100}, \quad (112)$$

где  $a_{см}$  – предел сбраживания смеси осадка, % рассчитываемый по формуле:

$$a_{см} = \frac{a_o O_{\delta\epsilon 3} + a_u I_{\delta\epsilon 3}}{O_{\delta\epsilon 3} + I_{\delta\epsilon 3}}, \quad (113)$$

где  $a_o$  и  $a_{и}$  – пределы распада соответственно сырого осадка и избыточного активного ила, при отсутствии экспериментальных данных принимаемое  $a_o = 53\%$  и  $a_{и} = 44\%$ ;

$n$  - экспериментальный коэффициент, зависящий от влажности осадка и температурного режима сбраживания, принимаемый по таблице 20, приложение 12.

Суммарный выход газа,  $m^3/сут$  рассчитывается по формуле:

$$\Gamma = y' \cdot (O_{без} + I_{без}), \quad (114)$$

Газ, получаемый в метантенках в результате процесса сбраживания осадка, используется на энергетические нужды канализационных станций в качестве горючего в котлах с газовыми горелками, для обогрева метантенков и отопления зданий очистной станции.

В процессе сбраживания происходит распад беззольных веществ, приводящий к уменьшению массы сухого вещества и увеличению влажности осадка. Суммарный объем смеси после сбраживания практически не изменяется. Величина  $y'$ , выраженная в процентах, представляет собой степень распада беззольного вещества, подсчитанную по выходу газа. Зная степень распада, подсчитаем массу беззольного вещества в сброженной смеси:

$$M_{без} = [(O_{без} + I_{без})(100 - y')]/100, \text{ т/сут} \quad (115)$$

Разность между массой сухого вещества и массой беззольного вещества в сброженной смеси представляет собой зольную часть, не поддающуюся изменениям в процессе сбраживания. Поэтому масса сухого вещества в сброженной смеси выразится суммой:

$$M_{сух} = (O_{сух} + I_{сух}) - (O_{без} + I_{без}) + M_{без}, \text{ т/сут} \quad (116)$$

Определим влажность сброженной смеси, %:

$$B_{см} = 100 - \frac{M_{сух}}{V_{oc} + V_{и}} 100, \quad (117)$$

Сброженный осадок после метантенков направляется на иловые площадки для обезвоживания.

#### 4.3.4 Иловые площадки

Выполняются на естественном или искусственном основании, с поверхностным отводом и площадки-уплотнители. Площади на естественном основании применяются на хорошо фильтрующих грунтах (песок, супесь) и при глубоком залегании грунтовых вод (п. 6.390. [1]).

Полезную площадь иловых площадок, м<sup>2</sup>/год определяют по формуле

$$F = \frac{M_{\text{общ}} \cdot 365}{k \cdot n} \quad (118)$$

где  $M_{\text{общ}}$  – суточный объем сброженного осадка, м<sup>3</sup>/сут;

$$M_{\text{общ}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{и}}, \quad (119)$$

$k$  – годовая нагрузка на иловые площадки определяется по таблице 21, приложение 13;

$n$  – климатический коэффициент, определяемый по чертежу 2, приложение 13.

При проектировании учитывают зимнее намораживание. Высота слоя намораживания, м, находится по формуле

$$h_{\text{нам}} = \frac{M_{\text{общ}} \cdot T \cdot k_1}{0,8 \cdot F} \quad (120)$$

где  $T = 130$  – количество дней в году с температурой ниже -10°C – период намораживания;

$k_1 = 0,75$  – коэффициент уменьшения объема осадка вследствие зимней фильтрации и испарения.

Полная площадь иловых площадок увеличивается на 20..40% для устройства разделительных валиков и дорог. При выпуске за один раз заполняется вся карта, при этом высота слоя составляет  $h_{\text{ос}} = 0,3 \dots 0,5$  м. Полная высота вала равна

$$H = h_p + h_d, \text{ м} \quad (121)$$

где  $h_d$  – превышение высотой оградительных вальков слоя намораживания, равное 0,3 м;

$h_p$  – рабочая высота, определяемая как

$$h_p = h_{\text{ос}} + h_{\text{нам}}, \text{ м} \quad (122)$$

Площадь одной карты определяется выражением

$$F_k = M_{\text{общ}} / h_{\text{ос}}, \text{ м}^2 \quad (123)$$

а общее количество карт

$$n=F/F_{\kappa}, \text{ шт} \quad (124)$$

В проекте необходимо определить каким образом карты будут размещены и как сгруппированы. Приводится схема расположения иловых площадок. Количество дренажной воды, отводимой с площадок, принимается равным 0,41 л/(га-с) для иловых площадок с дренажным устройством и 35...50% объема обезвоживаемого осадка для площадок с поверхностным отводом воды. Иловая вода с площадок перекачивается в лоток перед решетками. Дополнительные загрязнения от дренажной воды составляют по взвешенным веществам – 1000...2000мг/л, по БПК<sub>полн</sub> – 1000...1500мг/л. Объем подсушенного осадка за год вычисляется по следующей формуле

$$W_{\text{ос.и.п.}} = M_{\text{общ}} \cdot 365 \frac{100-B'_{\text{см}}}{100-B_{\text{осп}}} \quad (125)$$

где  $B'_{\text{см}}$  – влажность сброженной смеси;

$B_{\text{ос.п.}}$  – влажность подсушенного осадка, принимается равной 75%.

