

УДК 628.31(075.8)  
ББК 38.761я7

*Серия «Учебники ТГАСУ» основана в 2013 году*

- Рехтин, А.Ф.** Проектирование сооружений для очистки сточных вод [Текст] : учебное пособие / А.Ф. Рехтин, Е.Ю. Курочкин, Б.П. Лашкинский. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. – 314 с.  
ISBN 978-5-93057-623-8

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы проектирования сооружений для очистки сточных вод и обработки осадков сточных вод, а также приведены примеры решения ряда задач, представляющих практический интерес. Предложены необходимые справочные материалы и основные задачи для выполнения курсовых и дипломных проектов. Учебное пособие отличается комплексный подход к рассмотрению теоретических вопросов, сопровождающихся примерами расчета сооружений и аппаратов для очистки сточных вод и обработки осадка.

Учебное пособие рекомендовано Учебно-методическим советом ТГАСУ. Предназначено для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение») всех форм обучения.

**УДК 628.31(075.8)**  
**ББК 38.761я7**

**Рецензенты:**

**А.Г. Дашковский**, канд. техн. наук, доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ;

**Г.Б. Панина**, начальник отдела ВК и ОВ ООО «ИКТ-Сервис».

ISBN 978-5-93057-623-8

© Томский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2016

© Рехтин А.Ф., Курочкин Е.Ю.,  
Лашкинский Б.П., 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	9
<b>1. Состав и свойства сточных вод</b> .....	12
1.1. Характеристика сточных вод .....	12
1.2. Санитарно-химический анализ сточных вод .....	15
1.3. Показатели качества сточных вод .....	22
1.4. Оценка качества сточных вод.....	24
<b>2. Охрана поверхностных вод от загрязнения</b> <b>сточными водами</b> .....	28
2.1. Пути охраны водоемов от загрязнений .....	28
2.2. Условия спуска сточных вод в водоемы .....	30
2.3. Определение условий выпуска сточных вод в водоем .....	31
2.3.1. Определение расходов сточных вод и средних концентраций загрязнений .....	32
2.3.2. Определение температуры общего стока .....	33
2.3.3. Определение приведенного числа жителей.....	34
2.4. Определение необходимой степени очистки сточных вод .....	34
2.4.1. Определение коэффициента смешения .....	34
2.4.2. Определение степени очистки по взвешенным веществам.....	35
2.4.3. Определение степени очистки сточных вод по БПК <sub>20</sub> .....	36
2.4.4. Определение степени очистки по растворенному кислороду без учета реаэрации .....	36
<b>3. Очистные сооружения города</b> .....	38
3.1. Выбор метода очистки и схемы очистной станции .....	38
3.2. Расчет главной насосной станции .....	41
3.3. Расчет сооружений очистной станции .....	45
3.3.1. Расчет сооружений механической очистки .....	46
3.3.2. Решетки .....	46
3.3.3. Песколовки .....	48
3.3.4. Песковые площадки и бункера .....	48
3.3.5. Измерительные устройства .....	50
3.3.6. Преаэраторы .....	50
3.3.7. Первичные отстойники .....	51

3.3.8. Расчет радиального отстойника, конструктивно совмещенного с преаэратором .....	54
3.4. Проектирование сооружений биологической очистки сточных вод .....	55
3.4.1. Микронаселение очистных сооружений канализаций .....	56
3.4.2. Принципы очистки сточных вод в биофильтрах.....	59
3.4.3. Принципы очистки сточных вод в аэротенках .....	60
3.4.4. Технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках .....	62
3.4.5. Принципы расчета аэротенков и систем аэрации .....	72
3.5. Удаление азота и фосфора из сточных вод.....	79
3.5.1. Принципы расчета аэротенков-нитрификаторов .....	82
3.6. Принципы расчета аэротенков с прикрепленной микрофлорой .....	87
3.7. Конструкции аэротенков .....	89
3.7.1. Очистные установки «ЮБАС» для очистки сточных вод.....	89
3.7.2. Аэротенки с продольным рециклом иловой среды.....	91
3.7.3. Аэротенки с постоянным продольным рециклом иловой среды.....	93
3.7.4. Аэротенки с регулируемым продольным рециклом иловой среды и кислородным режимом .....	94
3.7.5. Аэротенки с регулируемым продольным рециклом иловой среды, кислородным режимом и концентрацией активного ила.....	96
3.7.6. Аэротенки колонного типа .....	96
3.7.7. Аэротенки с прикрепленной микрофлорой.....	99
3.7.8. Карусельные аэротенки.....	99
3.8. Мембранные технологии при биологической очистке сточных вод .....	101
3.9. Расчет вторичных отстойников .....	104
<b>4. Доочистка биологически очищенных сточных вод.....</b>	<b>106</b>
4.1. Использование городских сточных вод .....	106
4.2. Основы доочистки биологически очищенных городских сточных вод фильтрационными методами .....	107
4.2.1. Технологические схемы .....	107

