

**Методические материалы для обучающихся  
по освоению дисциплины**

**Водоотведение и очистка сточных вод**

наименование дисциплины

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность

код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль): «Экологическая безопасность предприятия»

наименование направленности (профиля) /специализации

Составитель – Васильева Ж.В., канд.техн.наук, зав. кафедры техносферной безопасности ФГАОУ ВО «МГТУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Водоотведение и очистка сточных вод» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ТБ«23» мая 2022г., протокол № 8.

## Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины - обеспечить обучающемуся оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Освоение дисциплины осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Каждая рабочая программа по дисциплине сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине учебные пособия или конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и решению задач и т.п. размещены в ЭИОС МГТУ.

Обучающимся рекомендуется получить в библиотеке МГТУ учебную литературу, необходимую для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине, а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины:

**Таблица 1 -Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Водоотведение и очистка сточных вод» (промежуточная аттестация - экзамен)**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (недели сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	Практические занятия/семинары	30	34	По расписанию
2.	Посещение и работа на лекциях	20	34	По расписанию
3.	РГР (является обязательным элементом)	10	12	По расписанию
	<b>ИТОГО</b>	min -60	max - 80	
<b>Промежуточная аттестация</b>				
	<b>Экзамен</b>	min – 10	max - 20	
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>min - 70</b>	<b>max - 100</b>	

Работа по изучению дисциплины должна носить систематический характер. Для успешного усвоения теоретического материала по предлагаемой дисциплине необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на учебных занятиях, выполнять письменные работы по заданию преподавателя, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Важным условием успешного освоения дисциплины является создание самим обучающимся системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с календарным учебным графиком.

## **1. Методические рекомендации при работе на занятиях лекционного типа**

К занятиям **лекционного типа** относятся лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем.

Лекция представляет собой последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель лекционного занятия – организация целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению программным материалом учебной дисциплины.

В ряде случаев лекция выполняет функцию основного источника информации, например, при отсутствии учебников и учебных пособий; в случае, когда новые научные данные по той или иной теме не нашли отражения в учебниках; отдельные разделы и темы очень сложные для самостоятельного изучения обучающимися.

В ходе проведения занятий лекционного типа необходимо вести конспектирование излагаемого преподавателем материала.

Наиболее точно и подробно в ходе лекции записываются следующие аспекты: название лекции; план; источники информации по теме; понятия, определения; основные формулы; схемы; принципы; методы; законы; гипотезы; оценки; выводы и практические рекомендации.

Конспект - это не точная запись текста лекции, а запись смысла, сути учебной информации. Конспект пишется для последующего чтения и это значит, что формы записи следует делать такими, чтобы их можно было легко и быстро прочитать спустя некоторое время. Конспект должен облегчать понимание и запоминание учебной информации.

Рекомендуется задавать лектору уточняющие вопросы с целью углубления теоретических положений, разрешения противоречивых ситуаций. При подготовке к занятиям семинарского типа, можно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из изученной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

## **2. Методические рекомендации по подготовке и работе на практических занятиях**

**Практическое занятие** - это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. И если на лекции основное внимание студентов сосредоточивается на разъяснении теории конкретной учебной дисциплины, то практические занятия служат для обучения методам ее применения. Главной их целью является усвоение метода использования теории, приобретение практических умений, необходимых для изучения последующих дисциплин.

Подготовку к практическому занятию лучше начинать сразу же после лекции по

данной теме или консультации преподавателя. Необходимо подобрать литературу, которая рекомендована для подготовки к занятию и просмотреть ее. Любая теоретическая проблема должна быть осмыслена студентом с точки зрения ее связи с реальной жизнью и возможностью реализации на практике.

**Общей целью практических занятий является** закрепление теоретических знаний и навыков самостоятельной работы, полученных в процессе обучения по данной дисциплине.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

### «Расчет расходов и концентраций в сточных водах, поступающих на очистку»

#### Методические указания:

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:

$$Q_{\text{расч}} = Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}} \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (1)$$

Среднесуточный расход бытовых сточных вод ( $Q_{\text{быт}}$ ) вычисляется как произведение расчётного числа жителей ( $N_p$ ) на норму водоотведения ( $q_n$ ), принимаемую для канализованных районов города равной норме водопотребления по табл.1, для неканализованных районов - 25 л/чел в сутки .

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 секунднй 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 секунднй расход как произведение среднесекундного на общий коэффициент неравномерности. Для бытовых сточных вод это  $K_{\text{gen.max}}$  по табл.2 [2]. Для производственных – принимается по данным технологов. В курсовом  $K_{\text{gen.max}}$  принять равным 1, или задать значение.

При необходимости проверки работы сооружений при минимальном расходе для вычисления последнего для бытовых сточных вод используется  $K_{\text{gen.min}}$ , принимаемый также по табл.2. [2].

Некоторые параметры работы очистных сооружений принято рассчитывать на так называемое приведённое число жителей ( $N_{\text{пр}}$ ), вычисляемое с учетом эквивалентного числа жителей ( $N_{\text{эkv}}$ ), равноценного по вносимым загрязнениям производственным сточным водам:

$$N_{\text{пр}} = N + N_{\text{эkv}}, \quad (2)$$

где  $N$  – фактическое число жителей города, чел.

Эквивалентное число жителей от каждого промышленного предприятия определяется по формуле:

$$N_{\text{эkv}} = \frac{Q_{\text{пр}} C_{\text{пр}}}{a^*}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – среднесуточный расход производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут,  $C_{\text{пр}}$  – концентрация загрязнений пристоков;  $a^*$  – количество загрязнений, вносимых одним человеком в сточные воды в сутки, определяемое по табл.25 [2].

При наличии нескольких предприятий  $N_{\text{экв}}$  представляет сумму эквивалентных чисел от каждого предприятия:

- содержанию взвешенных веществ (мг/л);
- БПК<sub>полн</sub> неосветлённых сточных вод ( $C_{\text{пр}}^{\text{БПК}_{\text{неосв.п.}}}$ ), мг/л;
- БПК<sub>полн</sub> осветлённых сточных вод ( $C_{\text{пр}}^{\text{БПК}_{\text{осв.п.}}}$ , мг/л).

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. На каждые 100 мг/л БПК<sub>полн</sub> должно приходиться не менее 5 мг/л азота N и 1 мг/л фосфора P.

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод в мг/л по СНиП количеству взвешенных веществ и БПК вычисляется по формуле:

$$C_{\text{б.д.}} = \frac{a^* \cdot 1000}{q_i} \quad (4)$$

Поскольку бытовые сточные воды поступают на очистные сооружения вместе с производственными, то по количеству бытовых и производственных сточных вод и по концентрации загрязнений в них можно определить концентрацию загрязнений общего стока по формуле

$$C_{\text{и.д.}} = \frac{\tilde{N}_{\text{б.д.}} \cdot Q_{\text{б.д.}} + \sum \tilde{N}_{\text{п.д.}} \cdot Q_{\text{п.д.}}}{Q_{\text{б.д.}} + \sum Q_{\text{п.д.}}}, \quad (5)$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

### «Расчет на смешение сточных вод с водой водоема и определение необходимой степени очистки»

При выпуске сточных вод в водоем, они не полностью смешиваются с водой водоема. При этом только часть воды смешивается с очищенными стоками. Степень смешения будет зависеть от: соотношения расходов речной и сточной воды, скорости течения в реке, ее глубины, извилистости, устройства выпуска и расстояния от места выпуска до расчетного створа. При определении степени смешения нельзя принимать в расчёт весь расход реки, так как вблизи места выпуска достаточно полного смешения пока еще нет, оно происходит на некотором расстоянии от места выпуска. Для учета расхода воды водоема, участвующей в смешении со стоками, вводят коэффициент смешения,  $\gamma$ , показывающий, какая часть расхода реки смешивается со сточными водами в данном створе. Этот коэффициент определяется по формуле Фролова – Родзиллера

В соответствии с этим методом определяется коэффициент смешения, который находят:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} \quad (6)$$

где  $Q$  — среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;  $q$  — максимальный расход сточных вод, подлежащих сбросу в водоток, м<sup>3</sup>/с;  $L$  — расстояние по фарватеру водотока от места выпуска до расчетного створа, м;  $\alpha$  — коэффициент,

зависящий от гидравлических условий смешения:

$$\alpha = \xi \varphi^3 \sqrt{\frac{D}{q}}$$

(7)

где  $\xi$  — коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток: при выпуске у берега  $\xi=1$ , при выпуске в фарватер  $\xi=1,5$ ;  $\varphi$  — коэффициент извилистости водотока, т. е. отношение расстояния между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой;  $D$  — коэффициент турбулентной диффузии.