#### *4.4 Обеззараживание очищенных сточных вод и выпуск в водоем*

Обеззараживание применяется для уничтожения патогенных микробов и исключения их попадания в водоёмы.

После полной биологической очистки с последующей доочисткой рекомендуется обеззараживание ультрафиолетовым излучением без применения химикатов. Тем самым устраняется потребность потребления, хранения, транспортирования или производства опасных растворов и газов.

В качестве источников УФ - излучения для технического применения используются газоразрядные излучатели, изготавливаемые из прозрачного для УФ- лучей кварцевого стекла. УФ - источники содержат смесь газов, паров, которая в возбужденном состоянии излучает спектр, состоящий преимущественно из отдельных дискретных линий. Наиболее интенсивным является УФ - излучения на основе паров ртути.

Выбор конкретного типа УФ - установок для каждого сооружения очистки сточных вод производится по результатам технологического

обследования. Это связано с разнообразием качества сточных вод и необходимостью выбора оптимальной дозы УФ - облучения для обеспечения требуемого эффекта при минимальных затратах на внедрение. Выбор необходимой дозы УФ – облучения производится на основе результатов модельных облучений воды.

В разделе «**Заключение**» указываются принятые сооружения, их размеры и характеристики. Подводятся итоги и делается вывод.

## **5. Литература**

Библиографический список учебников, справочников, каталогов составляется в алфавитном порядке по фамилии авторов, а затем под отдельным заголовком нормативная литература также в алфавитном порядке.

### **1.6 Оформление графической части проекта.**

*Генеральный план* объекта является основным документом и выполняется на топографической основе в масштабе 1:500 или 1:1000. Генеральный план – это чертеж, на котором изображен объект в проектируемых границах. На генеральном плане показывается размещение зданий и сооружений, дорожек, площадок, малых архитектурных форм, водоёмов, деревьев, кустарников, газонов. На чертеже необходимо указать экспликацию зданий и сооружений, а так же условные обозначения трубопроводов. Пример генерального плана смотри в приложении 14.

*План и разрез одного из сооружений* выполняется в масштабе 1:50 или 1:100. На чертеже необходимо указать размеры сооружения, которые были определены в расчетной части. Пример плана смотри в приложении 15.



## ЛИТЕРАТУРА

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 112 с.
2. СНиП 23-0-99. Строительная климатология. – М.: Стройиздат, 1985. – 82с.
3. Лукиных, А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского/ А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – Изд.4-е, доп. – М.: Стройиздат, 1974. – 156 с.
4. Справочник по очистке природных и сточных вод/ Л.Л. Пааль, Я.Я. Кару, Х.А. Мельдер, Б.Н. Репин. – М.: Высшая школа, 1994. – 336 с.

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Южно-Уральский государственный технический колледж

ЗАЩИЩЕНО

ОЦЕНКА \_\_\_\_\_

Руководитель:

\_\_\_\_\_ /А.А.Хидиятуллина/

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА  
100000 ЧЕЛОВЕК

пояснительная записка к курсовому проекту по  
ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю  
качественных показателей

МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод

ЮУрГТК 08.02.04 КП 00 01 ПЗ

Руководитель  
Преподаватель ЮУрГТК  
\_\_\_\_\_/А.А.Хидиятуллина

Разработал  
студент группы ВВ-369/б  
\_\_\_\_\_/О.И. Петрова

Челябинск, 2020

Приложение 2

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Южно-Уральский государственный технический колледж

Специальность  
08.02.04 Водоснабжение и водоотведение

**УТВЕРЖДЕНО**  
цикловой комиссией  
протокол № от  
« » 20 г  
Руководитель специальности  
\_\_\_\_\_/Хидиятуллина А.А.

