

В.И. Кичигин

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ

ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ



*Светлой памяти
Учителя -
В.Н. Мартенсена
посвящается*

В.И. Кичигин

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
вузов РФ по образованию в области строительства
в качестве учебного пособия для студентов
строительных вузов



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2011

УДК 628.312:628.394:628.543

Рецензенты:

кафедра водоснабжения и водоотведения
Тольяттинского государственного университета
(зав. кафедрой, профессор, д.т.н.,
академик МАНЭБ и АВН РФ *Ю.И. Вдовин*),
зав. кафедрой химической технологии и промышленной экологии
Самарского государственного технического университета –
профессор, д.т.н. *Д.Е. Быков*.

Кичигин В.И.

Водоотводящие системы промышленных предприятий: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 656 с.

ISBN 978-5-93093-761

В пособии показана структурная характеристика курсового проекта по дисциплине «Водоотводящие системы промышленных предприятий». Даны методические указания по составлению этого проекта, состоящие из технологии сбора и изучения исходных данных, определения средних концентраций загрязнений и необходимой степени очистки производственных сточных вод (ПСВ), выбора рационального метода их очистки, составления принципиальных технологических и балансовых схем очистной станции, профилей по движению воды и осадков, компоновке очистных станций и установок, а также конструирования одного из очистных сооружений. Рассмотрены системы водоотведения металлургических, металлообрабатывающих, химических и сопутствующих им добывающих производств, предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. Приведены многочисленные примеры расчета сооружений для усреднения, а также механической, физико-химической, химической очистки ПСВ и обработки выделенных осадков.

Для студентов старших курсов вузов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение», начинающих проектировщиков, а также магистрантов, обучающихся по направлению 550100 «Строительство».

ISBN 978-5-93093-761

© Издательство АСВ, 2011

© В.И. Кичигин, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Принятые сокращения	9
Условные обозначения	10
От автора или вместо предисловия	13
Введение	17

Глава 1. Структурная характеристика курсового проекта (Общие положения)	19
1.1. Цели и задачи проекта	19
1.2. Состав и объем проекта	19
1.3. Задание на проектирование	23

Глава 2. Методические указания по составлению курсового проекта	26
2.1. Изучение исходных данных	26
2.2. Определение средних концентраций загрязнений	27
2.3. Определение необходимой степени очистки сточных вод	28
2.3.1. Расчет по общесанитарному показателю вредности	30
2.3.2. Расчет по органолептическому показателю вредности	33
2.3.3. Расчет по санитарно-токсикологическому показателю вредности	34
2.3.4. Расчет по показателю содержания в воде механических примесей	35
2.3.5. Принципы выбора систем водоотведения в условиях неопределенности	35
2.4. Выбор метода очистки	45
2.5. Составление принципиальной схемы очистной станции	51
2.5.1. Очистка сточных вод нефтепромыслов с закачкой очищенной воды в пласт	52
2.5.2. Сточные воды гальванических цехов	53
2.5.3. Совместная биохимическая очистка бытовых и производственных сточных вод	54
2.5.4. Самостоятельная биохимическая очистка производственных сточных вод	56

2.6. Составление технологической схемы очистной станции.....	58
2.7. Составление балансовой схемы очистной станции.....	61
2.8. Компоновка очистных станций и установок. Составление профилей по движению воды и осадков.....	64
2.9. Конструирование одного из сооружений очистной станции.....	67

Глава 3. Системы водоснабжения и водоотведения химических и сопутствующих им добывающих производств	68
3.1. Нефтяная промышленность	70
3.1.1. <i>Обработка пластовых вод на нефтепромыслах.....</i>	<i>70</i>
3.1.2. <i>Нефтебазы</i>	<i>80</i>
3.1.3. <i>Нефтеперерабатывающие заводы</i>	<i>83</i>
3.2. Газовая промышленность	95
3.2.1. <i>Газодобывающие предприятия</i>	<i>95</i>
3.2.2. <i>Газоперерабатывающие заводы</i>	<i>95</i>
3.2.3. <i>Компрессорные станции для транспортирования газа.....</i>	<i>96</i>

Глава 4. Водное хозяйство металлургических и металлообрабатывающих производств	97
4.1. Металлургические предприятия	97
4.1.1. <i>Предприятия черной металлургии</i>	<i>97</i>
4.1.2. <i>Предприятия цветной металлургии</i>	<i>104</i>
4.2. Металлообрабатывающие предприятия (машиностроение)	116
4.2.1. <i>Станкостроительные заводы и цеха</i>	<i>118</i>
4.2.2. <i>Подшипниковые заводы</i>	<i>122</i>
4.2.3. <i>Авторемонтные предприятия</i>	<i>123</i>
4.2.4. <i>Методы обработки сточных вод металлообрабатывающих предприятий.....</i>	<i>134</i>