4.2.2. Оборудование самотечных сооружений доочистки.....	110
4.2.2.1. Сетчатые барабанные фильтры.....	110
4.2.2.2. Расчет барабанных сеток.....	111
4.2.2.3. Компонировка сетчатых барабанных фильтров.....	113
4.3. Фильтры с зернистой загрузкой.....	114
4.3.1. Скорые фильтры с нисходящим потоком.....	114
4.3.2. Скорые фильтры с восходящим потоком.....	115
4.3.3. Каркасно-засыпные фильтры.....	116
4.3.4. Двухслойные фильтры.....	119
4.3.5. Аэрируемые фильтры.....	119
4.3.6. Радиальные фильтры с загрузкой горелыми породами.....	120
4.4. Проектирование фильтров с зернистой загрузкой.....	122
4.4.1. Расчет фильтров с зернистой загрузкой.....	123
4.4.2. Пример расчета распределительной системы фильтров большого сопротивления.....	126
4.5. Напорные сооружения доочистки.....	128
4.6. Коагулирование биологически очищенных городских сточных вод.....	129
4.7. Обеззараживание дочищенных сточных вод.....	129
4.8. Компонировка узла доочистки и составление профиля по движению воды в узле доочистки.....	130
4.9. Перспективы дальнейших исследований и разработок в области глубокой доочистки биологически очищенных сточных вод.....	140
<b>5. Обеззараживание сточных вод.....</b>	<b>141</b>
5.1. Методы дезинфекции очищенных сточных вод.....	141
5.1.1. Озонирование.....	142
5.1.2. Кислота АРА.....	144
5.1.3. Ультрафиолетовое бактерицидное облучение.....	144
5.1.4. Обеззараживание хлором и гипохлоритом натрия.....	148
5.1.5. Обеззараживание диоксидом хлора ( $\text{ClO}_2$ ).....	149
5.1.6. Обеззараживание ферратами ( $\text{FeO}^{2-}_4$ ).....	151
5.1.7. Обеззараживание перекисью водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).....	151
5.1.8. Мембранная технология обеззараживания.....	152
5.1.9. Третичная очистка (доочистка) в лагунах.....	153
5.1.10. Обеззараживание инфильтрацией.....	155

5.1.11. Обеззараживание воды бактерицидным полиэлектролитом.....	156
5.1.12. Обеззараживание сточных вод продуктами электрохимической активации.....	156
5.1.13. Другие виды обеззараживания.....	157
5.2. Сравнительная оценка методов дезинфекции сточных вод.....	159
5.2.1. Хлорирование.....	159
5.2.2. Ультрафиолетовое облучение.....	161
5.2.3. Озонирование.....	162
5.2.4. Электроимпульсный метод обеззараживания сточных вод.....	163
5.2.5. Редокс-системы с озоном.....	164
5.3. Установки для обеззараживания сточных вод.....	164
5.3.1. Установки для обеззараживания сточных вод хлором.....	164
5.3.2. Электролизные установки для получения гипохлорита натрия.....	169
5.3.3. Установки прямого электролиза.....	170
5.3.4. Установки озонирования.....	172
5.3.5. Обезвреживание остаточного озона.....	173
5.3.5.1. Деструкция остаточного озона.....	175
5.3.5.2. Адсорбция.....	175
5.3.5.3. Катализ.....	175
5.3.5.4. Пиролиз.....	175
5.3.5.5. Утилизация остаточного озона.....	176
5.3.6. Бактерицидные установки.....	177
5.3.7. Установка радиационного обеззараживания.....	178
5.3.8. Установка «Луч».....	178
5.3.9. Установка обеззараживания сточных вод продуктами электрохимической активации (ЭХА).....	178
5.4. Расчет установок обеззараживания сточных вод.....	180
5.4.1. Смесители.....	183
5.4.2. Контактные резервуары.....	183
5.4.3. Выпуски сточных вод.....	184
<b>6. Сооружения для обработки осадка и ила сточных вод.....</b>	<b>186</b>
6.1. Характеристика осадков и состав сооружений для их обработки.....	187