## ЗАДАНИЕ

Для курсового проектирования по ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей

МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод студенту 3 курса группы \_\_\_\_\_

---

фамилия, имя, отчество

Тема

задания

---

При выполнении курсового проекта на указанную тему должны быть представлены

### 1. Пояснительная записка

Титульный лист

Содержание

Введение

1. Исходные данные
2. Общая характеристика объекта водоотведения города
3. Определение основных расчетных характеристик проекта и выбор схемы очистки сточных вод
  - 3.1 Определение расчетной производительности канализационной очистной станции
  - 3.2 Определение расчетного числа жителей

- 3.3 Определение расчетных концентраций загрязнений общего стока
- 3.4 Определение требуемой степени очистки сточных вод
  - 3.4.1 Определение коэффициента смешения
  - 3.4.2 Определение необходимой степени очистки сточных вод
- 3.5 Выбор схемы очистки сточных вод
- 4 Расчет очистных сооружений
  - 4.1 Расчет сооружений для механической очистки сточных вод
    - 4.1.1 Приемная камера
    - 4.1.2 Решетки
    - 4.1.3 Песколовки
    - 4.1.4 Первичные отстойники
    - 4.1.5 Преаэраторы и биокоагуляторы
  - 4.2 Сооружения биологической очистки сточных вод
    - 4.2.1 Биофильтры
    - 4.2.2 Аэротенки
    - 4.2.3 Вторичные отстойники
  - 4.3 Расчет сооружений для обработки осадка
    - 4.3.1 Илоуплотнители
    - 4.3.2 Метантенки
    - 4.3.3 Иловые площадки
    - 4.3.4 Песковые площадки
  - 4.4 Сооружения по обеззараживанию сточных вод
- Заключение
- 5 Литература

## **2. Графическая часть проекта**

•Лист 1, формат А1,А2, «Генплан очистных сооружений», выполненный в масштабе 1:500 или 1:1000, с указанием размеров основных сооружений, технологических трубопроводов, инженерных сетей, дорог, элементов благоустройства;

•Лист 2, формат А1, А2 «План и разрез одного из сооружений очистной станции», выполненные в масштабе 1:50 или 1:100.

Дата выдачи «\_\_»\_\_\_\_\_20 г.

Срок окончания «\_\_»\_\_\_\_\_20 г.

**Руководитель курсового проектирования**

**А.А.Хидиятуллина**

## ОТЗЫВ

на курсовой проект

ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей. МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод.

Студента \_\_\_\_\_ группы

*Специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение*

Тема курсового проекта:

\_\_\_\_\_  
Заключение о степени соответствия выполненного курсового проекта заданию:

Курсовой проект соответствует заданию.

Характеристика выполнения разделов проекта:

Курсовой проект выполнен по заданному алгоритму. Разделы проекта раскрыты полностью. Расчеты по определению размеров очистных сооружений верны.

Оценка качества выполнения графической части проекта и пояснительной записки:

Графическая часть выполнена правильно. Пояснительная записка соответствует содержанию и теме проекта.

Положительные качества курсового проекта:

Умение работать с технической, нормативной, справочной, учебной литературой. Выдержана логика описания очистных сооружений. Верно рассчитаны размеры сооружений. Отражена актуальность проекта. В заключении подведены результаты работы.

Перечень основных недостатков курсового проекта:

Недостатков нет.

Проект заслуживает оценки (по пятибалльной системе) 5(отлично)

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_ А.А.Хидиятуллина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Приложение 3Б.

## **ОТЗЫВ**

на курсовой проект

ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей. МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод.

Студента \_\_\_\_\_ группы

*Специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение*

Тема курсового проекта:

\_\_\_\_\_

Заключение о степени соответствия выполненного курсового проекта заданию:

Курсовой проект соответствует заданию.

Характеристика выполнения разделов проекта:

Курсовой проект выполнен по заданному алгоритму. Разделы проекта раскрыты полностью.

Расчеты по определению размеров очистных сооружений верны.

Оценка качества выполнения графической части проекта и пояснительной записки:

Графическая часть выполнена правильно. Пояснительная записка соответствует содержанию и теме проекта.

Положительные качества курсового проекта:

Умение работать с технической, нормативной, справочной литературой. Выдержана логика описания строительных работ. Верно рассчитаны размеры сооружений. Отражена актуальность проекта. Подведены результаты работы.

Перечень основных недостатков курсового проекта:

В курсовом проекте допущены незначительные ошибки, в том числе неточность расчетов.

Проект заслуживает оценки (по пятибалльной системе) 4(хорошо)

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_ А.А.Хидиятуллина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Приложение 3В.

## ОТЗЫВ

на курсовой проект

ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей. МДК.03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод.

Студента \_\_\_\_\_ группы

*Специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение*

Тема курсового проекта:

\_\_\_\_\_

Заключение о степени соответствия выполненного курсового проекта заданию:

Курсовой проект соответствует заданию.

Характеристика выполнения разделов проекта:

Разделы проекта раскрыты не достаточно полно. Материал изложен поверхностно, отсутствует глубокий анализ темы.

Оценка качества выполнения графической части проекта и пояснительной записки:

Графическая часть выполнена. Пояснительная записка соответствует теме проекта.

Положительные качества курсового проекта:

Умение работать с нормативной литературой. Проведен расчет размеров сооружений.