Глава 5. Предприятия пищевых и перерабатывающих промышленностей	143
5.1. Мясная промышленность	143

5.2. Молочная промышленность	147
5.3. Сахарные заводы	151
5.4. Предприятия плодоовощной консервной промышленности	157
5.5. Спиртовая промышленность	160
5.6. Мукомольные заводы	166
5.6.1. Характеристика сточных вод мукомольного завода	167
5.6.2. Обоснование способа очистки сточных вод	169
5.6.3. Технологические схемы очистки промывных сточных вод	170
5.6.4. Выбор схемы очистки воды после мойки зерна	176
5.6.5. Балансовая схема движения сточных вод и осадка по очистным сооружениям ..	177
5.6.6. Расчет очистных сооружений	181
5.6.7. Определение себестоимости очистки сточной воды	190
5.7. Целлюлозно-бумажная промышленность	193
5.7.1. Производство древесной массы, целлюлозы, полуцеллюлозы, бумаги и картона	193
5.7.2. Переработка побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства	198
5.7.3. Способы очистки сточных вод	200
5.8. Льнокомбинаты	203
5.9. Заводы строительных материалов и изделий	206
5.9.1. Заводы мягкой кровли и гидроизоляционных материалов.....	206
5.9.2. Заводы железобетонных конструкций	210
5.9.3. Цементные заводы	211
5.9.4. Стекольные заводы и производства.....	212
5.9.5. Производства строительной керамики и фаянса	213

Глава 6. Сооружения для усреднения и механической

очистки производственных сточных вод	215
6.1. Усреднители состава сточных вод	215
6.2. Решетки	228
6.3. Песколовки	228

6.4. Отстойники и осветлители	228
6.5. Отстойники специального назначения	235
6.5.1. Нефтеловушки	235
6.5.2. Смоло-маслоуловители	248
6.5.3. Преаэраторы	251
6.6. Фильтры, микрофильтры и сетки	252
6.6.1. Фильтры	252
6.6.2. Микрофильтры (МФ)	254
6.6.3. Сетки (ситя)	254
6.7. Гидроциклоны	255
Глава 7. Химическая очистка сточных вод	259
7.1. Нейтрализация	259
7.1.1. Общие положения и методики расчета	259
7.1.2. Расчет станции реагентной нейтрализации	268
7.2. Окисление	276
7.3. Восстановление удаляемых загрязнений	285
7.3.1. Химическое восстановление	287
7.3.2. Электрохимическое восстановление	294
7.3.3. Использование отходов металлообра- ботки для очистки хромсодержащих стоков	297
7.3.4. Пример расчета станции реагентной очистки хромсодержащих и кислотно-щелочных стоков	301
Глава 8. Физико-химические методы очистки воды	311
8.1. Коагуляция	311
8.2. Флотация	325
8.2.1. Напорная флотация	327
8.2.2. Флотаторы-отстойники	330
8.2.3. Электрофлотация	332
8.2.4. Проектирование флотационных установок	335
8.3. Сорбция	355
8.4. Ионный обмен	359
8.5. Экстракция	363

Глава 9. Обработка осадков

производственных сточных вод	367
9.1. Общие сведения (состав и свойства осадков)	367
9.2. Уплотнение осадков	373
9.2.1. Гравитационное уплотнение осадков	373
9.2.2. Флотационное уплотнение осадков	374
9.2.3. Центробежное уплотнение осадков	375
9.3. Стабилизация осадков	381
9.3.1. Анаэробное (метановое) сбраживание осадков	381
9.3.2. Технологические схемы анаэробного сбраживания осадков	383
9.3.3. Аэробная стабилизация осадков	386
9.4. Кондиционирование осадков	389
9.4.1. Реагентная обработка	391
9.4.2. Тепловая обработка	392
9.4.3. Жидкофазное окисление (метод Циммермана)	393
9.4.4. Замораживание и оттаивание	394
9.5. Обезвоживание осадков	398
9.5.1. Сушка осадков на иловых площадках	399
9.5.2. Фильтрация	400
9.5.3. Центрифугирование и сепарирование	406
9.5.4. Термическая сушка осадков	408
9.6. Утилизация осадков	411
9.6.1. Использование осадков сточных вод и активного ила	414
9.6.2. Применение биомассы активного ила в качестве корма	417
9.7. Ликвидация осадков	419
9.7.1. Термические методы обезвреживания осадков	419
9.7.2. Обезвреживание промышленных отходов на полигонах	423
Библиографический список	427
Приложение 1	449
Приложение 2	458
Приложение 3.1	467
Приложение 3.2	498