Для равнинных рек коэффициент турбулентной диффузии находят по формуле М. В. Потапова:

$$D = \frac{V_{\text{ср}} H_{\text{ср}}}{200} \quad (8)$$

где  $V_{\text{ср}}$  — средняя скорость течения водотока на интересующем нас участке между нулевым и расчетным створами, м/с;  $H_{\text{ср}}$  — средняя глубина на этом участке, м.

Для детальных расчетов  $D$  определяется по следующей формуле:

$$D = \frac{g V_{\text{ср}} H_{\text{ср}}}{M C_{\text{ш}}} \quad (9)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $C_{\text{ш}}$  — коэффициент Шези, м<sup>1/2</sup>/с;  $M$  — коэффициент, зависящий от  $C_{\text{ш}}$ .

При условии:  $10 < C_{\text{ш}} < 60$ ;  $M = 0,7 C_{\text{ш}} + 6$ , при  $C_{\text{ш}} \geq 60$   $M = 48 = \text{const}$ .

Произведение  $M C_{\text{ш}}$  имеет размерность м/с<sup>2</sup>.

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде, разрешенной к сбросу в водный объект, определяют из выражения:

$$C_{\text{оч}} = K_{\text{разр}} \left( \frac{\gamma Q}{q} + 1 \right) + C_{\text{ф}}$$

(10)

где  $C_{\text{ф}}$  — концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л;  $K_{\text{разр}}$  — разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе.

Рассчитав необходимую концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ( $C_{\text{оч}}$ ) и зная концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку ( $C_{\text{ст}}$ ), определяют необходимую эффективность очистки сточных вод по взвешенным веществам по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{взв}} = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{оч}}}{C_{\text{ст}}} \cdot 100\% \quad (11)$$

В соответствии с «Правилами» содержание растворенного кислорода в водном объекте в результате сброса в него сточных вод не должно быть менее 4 мг/дм<sup>3</sup> или 6 мг/дм<sup>3</sup> в зависимости от вида водопользования и времени года.

Расчет ведут по БПК<sub>полн</sub> в очищенных сточных водах ( $L_{\text{полн}}^{\text{ст}}$ ) из условия сохранения растворенного кислорода:

$$L_{\text{полн}}^{\text{ст}} = \frac{\gamma Q_{\text{сут}}}{0,4 q_{\text{сут}}} (O^B - 0,4 L_{\text{полн}}^B - O) - \frac{O}{0,4} \quad (9)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — расход воды водотока, м<sup>3</sup>/сут.;  $\gamma$  — коэффициент смешения;  $O^B$  — содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $q_{\text{сут}}$  — расход сбрасываемых сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.;  $L_{\text{полн}}^B$  — полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м<sup>3</sup>;  $L_{\text{полн}}^{\text{ст}}$  — полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, допустимой к сбросу, г/м<sup>3</sup>;  $O$  — минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, принимаемое равным 4 или 6 г/м<sup>3</sup>; 0,4 — коэффициент для пересчета БПК<sub>полн</sub> в БПК<sub>2</sub>.

При сбросе сточных вод в водные объекты снижение концентрации органических веществ происходит как за счет разбавления, так и благодаря процессам самоочищения. При протекании процесса самоочищения скорость изменения БПК пропорциональна количеству кислорода, потребного для биологического окисления органических веществ.

Расчет ведут по величине БПК<sub>полн</sub> сточных вод, допустимых к отводу в водные объекты:

$$L_{ст} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-\kappa_{ст} t}} (L_{ПДК} - L_B \cdot 10^{-\kappa_B t}) + \frac{L_{ПДК}}{10^{-\kappa_{ст} t}}, \quad (10)$$

где  $\gamma$  — коэффициент смешения;  $Q$  — расход воды в водотоке, м<sup>3</sup>/с;  $q$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $\kappa_B, \kappa_{ст}$  — константы скорости потребления кислорода соответственно сточной водой и водой водного объекта;  $L_{ПДК}$  — значение допустимой концентрации БПК<sub>полн</sub> смеси сточных вод и воды водного объекта в расчетном створе, мг/дм<sup>3</sup>;  $L_B$  — БПК<sub>полн</sub> воды водного объекта до места выпуска сточных вод, дм<sup>3</sup>/л;  $t$  — длительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, сут.

**ПРИМЕР ЗАДАНИЯ.** Планируется сбрасывать в водоток сточные воды промышленного предприятия с максимальным расходом  $q = 1,7$  м<sup>3</sup>/с. Ниже по течению от планируемого берегового выпуска сточных вод, на расстоянии 3,0 км, находится поселок М., использующий воду водотока для купания и отдыха. Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистные сооружения,  $C_{ст} = 250$  мг/л. Фоновая концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до места сброса  $C_{ф} = 3$  мг/л. Коэффициент смешения для данного случая:  $\gamma = 0,71$ . Содержание растворенного кислорода в воде водотока до места сброса сточных вод  $O^B = 6,5$  мг/л; в водотоке до места сброса  $L^B_{полн} = 2,0$  мг/л.

Участок водного объекта, куда сбрасываются сточные воды, относится к I категории рыбохозяйственного водопользования.

Водоток, по данным Госкомгидромета, характеризуется на этом участке следующими показателями:

- среднемесячный расход водотока 95%-й обеспеченности  $Q = 37$  м<sup>3</sup>/с;
- средняя глубина  $H_{ср} = 1,3$  м;
- средняя скорость течения  $V_{ср} = 1,2$  м/с;
- коэффициент Шези на этом участке  $K_{ш} = 29$  м<sup>2</sup>/с;
- извилистость русла слабо выражена.

Выпуск сточных вод — береговой.

**Определить:**

$n$  — кратность разбавления сточных вод в расчетном створе.

Э% - требуемую эффективность очистки,

необходимую степень очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

#### «Выбор технологической схемы станции очистки на основании расчетов и справочника по наилучшим доступным технологиям. Предварительные компоновочные решения»

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>п</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 азротенках 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 табл.3 приведены рекомендации для выбора типа сооружений по очистке городских сточных вод.

Таблица 1

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
При механической очистке							
Решетки	+	+	+	+	+	+	+
Песколовки:							
вертикальные	-	-	+	+	+	-	-
горизонтальные	-	-	+	+	+	+	+
с круговым движением воды	-	-	-	-	-	+	+
Отстойники:							
двухъярусные	+	+	+	+	-	-	-
вертикальные	-	-	-	X	X	X	-
горизонтальные	-	-	-	-	+	+	+
радиальные	-	-	-	X	+	+	+
Метантенки	-	-	-	+	+	+	+
Иловые площадки	+	+	+	+	+	+	+
Вакуум-фильтры	-	-	-	-	-	+	+
Хлораторные установки	+	+	+	+	+	+	+
При биологической очистке							
Поля орошения	+	+	+	+	+	+	-
Поля фильтрации	+	+	+	+	+	+	-
Биологические пруды	+	-	+	-	-	-	-
Биофильтры	+	+	+	X	-	-	-
Азротенки	-	-	-	X	+	+	+
Илоуплотнители	-	-	-	+	+	+	+

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

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

### «Семинар по сооружениям процеживания. Расчет решеток»

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 м<sup>3</sup>/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...1 м/с; для решёток-дробилок – 1,2 м/с.

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

Общая ширина решётки определяется по формуле:

$$B_p = S(n - 1) + bn, \text{ м}, \quad (16)$$

где  $S$  – толщина стержней. 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;  $n$  – число прозоров решётки, определяемое по формуле

$$n = \frac{q_{\max,c}}{bHV_p} k_3, \quad ,$$

(17)

где  $H$  – глубина воды в канале перед решёткой при пропуске расчетного расхода (без  $k=1,4$ ),  $V_p$  – скорость движения сточных вод;  $k_3$  – коэффициент, учитывающий стеснение сечения потока граблями: при механизированной очистке 1,05, при ручной очистке – 1,1...1,2.