Перечень основных недостатков курсового проекта:

В курсовом проекте допущены незначительные ошибки, неточность расчетов. Не продуманы результаты работы. Не всегда очевидна логика мышления.

Проект заслуживает оценки (по пятибалльной системе) 3(удовлетворительно)

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_ А.А.Хидиятуллина

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Приложение 4.

### **Расчетные расходы сточных вод**

Расчетные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод с учетом суточной, часовой и внутрочасовой неравномерности следует определять по результатам моделирования на ЭВМ систем водоотведения, учитывающих графики притока сточных вод от зданий, жилых массивов, промпредприятий, протяженность и конфигурацию сетей, наличие насосных станций и т.д., либо по данным фактического графика водоподачи при эксплуатации аналогичных объектов.

При отсутствии указанных данных допускается принимать общие коэффициенты (максимальный и минимальный) по таблице 1.

Таблица 2 - Расчетные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод с учетом суточной, часовой неравномерности

Общий коэффициент неравномерности притока сточных вод	Средний расход сточных вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Максимальный при 5 % обеспеченности	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Минимальный при 5 % обеспеченности	0,38	0,46	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71



#### Примечания

1 Общие коэффициенты притока сточных вод, приведенные в таблице, допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающем 45 % общего расхода.

2 При средних расходах сточных вод менее 5 л/с максимальный коэффициент неравномерности принимается 3.

3 5 %-ная обеспеченность предполагает возможное увеличение (уменьшение) расхода в среднем 1 раз в течение суток. 1 % - 1 раз в течение 5 - 6 сут.

#### Приложение 5.

### Количество загрязняющих веществ

Таблица 3 - Количество загрязняющих веществ, приходящихся на одного жителя

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, а, г/сут
Взвешенные вещества	65
БПК <sub>5</sub> неосветленной жидкости	60
Азот общий	13
Азот аммонийных солей	10,5
Фосфор общий	2,5
Фосфор фосфатов Р - PO <sub>4</sub>	1,5

#### Примечания

1 Указанные в таблице значения удельной нагрузки от одного жителя приведены для обеспеченности 85 %.

2 Количество загрязняющих веществ от населения, проживающего в неканализованных районах, допускается учитывать в размере 33 % табличных значений соответственно.

3 При сбросе бытовых сточных вод промпредприятий в канализацию населенного пункта количество загрязняющих веществ от эксплуатационного персонала дополнительно не учитывается.

4 Расчетные данные по БПК<sub>полн</sub> допускается принимать путем пересчета данных по БПК<sub>5</sub> с использованием коэффициента пересчета БПК<sub>5</sub> в БПК<sub>полн</sub>. Значение этого коэффициента рекомендуется принимать по результатам сравнительных лабораторных определений БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>полн</sub> (не менее восьми определений за год, не менее двух определений в квартал). При отсутствии таких данных для городских сточных вод допускается использовать следующие коэффициенты пересчета БПК<sub>5</sub> в БПК<sub>полн</sub>: неосветленная, осветленная - 1,2; биологически очищенная - 1,65.

### Приемная камера

Таблица 4 – Типоразмеры приемных камер очистных сооружений

Пропускная способность, л/с	Диаметр трубопроводов, мм	Марка приемной камеры	Размеры камеры (А×В×Н), м
31	2 × 150	ПК-2-15	1000×1500×1200
35	2 × 200	ПК-2-20	-
83	2 × 250	ПК-2-25	-
134	2 × 300	ПК-2-30а	-
182	2 × 300	ПК-2-30б	-
280	2 × 400	ПК-2-40	-
393	2 × 500	ПК-2-50	1500×2000×1600
467	2 × 600	ПК-2-60а	-
610	2 × 600	ПК-2-60б	-
750	2 × 700	ПК-2-70	1600×2500×1600
917	2 × 800	ПК-2-80	-
1140	2 × 800	ПК-2-80	-
1390	2 × 900	ПК-2-90	2000×3200×2000

1810	2 × 1100	ПК-2-110	
2210	2 × 1200	ПК-2-120а	
2450	2 × 1200	ПК-2-120б	
2920	2 × 1200	ПК-2-120б	

Приложение 7.