6.2. Сущность процессов анаэробного сбраживания и аэробной стабилизации сырого осадка и активного ила.....	189
6.3. Обработка осадка сточных вод. Общие схемы обработки осадка.....	191
6.3.1. Сгущение активного ила сопловыми сепараторами .....	195
6.3.2. Совместное центрифугирование осадка и активного ила.....	199
6.3.3. Обработка осадков первичных отстойников в гидроциклонах .....	201
6.3.4. Биотермический метод обработки осадков сточных вод совместно с твердыми бытовыми отходами.....	203
6.3.5. Аэробная стабилизация осадков .....	207
6.4. Илоуплотнители.....	209
6.5. Метантенки и сооружения аэробного сбраживания.....	210
6.6. Обезвоживание осадков на иловых площадках .....	215
6.7. Аэробные минерализаторы.....	221
6.7.1. Фильтрация осадков на барабанных вакуум-фильтрах.....	224
6.7.2. Обезвоживание осадков сточных вод на фильтр-прессах.....	238
6.7.3. Центрифугирование осадков .....	243
6.7.3.1. Декантерные центрифуги.....	249
6.8. Термическая сушка и сжигание осадков.....	253
6.8.1. Барабанные сушилки.....	254
6.8.2. Сушилки со встречными струями.....	255
6.8.3. Пневматические сушилки .....	257
6.8.4. Вакуум-сушилки .....	258
6.8.5. Термическая сушка жидких осадков.....	261
6.8.6. Циклонные печи .....	267
<b>7. Специальные методы обработки осадков.....</b>	<b>268</b>
7.1. Замораживание и оттаивание осадков .....	268
7.2. Обеззараживание жидких осадков .....	268
7.3. Химическое обеззараживание осадков .....	269
7.4. Радиационный метод обеззараживания осадков.....	269
7.5. Биотермическая обработка осадков сточных вод.....	270
<b>8. Примеры расчета сооружений для очистки сточных вод и для обработки осадков сточных вод.....</b>	<b>272</b>

8.1. Пример расчета аэробного стабилизатора активного ила .....	272
8.2. Примеры расчета цехов центрифугирования осадков .....	275
8.3. Расчет дегельминтизатора .....	278
8.4. Проектирование взрывных камер для утилизации осадков иловых площадок путём сжигания .....	280
8.5. Проектирование установки для обезвоживания осадка с фильтрующими мешками .....	285
8.6. Проектирование мембранного разделения .....	286
8.7. Проектирование установок ультрафиолетовой дезинфекции сточных вод .....	290
<b>9. Насосные станции для перекачки канализационных илов и осадков .....</b>	<b>292</b>
<b>10. Основные направления утилизации осадков .....</b>	<b>297</b>
<b>11. Проектирование генерального плана очистной станции и составление профилей по движению «воды» и «осадков» .....</b>	<b>301</b>
11.1. Проектирование генплана очистной станции .....	301
11.2. Составление профилей по движению «воды» и «осадков» сточных вод .....	305
<b>Заключение .....</b>	<b>308</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>309</b>
<b>Приложение 1. Генплан очистных сооружений .....</b>	<b>311</b>
<b>Приложение 2. Высотная схема движения «воды» по сооружениям .....</b>	<b>313</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность капитального строительства и эксплуатации систем инженерного обеспечения населенных пунктов определяется техническим уровнем запроектированных объектов, высокими эксплуатационными качествами, соответствием лучшим отечественным и зарубежным образцам.

Проектирование систем водоотведения населенных пунктов осуществляется в определенной последовательности проектными организациями (отраслевыми, строительного профиля, специализированными).