Общая строительная длина решётки определяется по формуле

$$L = l_1 + l_p + l_2, \quad (18)$$

где  $l_1$  – длина уширения перед решёткой, м, определяемая по формуле

$$l_1 = 1,37 (B_p - B_k), \quad (19)$$

где  $B_p$  – ширина камеры решётки, м;  $B_k$  – ширина подводящего канала, м;  
 $l_p$  – рабочая длина решётки, принимается конструктивно равная 1,5 м;  
 $l_2$  – длина уширения после решётки, м, определяемая как

$$l_2 = 0,5l_1. \quad (20)$$

Общая строительная высота канала в месте установки решёток,  $H$ , м:

$$H = h_1 + h_2 + h_p, \quad (21)$$

где  $h_1$  – глубина воды в канале перед решёткой при пропуске расчетного расхода с  $k=1,4$ , м;  $h_2$  – превышение бортов камеры над уровнем воды, должно быть не менее 0,3 м;  $h_p$  – потери напора в решётке, определяемые по формуле

$$h_p = \xi \frac{V_p^2}{2g} k, \text{ м}, \quad (22)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $k$  – коэффициент увеличения потерь напора за счёт засорения, равный 3;  $\xi$  – коэффициент сопротивления, зависящий от формы стержней и определяемый по формуле

$$\xi = \beta \left( \frac{S}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha, \quad (23)$$

где  $\beta$  – коэффициент, определяемый формой стержней, равный для прямоугольных 2,42, для прямоугольных с закруглёнными краями 1,83, для круглых 1,72,  $\alpha$  – угол наклона решётки к потоку.

Количество отбросов, снимаемых с решётки  $W_{отб}$ , м<sup>3</sup>/сут, определяется по формуле:

$$W_{отб} = \frac{a' N_{пр}^{взв}}{365 \cdot 1000}, \quad (24)$$

где  $a' = 8$  л/(чел·год) – количество отбросов в расчете на одного жителя, снимаемых с решёток с шириной прозоров 16...20 мм;  $N_{пр}^{взв}$  – приведённое число жителей по взвешенным веществам.

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 табл. 17.1, 17.5 [5].

После определения числа работающих решеток необходимо предусмотреть установку резервных решеток согласно табл. 22 [2].

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

### «Семинар по сооружениям удержания и обработки песка, методам повышения эффективности их работы. Расчет песколовков и пескового хозяйства»

Песколовки предусматривают на станциях с производительностью более 100 м<sup>3</sup>/сут, как правило, их размещают после решёток. Выбор типа песколовков 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 песколовков сводится к определению их размеров в зависимости от гидравлической крупности песка и принятого типа сооружений и производится по максимальному расходу сточных вод. Число песколовков 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 (или её отделения) определяется по формуле

$$\omega = \frac{q_{\max.c}}{V_s n}, \quad (25)$$

где  $q_{\max.c}$  – максимальный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $V_s$  – скорость движения сточных вод, м/с (принимается по табл.28 [2]);  $n$  – число песколовков (отделений).

Длина рабочей части песколовки с прямолинейным течением воды определяется по формуле, м:

$$L_s = k_s \frac{1000 H_s V_s}{u_0}, \quad (26)$$

где  $k_s$  – коэффициент турбулентности, принимаемый в зависимости от типа песколовки по табл.27 [2];  $H_s$  – расчётная глубина песколовки, для горизонтальных песколовков принимается 0,5...2,0 м, для тангенциальных – 0,5 м;  $V_s$  – скорость движения воды в песколовке (для горизонтальной песколовки  $V_s = 0,15-0,3$  м/с; для аэрируемой –  $V_s = 0,08-0,12$  м/с);  $u_0$  – гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка (табл.28 [2]).

Ширину песколовки назначают в соответствии с рекомендациями [2] для данного типа песколовков.

Полученные размеры песколовков проверяются:

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

$$V_i = \frac{Q_i}{b H_i n}, \quad (27)$$

где  $Q_i$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $H_i$  – расчётная глубина протока воды, м;  $b$  – ширина песколовки, м;  $n$  – число отделений песколовки;

– на продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке, с:

$$t = \frac{L_s}{V_s}, \quad (28)$$

где  $L_s$  – длина проточной части, а  $V_s$  – скорость движения воды в песколовке.

Время протекания сточных вод для горизонтальных песколовков должно быть не менее 30 с.

Общий объём осадочной части песколовков определяется по формуле, м<sup>3</sup>:

$$W_{oc} = \frac{p N_{np} t}{1000}, \quad (29)$$

где  $p$  – объём задерживаемого песка, принимаемый для бытовых сточных вод в количестве 0,02 л/(чел.·сут) при влажности песка 60% и плотности 1,5 т/м<sup>3</sup>;  $t$  – период между двумя чистками песколовков, принимаемое не более 2-х суток;  $N_{i\delta}^{acc}$  – приведённое число жителей.

Глубина слоя осадка в песколовке зависит от объема выпадающего осадка:

$$h = \frac{W_{oc}}{L b n}. \quad (30)$$

Общая глубина песколовки определяется по формуле, м:

$$H = h_6 + H_p + h, \quad (31)$$

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

Размеры камеры для песка определяются с учётом рекомендаций [2] для выбранной конструкции бункера.

*Горизонтальные песколовки с круговым движением воды* рассчитываются также как и песколовки с прямолинейным движением. По вычисленной длине проточной части определяют:

– средний диаметр ( $D_{cp}$ ) песколовки, м:

$$D_{cp} = \frac{L_s}{\pi}, \quad (32)$$

– расчётный диаметр, м:

$$D = D_{cp} + b, \quad (33)$$

где  $b$  – ширина кольцевого желоба песколовки, определяемая по формуле

$$b = \frac{F}{nL_s}, \quad (34)$$

где  $F$  – площадь зеркала проточной части, вычисляемой по формуле

$$F = \frac{Q}{u_0}, \quad (35)$$

где  $Q$  – максимальный расход сточных вод.

Основные данные по типовым песколовкам с круговым движением воды приведены в табл. 4.15 [1].

**Аэрируемые песколовки конструктивно отличаются от песколовки горизонтального типа, а расчет их производится в следующей последовательности:**

– определяют сечение одного отделения песколовки по формулам ..... и его размеры – ширину ( $b$ ) и глубину ( $H$ ), таким образом, чтобы выполнялось соотношение  $b:H = 1 \dots 1,5$ ;

– определяют глубину осаждения песчинки расчетного диаметра при одном круге вращения по формуле

$$h = \frac{b U_0}{V_1}, \quad (36)$$

где  $U_0$  – гидравлическая крупность песка, соответствующая расчетному диаметру задерживаемых частиц, м/с;  $V_1$  – средняя скорость течения сточных вод, которая при интенсивности аэрации равной  $3 \dots 5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  составляет  $0,1 \text{ м/с}$ ;

– определяют требуемое количество кругов вращения жидкости для достижения 90% эффективности улавливания песка расчетной крупности по формуле

$$n = - \frac{1}{\lg \left( 1 - \frac{h}{h_p} \right)}, \quad (37)$$

$$\text{где } \frac{h}{h_p} = \frac{h}{H:2}; \quad (38)$$

– определяют время одного круга вращения жидкости по формуле, с:

$$t_1 = 1,2 \frac{b}{V_1}; \quad (39)$$

– определяют продолжительность пребывания жидкости в песколовке, с:

$$t = 1,1 n t_1; \quad (40)$$

– определяют длину песколовки по формуле, м:

$$L = K \frac{1000 H_p}{U_0}; \quad (41)$$

– определяют общее количество воздуха, подаваемого в песколовку,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{\text{воз}} = I \cdot F, \quad (42)$$

где  $I$  – интенсивность аэрации,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $F$  – площадь поверхности песколовки,  $\text{м}^2$ ;  
– определяют объем выпавшего осадка и размеры приемка для песка по формулам (33...35).

Основные параметры аэрируемых песколовок приведены в табл. 4.16 [ ].