## Решетки

Таблица 5 - Основные показатели механизированных решеток

Марка	Номинальные размеры канала В×Н, мм	Ширина канала в месте установки решетки А, мм	Число прозоров	Толщина стенки, мм	Радиус поворота R, мм	Масса, кг
МГ 5Т	2000×3000	2290	84	8	3810	2691
МГ 6Т	2000×2000	2290	84	8	2850	2129
МГ 7Т	800×1400	950	31	8	2100	1342
МГ 8Т	1400×2000	1570	55	8	2850	1828
МГ 9Т	1000×1200	1140	39	8	2050	1329
МГ 10Т	1000×2000	1200	39	8	2850	1436
МГ 11Т	1000×1600	1200	39	8	2425	1387
МГ 12Т	1600×2000	1790	64	8	2850	1949
РМУ-1	600×800	685	21	6	-	650
РМУ-2	1000×1000	1550	39	6	-	965
РМУ-3	1000×2000	1550	39	6	-	1220
РМУ-4	1500×2000	2035	60	6	-	1560
РМУ-5	2000×2000	2535	84	6	-	1850
РМУ-6	2000×2500	2535	84	6	-	2000
РМУ-7	2500×3000	3035	107	6	-	2300

Таблица 6 - Число рабочих и резервных решеток

Тип решетки	Число решеток	
	рабочих	резервных
С механизированными граблями и с прозорами шириной, мм:		
св. 20	1 и более	1
16-20	До 3	1

Тип решетки	Число решеток	
	рабочих	резервных
	Св. 3	2
Решетки-дробилки, устанавливаемые:		
на трубопроводах	До 3	1 (с ручной очисткой)
на каналах	До 3	1
	Св. 3	2
С ручной очисткой	1	-

Таблица 7- Количество отбросов, снимаемых с решеток на 1 чел., л/год

Ширина прозоров решеток, мм	Количество отбросов, снимаемых с решеток на 1 чел., л/год
16-20	8
25-35	3
40-50	2,3
60-80	1,6
90-125	1,2

Таблица 8 - Основные показатели решеток-дробилок

Марка	Максимальная пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	Ширина щелевых отверстий, мм	Суммарная площадь щелевых отверстий, см <sup>2</sup>	Диаметр барабана, мм	Частота вращения барабана, мин <sup>-1</sup>	Мощность электродвигателя, кВт	Масса агрегата, кг
РД-100	30	8	76,4	100	85	0,27	85
РД-200	60	8	190	180	53	0,6	320
РД-400	420	10	1190	400	31	0,8	660
РД-600	2000	10	4550	635	31	1,5	1800

### Песколовки

Таблица 9 - Расчетные параметры для песколовков различных типов

Песколовка	Гидравлическая крупность песка $u_0$ , мм/с	Скорость движения сточных вод $v_s$ , м/с, при притоке		Глубина $H$ , м	Количество задерживаемог о песка, л/чел.- сут	Влажность песка, %	
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	0,02	60	55-60
Аэрируемая	13,2-18,7	-	0,08-0,12	0,7-3,5	0,03	-	90-95
Тангенциальная	18,7-24,2	-	-	0,5	0,02	60	70-75

Таблица 10 - Значение коэффициента  $K_s$ 

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка $u_0$ , мм/с	Значение $K_s$ в зависимости от типа песколовков и отношения ширины $B$ к глубине $H$ аэрируемых песколовков			
		горизонтальные	аэрируемые		
			$B:H = 1$	$B:H = 1,25$	$B:H = 1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

При проектировании песколовков следует принимать общие расчетные параметры для песколовков различных типов по таблице 9:

а) для горизонтальных песколовков - продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке не менее 30 с;

б) для аэрируемых песколовков:

установку аэраторов из дырчатых труб - на глубину  $0,7 H_s$  вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка;

интенсивность аэрации -  $3-5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ ;

поперечный уклон дна к песковому лотку - 0,2-0,4;

впуск воды - совпадающий с направлением вращения воды в песколовке, выпуск - затопленный;

отношение ширины к глубине отделения -  $B:H = 1:1,5$ ;

в) для тангенциальных песколовков:

нагрузку -  $110 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$  при максимальном притоке;  
впуск воды - по касательной на всей расчетной глубине;  
глубину - равную половине диаметра;  
диаметр - не более 6 м.

Удаление задержанного песка из песколовок всех типов следует предусматривать:

вручную - при объеме его до  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ ;  
механическим или гидромеханическим способом с транспортированием песка к приемку и последующим отводом за пределы песколовок гидроэлеваторами, песковыми насосами и другими способами - при объеме его свыше  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Количество песка, задерживаемого в песколовках, для бытовых сточных вод надлежит принимать  $0,02 \text{ л}/(\text{чел} \times \text{сут})$ , влажность песка 60 %, объемный вес  $1,5 \text{ т}/\text{м}^3$ .

Объем пескового приемка следует принимать не более двухсуточного объема выпадающего песка, угол наклона стенок приемка к горизонту - не менее  $60^\circ$ .

Для подсушивания песка, поступающего из песколовок, необходимо предусматривать площадки с ограждающими валиками высотой 1-2 м. Нагрузку на площадку надлежит предусматривать не более  $3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  в год при условии периодического вывоза подсушенного песка в течение года. Допускается применять накопители со слоем напуска песка до 3 м в год. Удаляемую с песковых площадок воду необходимо направлять в начало очистных сооружений.