Порядок разработки, согласования, утверждения, состав проектной документации на строительство зданий и сооружений на территории Российской Федерации устанавливаются СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений». Инструкция разработана Главным управлением проектирования и инженерных изысканий Минстроя России, Главным управлением государственной вневедомственной экспертизы при Минстрое России с участием Главного управления совершенствования ценообразования и сметного нормирования в строительстве Минстроя России и Государственного предприятия – Центр научно-методического обеспечения инженерного сопровождения инвестиций в строительстве (ГП «ЦЕНТРИНВЕСТпроект» Минстроя России).

При разработке проектной документации необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами Российской Федерации, а также иными государственными документами, регулирующими инвестиционную деятельность по созданию и воспроизводству основных фондов.

Система нормативных документов охватывает: нормы проектирования; организацию, управление, методологию и экономику проектирования и инженерных изысканий; организацию, производство и приемку работ; сметные нормативы; нормы затрат материальных и трудовых ресурсов.

Основным проектным документом на строительство объектов является, как правило, технико-экономическое обоснование строи-

## *Проектирование сооружений для очистки сточных вод*

---

тельства (ТЭО). Ввиду утвержденного в установленном порядке ТЭО строительства разрабатывается рабочая документация, составляется задание на проектирование, и на основании его выполняются проектно-сметные работы по объекту.

Задание на проектирование составляется в соответствии с утвержденными проектами планировки и застройки городов или населенных пунктов и проектами детальной планировки и включает: наименование проектируемого объекта; основание для проектирования; место (район) строительства; номенклатуру и объем проектируемых сооружений; основные требования к инженерному и технологическому оборудованию; очередность разработки проектов отдельных объектов; стадийность проектирования; задание на использование технических достижений в области очистки стоков, обработки и утилизации осадков; данные о необходимости разработки вариантов проектных решений, предварительных согласований с заинтересованными ведомствами и организациями, выполнения научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ; исходные данные для разработки мероприятий по защите окружающей природной среды; задание по основным технико-экономическим показателям; исходные данные для проектирования объектов жилищно-гражданского строительства; наименование генерального проектировщика; наименование строительно-монтажных организаций и сведения о предприятиях и домостроительных комбинатах, на которых изготавливаются конструкции и изделия; очередность и сроки строительства; требования к благоустройству территории; мероприятия по гражданской обороне; исходные данные, прилагаемые к заданию на проектирование.

В состав исходных данных для проектирования входят: архитектурно-планировочное задание; документы об отводе участков с решением местных органов самоуправления; материалы топографических съемок; геологические и гидрогеологические условия района строительства; технические условия на присоединение к внешним сетям и сооружениям; разрешение на специальное водопользование; материалы по существующей и сохраняемой застройке и зеленым насаждениям; документация по инвентаризации, сносу, оценке и характере компенсаций; заключение органов государственного надзора о выборе площадки под строительство очистных сооружений и места

## *Введение*

---

сброса очищенных стоков; согласование органов местного самоуправления и санитарного надзора об утилизации осадка очистных сооружений; согласование местных органов ветеринарной службы об использовании очищенных стоков для целей сельского хозяйства (орошения); согласование органов рыбоохраны о сбросе стоков в водоем; гидрологические и химические данные о водотоке.

Основным документом, регулирующим правовые и финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон, является договор (контракт), заключаемый заказчиком с привлекаемыми им для разработки проектной документации проектными, проектно-строительными организациями, другими юридическими и физическими лицами.

Проектирование осуществляется в две стадии (проект со сводным сметным расчетом стоимости строительства и рабочий проект со сметами) или в одну стадию (создается рабочий проект).

Проект, как правило, включает: пояснительную записку со всеми сведениями, расчетами, обоснованием принятых решений и мероприятий по технической эксплуатации; основные чертежи; проект организации строительства; сметная документация; дополнительная документация и другие сведения.

Рабочие чертежи графически отображают все технические решения, заложенные в проект с детализацией.

Выполненный проект подлежит экспертизе и утверждению, и лишь потом в полном объеме передается заказчику. При курсовом проектировании все задачи решаются на стадии ТЭО.