Удаление задерживаемого песка из песколовок всех типов допускается предусматривать вручную при его объеме до  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ . При большем объеме удаление песка из песколовок должно быть механизировано. Наиболее надежным 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. Расход промывных вод, подаваемых в гидромеханическую систему, определяется по формуле

$$q_h = V_h \cdot l_{sc} \cdot b_{sc}, \quad (43)$$

где  $V_h$  – восходящая скорость промывной воды в лотке, принимаемая равной  $0,0065 \text{ м/с}$ ;  
 $l_{sc}$  – длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового приемка,  $\text{м}$ ;  $b_{sc}$  – ширина пескового лотка, равная  $0,5 \text{ м}$ .

Оптимальный расход промывной воды составляет  $0,03 \dots 0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Основные параметры гидроэлеваторов и гидромеханических систем для удаления песка даны в справочной литературе [ ].

Песок удаляется из песколовок с большим объемом воды и поэтому его необходимо обезвоживать. Для этого устраивают бункеры, песковые площадки или накопители песка (см. п. 3.11).

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.**

### **«Семинар по сооружениям осветления сточных вод, методам повышения эффективности их работы. Расчет первичных канализационных отстойников различного конструктивного исполнения»**

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  $150 \text{ мг/л}$ .

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

*Радиальные отстойники* применяются в качестве первичных, вторичных и илоуплотнителей для станций производительностью свыше  $20000 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Эффект задержания взвешенных веществ в них составляет до  $60\%$ . Унифицированные типоразмеры радиальных отстойников приведены в табл.4.20 [1].

Расчётное значение гидравлической крупности задерживаемых в отстойнике частиц определяется по формуле

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{\text{set}} \cdot K_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \cdot \left( \frac{H_{\text{set}} \cdot K_{\text{set}}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (44)$$

где  $H_{\text{set}}$  – глубина проточной части в отстойнике, определяемая по табл.31 [2] для выбранного типа отстойника;  $K_{\text{set}}$  – коэффициент использования проточной части отстойника, определяемый по табл.31 [2];  $t_{\text{set}}$  – продолжительность отстаивания,

соответствующая заданному эффекту очистки, принимается по табл.30 [2];  $n_2$  – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, для городских сточных вод принимается по черт.2 [2].

Диаметр радиального отстойника определяется по формуле

$$D_{\text{set}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{max}}}{3,6 \cdot \pi \cdot K_{\text{set}} \cdot n \cdot (U_0 - v_{\text{tb}})}}, \quad (45)$$

где  $q_{\text{max}}$  – максимальный секундный расход с учетом коэффициента неравномерности;  $n$  – число рабочих отстойников;  $v_{\text{tb}}$  – турбулентная составляющая, соответствующая скорости потока в отстойнике, принимается по табл.32 [2].

В соответствии с полученным значением диаметра отстойника подбирается типовая конструкция радиального отстойника.

Рабочий объем отстойника определяется по формуле

$$V_{\text{set}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{set}}^2 \cdot H_{\text{set}}}{4} - f \cdot H_{\text{set}}, \quad (46)$$

где  $f$  – площадь центральной зоны (вокруг центральной подводящей трубы).

Теоретическое время осветления воды в отстойнике определяется по формуле

$$t_{\text{осв}} = \frac{n \cdot V_{\text{set}}}{q_{\text{max}}}. \quad (47)$$

Производительность одного отстойника определяется исходя из требуемого эффекта осветления и геометрических размеров отстойника по формуле

$$q_{\text{set}} = 2,8 K_{\text{set}} (D_{\text{set}} - d_{\text{en}}) (U_0 - v_{\text{tb}}), \quad (48)$$

где  $d_{\text{en}}$  – диаметр впускного устройства, определяемый по формуле

$$d_{\text{en}} = \sqrt{\frac{f}{n}}. \quad (49)$$

Количество осадка, выделяемое при отстаивании в первичном отстойнике, определяется исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающей ( $C_{\text{en}}$ ) и осветленной ( $C_{\text{ex}}$ ) воде:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{q_w \cdot (C_{\text{en}} - C_{\text{ex}})}{(100 - P_{\text{mud}}) \cdot \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4}, \quad (50)$$

где  $P_{\text{mud}}$  – влажность осадка, %;  $q_w$  – среднечасовой расход сточных вод, поступающий на один отстойник, м<sup>3</sup>/час;  $\gamma_{\text{mud}}$  – плотность осадка, т/м<sup>3</sup>.

Перемещение выпавшего при осветлении воды осадка осуществляется при помощи скребкового механизма (илоскребов) от периферии к центру, где расположен приямок. Техническая характеристика илоскребов дана в табл.17.3 [5]. Удаление осадка из приямка отстойника производится самотеком под гидростатическим давлением или насосами, гидроэлеваторами и т.п., размещенными в насосной станции между отстойниками. При удалении осадка под гидростатическим давлением вместимость приямка первичных отстойников принимается равной объёму осадка, выделенного за период не более 2 суток [2], т.е. составляет  $Q_{\text{mud}} \cdot 48$ . Высота зоны накопления осадка в отстойнике ( $H_2$ ) равна 0,3 м [2].

Для удержания всплывающих загрязнений перед водосбором предусматриваются полупогружные перегородки, т.е. кольцо с диаметром меньшим, чем диаметр водосборного желоба на 60 см. Глубина погружения перегородки под уровень воды ( $H_3$ ) должна быть не менее 0,3 м [2].

Высота борта отстойника над поверхностью воды принимается равной 0,3 м [2].

Общая высота радиального отстойника определяется по формуле

$$H = H_{\text{set}} + H_2 + H_3 + iR_{\text{set}} + h, \quad (51)$$

где  $i$  – уклон дна отстойника, принимается не менее 50<sup>0</sup> (табл. 31. СНиП);

$h$  – глубина приямка для сбора осадка, м.

Разновидностью радиальных отстойников являются отстойники с периферийной подачей сточной воды, основные параметры которых приведены в табл.4.21 [1].

*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%.

Длина отстойника определяется по формуле

$$L_{\text{set}} = \frac{v_w \cdot H_{\text{set}}}{K_{\text{set}} \cdot U_0}, \quad (52)$$

где  $v_w$  – средняя скорость в проточной части отстойника, определяется по табл.31 [2], мм/с;  $H_{\text{set}}$  – глубина проточной части, принимается по табл.31 [2];  $K_{\text{set}}$  – коэффициент объемного использования отстойника, принимается по табл.31 [2];  $U_0$  – гидравлическая крупность частиц, определяется по формуле (48), мм/с.

Ширина горизонтального отстойника (отделения) принимается типовой равной 4 м, 6 м, или 9 м. Число отстойников (отделений) определяется из соотношения:

$$n \cdot B_{\text{set}} = \frac{Q}{v_w \cdot H_{\text{set}}}. \quad (53)$$

Количество осадка, выпадающего в отстойнике определяется по формуле (54).

Общая строительная высота горизонтального отстойника определяется по формуле (55).

Производительность одного отстойника определяется по формуле

$$q_{\text{set}} = 3,6 K_{\text{set}} L_{\text{set}} B_{\text{set}} (U_0 - v_{\text{tb}}). \quad (54)$$

Основные параметры горизонтальных отстойников приведены в табл.4.18 [1].

*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%.

Высота проточной части отстойника определяется по формуле

$$H_{\text{set}} = v_w \cdot t \cdot 3,6n, \quad (55)$$

где  $v_w$  – вертикальная скорость движения воды, для бытовых сточных вод  $v_w = 0,7$  мм/с;  $t$  – продолжительность отстаивания, принимается в пределах 0,75...1,5 ч.

Радиус вертикального отстойника определяется по формуле

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3,6 \cdot \pi \cdot K_{\text{set}} \cdot U_0 \cdot n}}. \quad (56)$$

Общий объем проточной части вертикальных отстойников составляет

$$V_{\text{set}} = Qt. \quad (57)$$

Общая рабочая площадь отстойников определяется по формуле

$$F = \frac{V_{\text{set}}}{H_{\text{set}}}. \quad (58)$$

Площадь центральных труб отстойников определяется по формуле

$$f = \frac{Q}{V_{\text{тр}}}, \quad (59)$$

где  $V_{\text{тр}}$  – скорость движения воды в центральной трубе, принимается не более 0,03 м/с.

Количество выпавшего осадка в вертикальном отстойнике определяется по формуле (54). Осадочная часть вертикального отстойника выполняется конической с углом наклона стенок днища 50°. Высота осадочной части зависит от ее объема и диаметра отстойника. Объем осадочной части рассчитывается на двухсуточное количество выпадающего осадка. Общая строительная высота вертикального отстойника определяется по формуле (51).