Для съезда автотранспорта на песковые площадки надлежит устраивать пандус уклоном 0,12-0,2.

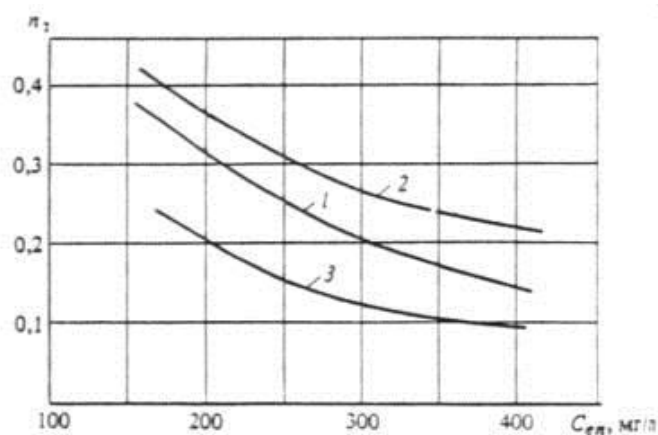
### Первичные отстойники

Таблица 11 - Основные расчетные параметры отстойников

Отстойник	Коэффициент использования объема $K_{set}$	Рабочая глубина части $H_{set}$ , м	Ширина $B_{set}$ , м	Скорость рабочего потока $v_w$ , мм/с	Уклон днища к иловому приямку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2H_{set} - 5H_{set}$	5-10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-0,05
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2u_o - 3u_o$	-
С тонкослойными блоками:	0,5-0,7	0,025-0,2	2-6	-	-
противоточная (прямоточная) схема работы					
перекрестная схема работы	0,8	0,025-0,2	1,5	-	0,005

Таблица 12 - Продолжительность отстаивания

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания $t_{set}$ , с, в слое $h_1 = 500$ мм при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	-	-	7200



Чертеж 1 - Зависимость показателя степени  $n_2$  от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания

1 -  $\Delta = 50\%$ ; 2 -  $\Delta = 60\%$ ; 3 -  $\Delta = 70\%$

Приложение 10.

## Аэротенки

Таблица 13 - Параметры аэротенков

Сточные воды	$\rho_{\max}$ , мг БПК <sub>полн</sub> /(г·ч)	$K_1$ , мг БПК <sub>полн</sub> /л	$K_{O_2}$ , мг O <sub>2</sub> /л	$\varphi$ , л/г	$s$
Городские	85	33	0,625	0,07	0,3
Производственные:					
а) нефтеперерабатывающих заводов:					
I система	33	3	1,81	0,17	-
II система	59	24	1,66	0,158	-
б) азотной промышленности	140	6	2,4	1,11	-
в) заводов синтетического каучука	80	30	0,6	0,06	0,15
г) целлюлозно-бумажной промышленности:					
сульфатно-целлюлозное производство	650	100	1,5	2	0,16
сульфитно-целлюлозное производство	700	90	1,6	2	0,17
д) заводов искусственного волокна (вискозы)	90	35	0,7	0,27	-
е) фабрик первичной обработки шерсти:					
I ступень	32	156	-	0,23	-
II ступень	6	33	-	0,2	-
ж) дрожжевых заводов	232	90	1,66	0,16	0,35
з) заводов органического синтеза	83	200	1,7	0,27	-
и) микробиологической промышленности:					
производство лизина	280	28	1,67	0,17	0,15
производство биовита и витаминизация	1720	167	1,5	0,98	0,12
к) свиноматочных комплексов:					
I ступень	454	55	1,65	0,176	0,25
II ступень	15	72	1,68	0,171	0,3

Таблица 14 - Коэффициент, учитывающий тип аэратора

$f_{az}/f_{at}$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
$K_1$	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2	2,13	2,3
$J_{a \max}$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·ч)	5	10	20	30	40	50	75	100



Таблица 15 - Коэффициент, зависимый от глубины погружения аэраторов

$h_a, \text{ м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
$K_2$	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1	2,08	2,52	2,92	3,3
$J_{a,min}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

Таблица 16 - Коэффициент качества воды

$f_{az}/f_{at}$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
$K_3$	0,59	0,59	0,64	0,66	0,72	0,77	0,88	0,99

Приложение 11.

## Илоуплотнители

Таблица 17 - Параметры илоуплотнителей

Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила, %		Продолжительность уплотнения, ч		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотнителя, мм/с
	Уплотнитель				
	вертикальный	радиальный	вертикальный	радиальный	
Иловая смесь из аэротенков с концентрацией 1,5-3 г/л	-	97,3	-	5 - 8	-
Активный ил из вторичных отстойников с концентрацией 4 г/л	98	97,3	10 - 12	9 - 11	Не более 0,1
Активный ил из зоны отстаивания аэротенков- отстойников с концентрацией 4,5-	98	97	16	12 - 15	То же

Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила, %		Продолжительность уплотнения, ч		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотнителя, мм/с
	Уплотнитель				
	вертикальный	радиальный	вертикальный	радиальный	
6,5 г/л					

Приложение 12.