Основные параметры вертикальных отстойников приведены в табл. 4.19 [1].

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 объём, объём осадочной части, пропускную способность, характеристики механических устройств (илоскрёбов, насосов и пр.). Технические характеристики илоскрёбов и илососов приведены в [5].

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

### Семинар по конструкциям и особенностям эксплуатации аэротенков. Основы технологических расчетов.

#### Краткие теоретические сведения

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 м<sup>3</sup>/сут; *аэротенки-смесители* различных модификаций применяются при значениях БПК<sub>полн</sub> очищаемого стока более 500 мг/л, при наличии в стоке медленно окисляемых веществ, а также при колебаниях состава сточных вод; *аэротенки-вытеснители* – при БПК<sub>полн</sub> очищаемого стока до 150 мг/л и при отсутствии залповых поступлений токсичных веществ. При значениях БПК<sub>полн</sub>, 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.

#### Методические указания

На практическом занятии рассчитываются параметры, необходимые для технологического управления биохимическими процессами очистки. Примерные задания для расчетов представлены ниже.

##### 1. Расчет возраста активного ила $V_{AI,сут}$

$$V_{AI} = \frac{X_{aэр} * W_{aэр} + X_{BO} * V_{AI,BO}}{Q_{ИАИ} * X_{ИАИ}}$$

$X_{aэр}$  - доза активного ила в аэротенках, г/л = кг/м<sup>3</sup> ;

$W_{aэр}$  - объем всех аэротенков, м<sup>3</sup>;

$X_{BO}$  - доза активного ила на дне вторичного отстойника, г/л = кг/м<sup>3</sup>;

$V_{AI,BO}$  - суммарный объем активного ила, осевшего во вторичных отстойниках, м<sup>3</sup>;

$Q_{ИАИ}$  - расход избыточного активного ила, м<sup>3</sup>/сут;

$X_{ИАИ}$  - доза избыточного активного ила, г/л = кг/м<sup>3</sup>.

##### 1.1. Пример решения:

Доза активного ила в аэротенках = 2г/л(кг/м<sup>3</sup>); суммарный объем аэротенков = 6200

м<sup>3</sup>; уровень ила во вторичных отстойниках = 0,2м; диаметр вторичных отстойников = 18м; количество вторичных отстойников = 3; доза ила на дне отстойников = 6 г/л (кг/м<sup>3</sup>); расход избыточного активного ила = 120 м<sup>3</sup>/сут, доза избыточного активного ила = 6г/л(кг/м<sup>3</sup>). Определить значение возраста активного ила.

Определяем количество ила, находящегося на дне отстойников (площадь отстойников равна 254\* 3=763м<sup>2</sup>).

Объем осевшего ила: 763\*0,2=153м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{АИ}} = \frac{2*6200+153*6}{120*6} = 18,5 \text{ сут}$$

### 1.2.Задание:

Определить значение возраста активного ила в соответствии с вариантом по таблице 2.

Таблица 2

Показатель	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Доза активного ила в аэротенках, г/л (кг/м <sup>3</sup> )	3,5	2,7	1,9	2,9	2,2	1,8
Суммарный объем аэротенков, м <sup>3</sup>	7200	5100	4280	6500	5900	4800
Уровень ила во вторичных отстойниках, м	0,25	0,18	0,15	0,2	0,3	0,2
Диаметр вторичных отстойников, м	20	15	18	22	26	24
Количество вторичных отстойников	3	3	2	3	2	2
Доза ила на дне отстойников, г/л (кг/м <sup>3</sup> )	8	6	7	6,5	5,5	5
Расход избыточного активного ила, м <sup>3</sup> /сут	700	340	370	220	280	120
Доза избыточного активного ила, г/л (кг/м <sup>3</sup> )	8	6	7	6	5,5	5

### 2. Расчет нагрузки на активный ил $q_i$ , м<sup>2</sup>/г\*час (г/г\*сут)

$$q_i = \frac{C_i}{X_i * (1-s) * t_{at}}$$

$C_i$ - концентрация рассматриваемого загрязнения, мг/л или г/л ;

$X_i$  - доза активного ила в аэротенках, г/л;

$t_{at}$  - время нахождения сточной воды в аэротенке, час или сут;

$s$  - зольность активного ила, доли единицы.

#### 2.1. Пример решения:

Значение БПК<sub>5</sub> в сточных водах, поступающих на биологическую очистку = 135 мг/л;

доза активного ила в аэротенках = 2г/л; суммарный объем аэротенков = 6200 м<sup>3</sup>;

зольность

активного ила = 30 %; среднесуточный расход сточных вод = 15000 м<sup>3</sup>/сут.

Определить нагрузку на активный ил по БПК<sub>5</sub>.

Определяем время нахождения сточной воды в аэротенке:

6200/15000\*24 = 9,9 сут или 6200 /15000=0,41 сут

$$q_{\text{БПК}_5} = \frac{135}{2*(1-0,3)*9,9} = 9,7 \frac{\text{мг}}{\text{г*час}} \text{ или } q_{\text{БПК}_5} = \frac{0,135}{2*(1-0,3)*0,41} = 0,24 \frac{\text{г}}{\text{г*сут}}$$

#### 2.2.Задание:

Определить нагрузку на активный ил в соответствии с вариантом по таблице 3.

Таблица 3

Показатель	Вариант					
	1	2	3	4	5	6

Значение БПК <sub>5</sub> в СВ, поступающих на БО, мг/л	125	-	156	-	135	-
Значение взвешенных веществ, поступающих на БО, мг/л	-	350	-	280	-	420
Доза активного ила в аэротенках, г/л	3,3	3,0	2,9	2,7	3,1	3,2
Количество аэротенков	3	1	1	1	1	2
Суммарный объем аэротенков, м <sup>3</sup>	2300	5100	4280	5900	6500	3500
Зольность активного ила, %	34	31	29	32	35	30
Среднесуточный расход сточных вод, м <sup>3</sup> /сут.	13500	16000	12600	13800	17000	14500

### 3. Расчет удельной скорости окисления органических соединений по БПКполн

$$\rho_{ci} = \frac{C_{i,ВХ} - C_{i,ВЫХ}}{X_i * (1-s) * t_{at}}$$

$C_{i,ВХ}$  концентрация рассматриваемого загрязнения в сточной воде, поступающей на биологическую очистку, мг/л или г/л ;

$C_{i,ВЫХ}$  - концентрация рассматриваемого загрязнения в биологически очищенной воде на выходе

из аэротенка, мг/л или г/л ;

$X_i$  -доза активного ила в аэротенках, г/л;

$t_{at}$  - время проведения соответствующего биохимического процесса (для процессов аэробного окисления органических соединений и нитрификации – время нахождения в аэробной зоне аэротенка, для процессов денитрификации – время нахождения сточной воды в аноксидной зоне аэротенка), час;

s - зольность активного ила, доли единицы.

#### 3.2.Задание:

Определить удельную скорость окисления органических соединений по БПКполн в соответствии с вариантом по таблице 3.

Таблица 4

Показатель	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Значение БПК <sub>5</sub> в СВ, поступающих на БО	125	150	155	160	200	190
Значение БПК <sub>5</sub> в СВ, на выходе из аэротенка	5	6	6	6	6	6
Доза активного ила в аэротенках, г/л	2,0	2,2	2,1	2,4	2,0	2,3
Количество аэротенков	1	1	1	1	1	1
Суммарный объем аэротенков, м <sup>3</sup>	4500	3500	3900	4800	6200	3400
Зольность активного ила, %	31	29	28	32	30	31
Среднесуточный расход сточных вод, м <sup>3</sup> /сут.	14500	15000	11900	13500	16500	12400

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

### Семинар по сооружениям биологической нитри-денитрификации и дефосфотации

#### Методические указания

Занятие проводится в виде семинара. Семинар это один из основных видов учебных практических занятий, состоящий в обсуждении обучающимися сообщений, докладов, рефератов, выполненных ими по результатам учебных исследований под руководством преподавателей. Для обсуждения предложенных вопросов, студенту необходимо опираться на полученные знания на лекциях и в процессе самостоятельной работы. Студенты вместе с преподавателем обсуждают нижеприведенные темы докладов, выполненных ими по результатам самостоятельной работы по предложенными тематиками.

Материал по предложенным для обсуждения темам студенты могут найти на сайте Бюро НТД, в справочнике ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» по адресу [http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure\\_id=1872](http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872). В процессе дискуссий происходит закрепление теоретических знаний по теме и формируется понимание специфики рассматриваемых вопросов. Доклад должен содержать: общее техническое описание технологии, преимущества для окружающей среды, применимость, факторы, влияющие на возможность реализации.

#### **Темы к обсуждению:**

1. Процессы биологической нитри–денитрификации:
  - - Модифицированный процесс Лудзака–Эттингера (МЛЭ) (предвключенная денитрификация)
  - - ступенчатая нитри–денитрификация
  - - «карусельная» нитри–денитрификация (Курьяновские ОС, Москва),
  - - симультанная нитри–денитрификация (Люберецкие ОС, Москва)
2. Биологическая очистка в аэротенках с биологическим удалением фосфора:
  - Процесс А2/О (Анаэробик–Аноксик–Оксик),
  - Процесс Кейптаунского университета (УСТ),
  - Модифицированный процесс УСТ (МУСТ)
3. Биологическая очистка в аэротенках с химико-биологическим удалением фосфора ( в т.ч. в рамках сочетаний вышеобозначенных процессов),
4. Другие вариации процессов.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9**

#### **Семинар по конструкциям и особенностям эксплуатации биофильтров.**

#### **Расчет биологических фильтров.**

Биофильтры применяются для полной и неполной биологической очистки. Капельные биофильтры применяются на станциях производительностью не более 1000 м<sup>3</sup>/сут, а высоконагружаемые – до 50 000 м<sup>3</sup>/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 дна, 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, м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> 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.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

### Расчет вторичных отстойников после аэротенков и биофильтров.

Вторичные отстойники используют для отделения активного ила, поступающего вместе со сточной водой из аэротенков. По конструкции они аналогичны первичным отстойникам.

Вторичные отстойники после аэротенков рассчитывают по гидравлической нагрузке, определяемой для биофильтров по формуле

$$q_{ssb} = 3,6K_{set} \cdot U_o, \quad (93)$$

где  $U_o$  – гидравлическая крупность биопленки, при полной биологической очистке  $U_o = 1,4$  мм/с;  $K_{set}$  – коэффициент использования проточной части отстойника; для аэротенков по формуле

$$Q_{ssb} = \frac{4,5K_{ss}H_{set}^{0,8}}{(0,11a_i)^{0,5}-0,01a_t}, \quad (94)$$

где  $K_{ss}$  – коэффициент использования зоны отстойника, принимаемый для радиальных отстойников – 0,4; вертикальных – 0,35; горизонтальных – 0,45;  $a_i$  – средняя доза ила в системе "аэротенк-регенератор";  $a_t$  – концентрация ила в осветленной воде, принимается не менее 10 мг/л;  $H_{set}$  – рабочая глубина отстойника, принимается по табл.31 [2] в зависимости от его типа.

Конструктивные параметры отстойника принимают согласно пп. 6.61...6.63 [2]. Количество вторичных отстойников должно быть не менее трех и все рабочие.

Площадь одной секции отстойника определяется по формуле

$$F_{set} = \frac{Q_w}{n \cdot q_{ssa}}, \quad (95)$$

где  $q_w$  – расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;  $n$  – количество вторичных отстойников.

Количество избыточного активного ила в отстойниках, м<sup>3</sup>/сут, рассчитывается по формуле:

$$W_{изб} = \frac{(P_i - C_{cdp})Q \cdot 100}{\gamma \cdot 10^6 (100 - p_i)},$$

(96)

где  $Q$  – суточный приток сточных вод на станцию,  $P_i$  – прирост активного ила в аэротенках или биофильтрах,  $C_{cdp}$  – вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников (табл. 4.57 [1]), расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут,  $\gamma$  – плотность активного ила, равная 1,001 т/м<sup>3</sup>,  $p_i$  – влажность активного ила, принимаемая равной 99,3 %.

Удаление осадка из вторичного отстойника осуществляется с помощью илососов.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

### Семинар по эксплуатации метантанков и аэробных стабилизаторов, в том числе в Арктической зоне

#### Методические указания

Занятие проводится в виде семинара. Семинар это один из основных видов учебных практических занятий, состоящий в обсуждении обучающимися сообщений, докладов, рефератов, выполненных ими по результатам учебных исследований под руководством преподавателей. Для обсуждения предложенных вопросов, студенту необходимо опираться на полученные знания на лекциях и в процессе самостоятельной работы. Студенты вместе с преподавателем обсуждают нижеприведенные темы докладов, выполненных ими по результатам самостоятельной работы по предложенным тематиками.

Материал по предложенным для обсуждения темам студенты могут найти на сайте Бюро НТД, в справочнике ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» по адресу [http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure\\_id=1872](http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872). В процессе дискуссий происходит закрепление теоретических знаний по теме и формируется понимание специфики рассматриваемых вопросов. Доклад должен содержать: общее техническое описание технологии, преимущества для окружающей среды, применимость, факторы, влияющие на возможность реализации.

### Темы к обсуждению:

1. Анаэробная стабилизация жидких осадков (метановое сбраживание)
2. Аэробная стабилизация жидких осадков
3. Проектируемые технологические схемы аэробной и анаэробной обработки осадков сточных вод.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

#### Расчет сооружений реагентного обеззараживания сточных вод.

Обеззараживание применяется для уничтожения патогенных микробов и исключения их попадания в водоёмы. Расчётная доза активного хлора принимается:

- после механической очистки – 10 г/м<sup>3</sup> отстоенных вод;
- после полной биологической очистки – 3 г/м<sup>3</sup>;
- после неполной биологической очистки – 5 г/м<sup>3</sup>;

Часовой расход хлора, кг/ч, на который нужно проектировать хлораторную, определяется по следующей формуле:

$$q_{Cl}^ч = Q_{max} \cdot D_{Cl} / 1000, \quad (129)$$

где  $Q_{max}$  – максимальный часовой расход сточных вод,  $D_{Cl}$  – доза хлора.

Расход хлора в сутки определяется по аналогичной формуле, но вместо  $Q_{max}$  используют значение суточного притока сточных вод на станцию. Рассчитанные расходы хлора поступают в хлоратор-дозатор. В хлораторной предусматривается как правило хлораторы ЛОНИИ-100. Один хлоратор должен быть резервный. Число рабочих – не менее двух. На станциях производительностью до 40 000 м<sup>3</sup>/час при суточном расходе хлора до 120 кг, доставка хлора осуществляется в стандартных баллонах ёмкостью 30...55 л. При большей производительности станции в качестве испарителей применяются контейнеры и бочки ёмкостью 400 и 1000 кг.

Параметры типовых хлораторных приведены в табл. 4.61 [1] и в табл. 22 [14].

Из хлораторов хлорная вода поступает по полиэтиленовым трубам для смешения со сточной жидкостью. Для обеспечения расчётной растворимости хлора при приготовлении хлорной воды, хлордозаторная обеспечивается подводом воды питьевого качества с давлением не менее 0,4 МПа и расходом

$$Q = q_{Cl}^ч \cdot q_v, \quad (130)$$

где  $q_v$  – норма водопотребления на 1 кг хлора, равная 0,4 м<sup>3</sup>/кг.

Хлорная вода для дезинфекции сточных вод подаётся перед смесителем, в качестве которого используют “лоток Паршаля” (табл. 4.62 [1],) как более производительный и обеспечивающий хорошее перемешивание. Далее вода поступает в контактные резервуары. Количество резервуаров принимается не менее двух, с продолжительностью контакта хлора со сточной водой 30 мин. В качестве контактных резервуаров используют горизонтальные отстойники без скребков и вертикальные отстойники. В процессе дезинфекции происходит коагуляция мелкодисперсных и коллоидных веществ и образование осадка, поэтому скорость в контактных резервуарах не должны быть большой. Количество осадка зависит от степени и вида очистки сточной жидкости. При обеззараживании жидким хлором (хлорной водой) объём осадка после механической очистки составляет 0,08 л/(чел·сут), после полной биологической очистки в аэротенках – 0,03 л/(чел·сут), на биофильтрах – 0,05 л/(чел·сут). При использовании хлорной извести объём осадка увеличивается вдвое. Влажность осадка составляет 96 %. Удаление из контактных резервуаров – под гидростатическим давлением воды. Осадок

обычно направляют сразу на обезвоживание без сбраживания и стабилизации. Расчёт аналогичен расчёту отстойников.