## Метантенки

Таблица 18 - Фактическая влажность осадка

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемого осадка $D_{тл}$ , %, при влажности загружаемого осадка, %, не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Таблица 19 - Основные показатели по типовым проектам метантенков

Диаметр, м	Полезный объем одного резервуара, м³	Высота, м			Строительный объем, м³	
		верхнего конуса	цилиндрической части	нижнего конуса	здания обслуживания	киоска газовой сети

10	500	1,45	5	1,7		
12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
15	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
20	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174

Таблица 20 - Коэффициент, зависящий от влажности осадка

Режим сбраживания	Значение коэффициента $K_r$ при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

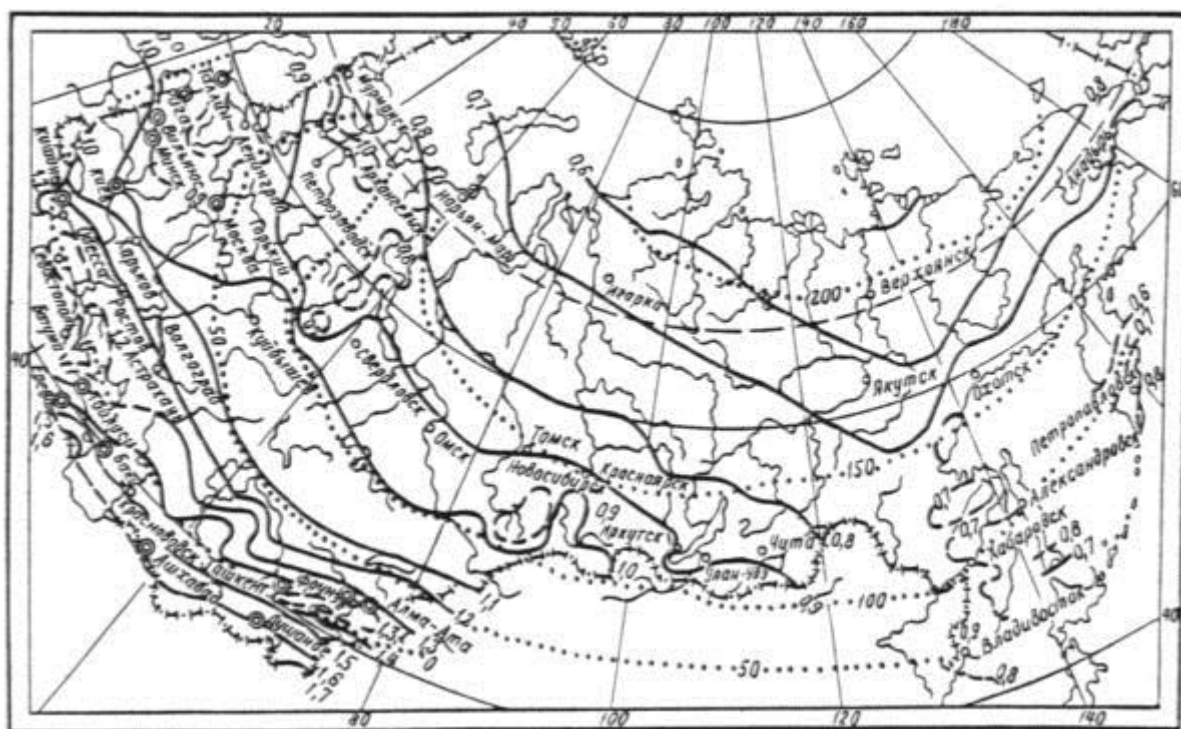
Приложение 13.

### Иловые площадки

Таблица 21 - Основные показатели иловых площадок

Характеристика осадка	Иловые площадки				
	на естественно м основании	на естественно м основании с дренажом	на искусственном асфальтобетонно м основании с дренажом	каскадные с отстаиванием и поверхностны м удалением иловой воды на естественном основании	площадки-уплотнители
Сброженная мезофильных условиях осадка первичных отстойников и активного ила	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
То же,	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0