Характеристики контактных резервуаров приведены в табл. 4.63 учебника [1] и табл. 25 [14].

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13** **Защита расчетно-графической работы**

**Цель:** формирование способностей к обобщению информации, аргументированному отстаиванию своих предложений, развитие умений подготовки выступлений, навыков публичных выступлений и ведения дискуссий

#### **Методические рекомендации:**

Занятие проходит в форме конференции на последнем практическом занятии. Обсуждение происходит в диалоговом режиме между студентами и преподавателем.

Методические рекомендации по выполнению РГР представлены ниже.

### **3. Методические рекомендации выполнению расчетно-графической работы**

Методические рекомендации выполнению расчетно-графической работы приведены в «Методических указаниях к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Водоотведение и очистка сточных вод» для направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» всех форм обучения».

### **4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

Успешное освоение компетенций, формируемых учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование времени для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающегося - деятельность, которую он выполняет без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, под его руководством и наблюдением. Обучающийся, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению обучения.

Самостоятельная работа может быть аудиторной и внеаудиторной. Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется во время проведения учебных занятий по дисциплине (модулю) по заданию преподавателя. Включает в себя:

- выполнение самостоятельных работ, участие в тестировании;
- выполнение контрольных, практических и лабораторных работ;
- решение задач и упражнений, составление графических изображений (схем, диаграмм, таблиц и т.п.);
- работу со справочной, методической, специальной литературой;
- оформление отчета о выполненных работах;
- подготовка к дискуссии, выполнения заданий в деловой игре и т.д.

Внеаудиторная самостоятельная работа (в библиотеке, в лаборатории МГТУ, в домашних условиях, в специальных помещениях для самостоятельной работы в МГТУ и т.д.) является текущей обязательной работой над учебным материалом (в соответствии с рабочей программой), которая не предполагает непосредственного и непрерывного руководства со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа по дисциплине может включать в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам и др.) и выполнение необходимых домашних заданий;
- работу над отдельными темами дисциплины (модуля), вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой;
- проработку материала из перечня основной и дополнительной литературы по дисциплине, по конспектам лекций;
- написание рефератов, докладов, эссе, отчетов, подготовка мультимедийных презентаций, составление глоссария и др.;
- другие виды самостоятельной работы.

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины. Задания для самостоятельной работы имеют четкие календарные сроки выполнения.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение обучающимся следующих этапов:

1. Определение цели самостоятельной работы.
2. Конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи.
3. Самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи.
4. Выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения).
5. Планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи.
6. Реализация программы выполнения самостоятельной работы.
7. Самоконтроль выполнения самостоятельной работы, оценивание полученных результатов.
8. Рефлексия собственной учебной деятельности.

### **Работа с научной и учебной литературой**

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

### **Решение ситуационных задач (кейс-заданий)**

Кейс-задание (англ. *case*- случай, ситуация) - задание, связанное с конкретным последовательностью действий и направленное на разбор, осмысление и решение реальной профессионально-ориентированной ситуации.

Решение ситуационных задач направлено на формирование умения анализировать в короткие сроки большой объем неупорядоченной информации, принятия решений в

условиях недостаточной информации, готовности использовать собственные индивидуальные креативные способности для решения исследовательских задач.

Рекомендации по работе с кейсом:

- сначала необходимо прочитать всю имеющуюся информацию, чтобы составить целостное представление о ситуации; не следует сразу ее анализировать, желательно лишь выделить в ней данные, показавшиеся важными;

- требуется охарактеризовать ситуацию, определить ее сущность и отметить второстепенные элементы, а также сформулировать основную проблему и проблемы, ей подчиненные;

- важно оценить все факты, касающиеся основной проблемы (не все факты, изложенные в ситуации, могут быть прямо связаны с ней), и попытаться установить взаимосвязь между приведенными данными;

- следует сформулировать критерий для проверки правильности предложенного решения, попытаться найти альтернативные способы решения, если такие существуют, и определить вариант, наиболее удовлетворяющий выбранному критерию.

### **Тема 1. Состав и свойства сточных вод населенных пунктов**

Особенности формирования состава хозяйственно-бытовых, производственных и поверхностных сточных вод. Группы загрязняющих веществ по физическому состоянию и возможность их изъятия различными методами. Санитарно-химические, санитарно-эпидемиологические и паразитологические показатели сточных вод населенных пунктов. Понятие о токсичности сточных вод. Соотношение показателей химической, биохимической потребности в кислороде и биогенных элементов в сточных водах различного происхождения. Неравномерность образования сточных вод.

#### ***Вопросы для самопроверки:***

- 1. Каковы особенности формирования состава хозяйственно-бытовых, производственных и атмосферных сточных вод?*
- 2. Какие существуют группы загрязняющих веществ по физическому состоянию и возможность их изъятия различными методами?*
- 3. Какие виды санитарно-химических, санитарно-эпидемиологических и паразитологических показателей сточных вод населенных пунктов вы знаете?*

### **Тема 2. Общие сведения о системе водоотведения**

Основные элементы водоотводящих систем. Системы водоотведения городов. Системы водоотведения промышленных предприятий. Водоотводящая сеть населенных пунктов. Водоотводящие сети атмосферных осадков (водостоки). Устройство водоотводящих сетей. Трубопроводы. Колодцы и камеры. Дюкеры.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Дайте определение общему химическому загрязнению.
2. Охарактеризуйте химическое и токсикологическое загрязнение.
3. Какова сущность явления экологического метаболизма?
4. Какими путями осуществляется миграция основных токсикантов в природных экосистемах?

### **Тема 3. Виды водоприемников. Условия приема сточных вод в городские системы водоотведения**

Нормативно-правовые акты, ведомственные и региональные правила. Определение технической возможности подключения к системам водоотведения. Общие требования к составу сточных вод абонентов хозяйственно-бытовой водоотводящей сети.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какими нормативно-правовыми актами, ведомственными и региональными правилами регламентируются условия приема сточных вод в городские системы водоотведения?
2. Сформулируйте определение технической возможности подключения к системам водоотведения
3. Какие существуют технические условия на присоединение?

#### **Тема 4. Водоемы, их охрана от загрязнения сточными водами.**

Законодательные и нормативные акты, определяющие условия сброса сточных вод в водоем. Классификация и категорирование водоемов-водоприемников. Предельно-допустимые концентрации, региональные нормативы допустимого воздействия и нормативно-допустимые сбросы; ориентировочно-безопасные уровни воздействия, класс опасности, лимитирующий признак вредности. Понятие о планах снижения сбросов и лимитах на сбросы. Расчет смешения сточных вод с водой водных объектов и определение необходимой степени очистки

*Вопросы для самоконтроля:*

1. *Опишите требования, предъявляемые "Водным кодексом РФ", СанПиН 2.1.3684-21 к условиям сброса сточных вод в водоем.*
2. *Проведите классификацию и категорирование водоемов-водоприемников.*
3. *Назовите основные направления использования городских сточных вод в сельском хозяйстве и промышленности.*

#### **Тема 5. Общая характеристика методов очистки и обеззараживания сточных вод и схем очистных станций**

Принципы выбора схемы очистных сооружений по наилучшим доступным технологиям с учетом экономической целесообразности и технической осуществимости. Основные технологические процессы очистки сточных вод. Основные сооружения механической, физико-химической и биологической очистки городских сточных вод, доочистки, обеззараживания сточных вод, обработки осадков. Взаимосвязь сооружений очистки сточных вод и обработки осадков; примеры наиболее распространенных технологических схем.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Опишите принципы выбора схемы очистных сооружений по наилучшим доступным технологиям*
2. *Охарактеризуйте основные технологические процессы очистки сточных вод.*
3. *Опишите взаимосвязь сооружений очистки сточных вод и обработки осадков*

#### **Тема 6. Методы механической очистки сточных вод.**

Типовые технологические процессы механической очистки сточных вод. Назначение, применение, состав оборудования, эффективность применения. Подпроцесс и сооружения