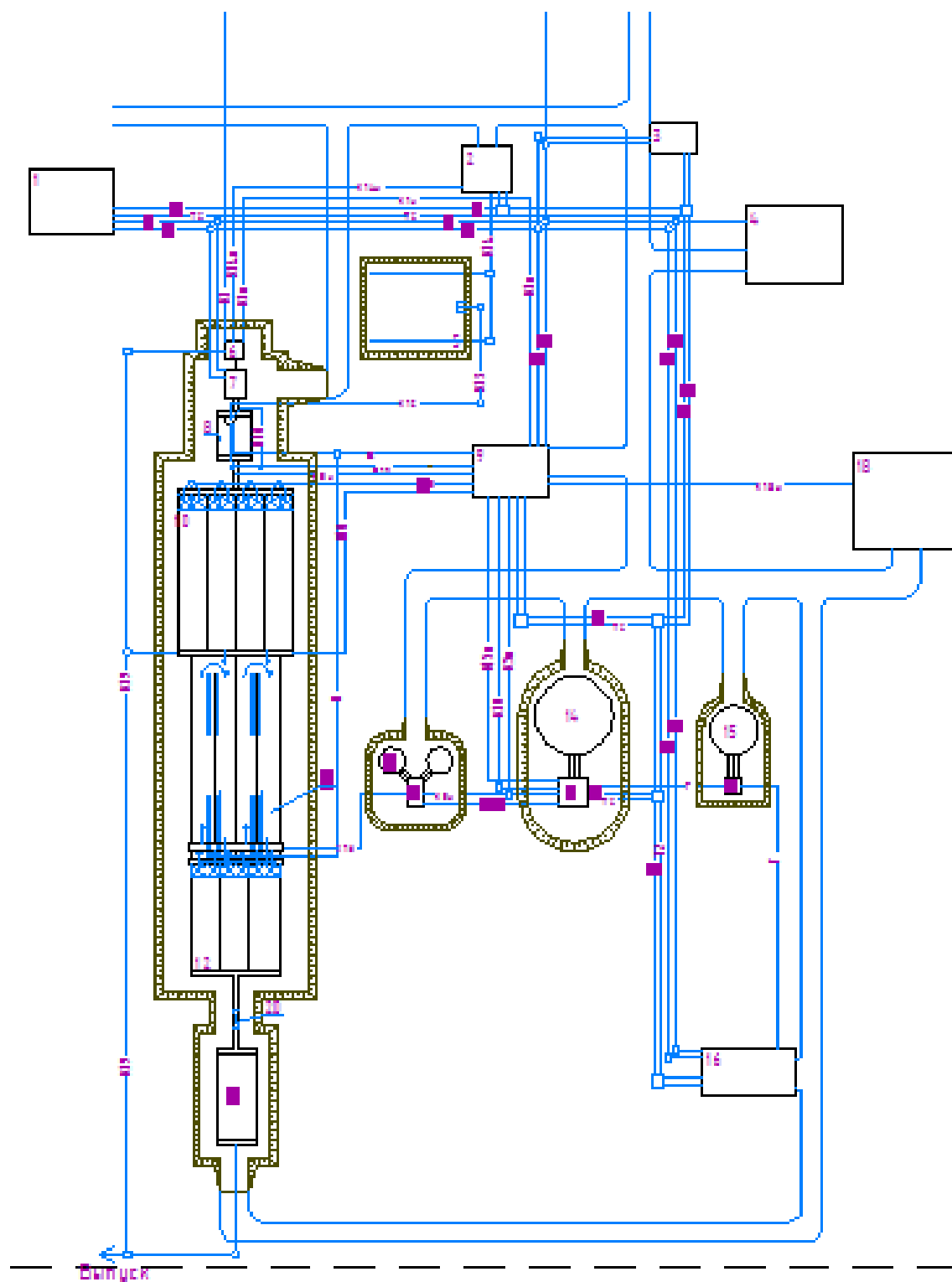
Характеристика осадка	Иловые площадки				
	на естественно м основании	на естественно м основании с дренажом	на искусственном асфальтобетонно м основании с дренажем	каскадные с отстаиванием и поверхностны м удалением иловой воды на естественном основании	площадки-уплотнители
термофильных условиях					
Сброженный осадок из первичных отстойников и осадок из двухъярусных отстойников	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5



Чертеж 2 - Климатические коэффициенты для определения величины нагрузки на иловые площадки (сплошные и пунктирные линии) и продолжительности периода намораживания на иловых площадках, дни (точечные линии)

Приложение 14.

**Генеральный план очистных сооружений канализации**



— — — — — ЭКСПЛИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ — — — — —		
№ по плану	Наименование	Примечание
1	АБК	
2	Дренажная насосная станция	
3	Проходная	
4	Гараж	
5	Песковые площадки	
6	Приемная камера	
7	Здание решеток	
8	Горизонтальные песколовки	
9	Насосная станция	
10	Первичные горизонтальные отстойники	
11	Аэротенки-вытеснители	
12	Вторичные горизонтальные отстойники	
13	Илоуплотнители	
14	Метантенки	
15	Газгольдер	
16	Котельная	
17	УФ-излучение с применением ультразвука	
18	Шнековый обезжириватель осадка	
19	Камера переключения с насосами	
20	Лоток "Паршала"	

# План и разрез горизонтального отстойника