процеживания. Обработка и утилизация отбросов с решеток. Подпроцесс удаления оседающих грубых примесей (песка) - состав оборудования и технологические характеристики. Подпроцесс обработки пескового осадка (пульпы) – состав и характеристика оборудования. Подпроцесс осаждения взвешенных веществ (осветление) - состав оборудования и технологические характеристики. Основные методы интенсификации работы первичных отстойников

**Вопросы для самопроверки:**

1. *Опишите типовые технологические процессы механической очистки сточных вод.*
2. *Охарактеризуйте назначение, применение, состав оборудования механической очистки сточных вод*
3. *Опишите подпроцесс и сооружения процеживания.*
4. *Опишите подпроцесс удаления оседающих грубых примесей (песка) - состав оборудования и технологические характеристики.*
5. *Охарактеризуйте подпроцесс обработки пескового осадка (пульпы) – состав и характеристика оборудования.*
6. *Расскажите о подпроцессе осаждения взвешенных веществ (осветление) - состав оборудования и технологические характеристики.*
7. *В чем состоят основные методы интенсификации работы первичных отстойников*

**Тема 7. Биохимические основы биологической очистки в аэротенках**

Аэротенки. Основные положения ферментативной кинетики в биохимической очистке сточных вод. Основные принципы очистки сточных вод в аэротенках и характеристики активного ила. Классификация и технологические схемы аэротенков. Регенерация активного ила: сущность, применимость и роль регенераторов. Расчет аэротенков. Системы аэрации в аэротенках. Конструкции аэротенков. Особенности эксплуатации аэротенков. Влияние северных условий на протекание биохимических процессов в аэротенках. Вспухание и пеннообразование в аэротенках - причины и мероприятия по их устранению.

**Вопросы для самопроверки:**

1. *Начертите принципиальную схему аэротенка – вытеснителя, смесителя. Покажите стрелками потоки воды и активного ила.*
2. *В чем заключаются механизмы биологической очистки в аэротенках?*
3. *Охарактеризуйте основные причины вспухания и пеннообразования в аэротенках.*

**Тема 8. Биохимические процессы нитри-денитрификации и дефосфатирования сточных вод**

Источники и формы азота в поступающих сточных водах. Стадии очистки сточных вод от соединений азота. Понятие процессов нитрификации и денитрификации. Основные факторы, влияющие на эффективность процессов нитрификации и денитрификации. Основные схемы реализации процессов нитри-денитрификации. Биохимия удаления фосфора. Фосфат-аккумулирующие организмы и «жадное поглощение фосфора». Технологические схемы биологического удаления фосфора. Основные факторы, влияющие на эффективность процесса биологического удаления фосфора.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите источники и формы азота в поступающих сточных водах.
2. Охарактеризуйте процессы нитрификации и денитрификации.
3. Каковы основные факторы, влияющие на эффективность процессов нитрификации и денитрификации.
4. Нарисуйте основные схемы реализации процессов нитри-денитрификации.
5. Что такое «жадное поглощение фосфора»?
6. Приведите примеры технологических схем биологического удаления фосфора.

### **Тема 9. Биофильтры**

Теоретические основы методов биофильтрации. Классификация биологических фильтров, материалы загрузок, конструкции, устройство, схемы их работы и расчет. Устройства орошения биофильтров, дозирования и сбора сточных вод, вентиляции биофильтров. Биологическая очистка в незатопленных биофильтрах и в затопленных биофильтрах. Биологическая очистка в роторных биофильтрах. Особенности эксплуатации биофильтров. Влияние северных условий на протекание биохимических процессов в биофильтрах. Последствия внесения возмущений в биопленку, способы их гашения.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Расскажите о материале загрузок биофильтров.
2. Раскройте суть очистки сточных вод в биофильтрах, опишите их конструкции.
3. Охарактеризуйте влияние северных условий на эксплуатацию биофильтра.
4. Какие основные технологические параметры влияют на протекание биохимических процессов?

### **Тема 10. Контроль и управление биохимическими процессами очистки муниципальных сточных вод**

Понятие и процесс управления процессом очистки сточных вод. Организация оперативной оценки эксплуатации биологической очистки. Основные параметры и периодичность контроля. Биомаркерный контроль процесса биологической очистки.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Охарактеризуйте важность процесса управления процессом очистки сточных вод.
2. Каким образом организуется оперативная оценка эксплуатации биологической очистки?
3. Назовите основные параметры и периодичность контроля эксплуатации биологической очистки
4. Как осуществляется биомаркерный контроль процесса биологической очистки ?

### **Тема 11. Вторичные отстойники**

Роль вторичных отстойников в обеспечении конечного качества очистки. Конструктивные особенности вторичных отстойников

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. В чем заключается роль вторичных отстойников в обеспечении конечного качества очистки?
2. Расскажите о конструктивных особенностях вторичных отстойников.

3. *Начертите принципиальную схему конструкции вторичных отстойников.*
4. *Расскажите о возможных вариантах конструкции вторичного отстойника.*
5. *Какие особенности эксплуатации вторичного отстойника вы знаете?*

### **Тема 12. Доочистка сточных вод**

Методы доочистки. Доочистка от органических соединений, азота и фосфора. Доочистка от взвешенных веществ фильтрацией. Выбор технологической схемы. Доочистка сточных вод на гидробиологических площадках и в биопрудах, их устройство и расчет.

#### ***Вопросы для самопроверки:***

1. *Расскажите о классификации методов доочистки сточных вод.*
2. *Какие виды технологий и устройств вы знаете для реализации доочистки от органических соединений, азота и фосфора.*
3. *В каких сооружениях осуществляется доочистка от взвешенных веществ?*

### **Тема 13. Обеззараживание сточных вод**

Основные методы обеззараживания сточных вод: схемы аппаратов, технико-экономическая оценка. Сущность процесса хлорирования, применяемые хлорсодержащие реагенты, элементы схемы хлорирования (хлораторные, смесители, контактные бассейны): их устройство, эффективность работы и расчет. Методы дехлорирования сточных вод. Сущность процесса обеззараживания сточных вод озоном. Схема озонаторной установки, способы введения озono-воздушной смеси в обрабатываемую воду. Сущность процесса обеззараживания сточных вод ультрафиолетовым излучением.

#### ***Вопросы для самопроверки:***

1. *Назовите основные методы обеззараживания сточных вод*
2. *Опишите сущность процесса хлорирования*
3. *Нарисуйте принципиальные схемы аппаратов обеззараживания и опишите их принцип действия.*
4. *Опишите сущность процесса обеззараживания сточных вод озоном.*
5. *Начертите принципиальную схему озонаторной установки*
6. *Опишите сущность процесса обеззараживания сточных вод ультрафиолетовым излучением.*

### **Тема 14. Подпроцессы обработки осадка сточных вод**

Анаэробная стабилизация жидких осадков (метановое сбраживание). Аэробная стабилизация жидких осадков. Компостирование обезвоженного осадка. Подпроцессы обезвоживания осадков- механическое, на иловых площадках, термическая сушка, сжигание. Методы и схемы обработки и обеззараживания осадков.

#### ***Вопросы для самопроверки:***

1. *В чем суть и эффект анаэробной стабилизации жидких осадков?*
2. *Опишите принцип действия аэробной стабилизации жидких осадков*
3. *Расскажите о подпроцессах механического обезвоживания осадков*
4. *Как осуществляется обезвоживание на иловых площадках?*
5. *Нарисуйте схемы обработки и обеззараживания осадков.*

## **5. Методические рекомендации по подготовке обучающегося к промежуточной аттестации**

Учебным планом по дисциплине «Водоотведение и очистка сточных вод» предусмотрена(ы) следующая(ие)форма(ы) промежуточной аттестации : **экзамен**.

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины.

При подготовке к экзамену целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При повторении материала нежелательно использовать много книг. Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Следует запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. В ходе подготовки обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных профильных проблем. Подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. В этот период полезным может быть общение обучающихся с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.

Подготовку по билету на экзамене надо начинать с того, что помнится лучше всего. Однако, готовясь по одному вопросу, на отдельном листе нужно постоянно кратко записывать и те моменты, которые «всплывают» в памяти и по другим вопросам билета.

Во время экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также, с разрешения экзаменатора, справочной литературой.

По окончании ответа экзаменатор может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы.

Положительным будет стремление обучающегося изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.