Приложение 3.3	504
Приложение 3.4	508
Приложение 5.1	510
Приложение 5.2	511
Приложение 5.3	517
Приложение 5.4	526
Приложение 6.1	536
Приложение 6.2	536
Приложение 6.3	540
Приложение 6.4	544
Приложение 6.5	547
Приложение 6.6	548
Приложение 6.7	549
Приложение 6.8	554
Приложение 7.1	563
Приложение 7.2	567
Приложение 7.3	568
Приложение 7.4	570
Приложение 7.5	575
Приложение 7.6	590
Приложение 7.7	591
Приложение 7.8	594
Приложение 8.1	597
Приложение 8.2	601
Приложение 8.3	602
Приложение 8.4	606
Приложение 8.5	623
Приложение 9.1	624
Приложение 9.2	630
Приложение 9.3	632
Приложение 9.4	645
Приложение 9.5	654

ОТ АВТОРА, или вместо ПРЕДИСЛОВИЯ

Дисциплина «Водоотводящие системы промышленных предприятий» является завершающей и одной из основных в учебном плане подготовки инженеров-строителей по специальности 280800 «Водоснабжение и водоотведение». В процессе ее изучения будущие инженеры учатся решать принципиальные задачи по выбору и проектированию систем отведения и очистки стоков промышленных предприятий, а также по обработке и утилизации образующихся осадков.

Огромную роль в создании, становлении и развитии этой дисциплины сыграли ведущие ученые-педагоги трех школ:

- московской (*Л.А. Алексеев, И.Э. Апельцин, Л.А. Алферова, Ю.В. Воронов, В.Е. Генкин, А.И. Жуков, Я.А. Карелин, А.А. Кастальский, В.А. Клячко, Ю.М. Ласков, Б.Н. Ласкорин, И.П. Монгайт, А.П. Нечаев, В.Г. Пономарев, И.Д. Родзиллер, И.В. Скирдов, Д.Н. Смирнов, И.С. Туровский, С.В. Яковлев*);
- петербургской (*М.И. Алексеев, И.В. Вольф, Л.Н. Григорьев, А.З. Евилевич, Г.В. Иванов, И.Г. Краснобородько, А.Н. Ким, И.С. Лавров, В.Ф. Максимов, Б.Г. Мишуков, Л.И. Цветкова, Н.Ф. Федоров, С.М. Шифрин*);
- нижегородской (*В.И. Алексеев, Т.Е. Винокурова, Л.Н. Губанов, И.Н. Мясников, В.В. Найдено, П.И. Пискунов, А.А. Усачева*).

Идея написания настоящего учебного пособия принадлежала *В.Н. Мартенсену* и относилась к концу 80-х годов прошлого века, когда две водоохранные специальности – 1209 «Водоснабжение и канализация» и 1217 «Очистка природных и сточных вод», были объединены в одну – 290800 «Водоснабжение и водоотведение», и на последней появился этот проект. Разные обстоятельства (в том числе и уход из жизни самого Василия Николаевича, являвшегося научной совестью нашей кафедры) мешали до настоящего времени воплощению его идеи в жизнь.

Курсовое проектирование по этой дисциплине долгое время осуществлялось у нас с помощью изящных методик, разработанных в 70–80-х гг. *М.И. Алексеевым, Г.В. Ивановым, Б.Г. Мишуковым и Е.М. Протасовским* на кафедре канализации ЛИСИ (ныне – СПбГАСУ) под руководством *С.М. Шифрина* [25, 113, 189, 283, 336,

356, 377, 378] и в 80-х гг. *В.И. Алексеевым, Т.Е. Винокуровым, В.Н. Губановым, И.Н. Мясниковым и А.А. Усачевой* на кафедре ВиВ ГИСИ (ныне – ННГАСУ) под руководством *В.В. Найдено* [112, 134, 307, 308, 309, 335, 355]. Кроме того, при курсовом проектировании широко использовались уникальные труды сотрудников института ВНИИ ВОДГЕО [1, 271, 272, 273, 274, 281, 291, 292, 293, 296, 299, 314, 367, 368, 369].

К сожалению, время берет свое, и перечисленные источники, как и выпущенные Госстроем и другими издательствами нормативные документы [18, 26, 63, 66, 76, 83, 104, 110, 129, 249, 250], постепенно стали раритетом или пришли в негодность, а изданные позднее, но небольшими тиражами, хорошие методические работы [5, 6, 8, 24, 53, 62, 124, 135, 149, 268, 334, 365] не могли удовлетворить создавшийся на нашей специальности «информационный голод».

К настоящему времени на кафедре ВиВ СГАСУ накопился достаточный опыт и была отработана методика ведения курсового проектирования по дисциплине «Водоотводящие системы промышленных предприятий». На наш взгляд, для успешного выполнения этого проекта необходимо знание «трех китов»:

- достоверного физико-химического и дисперсионного состава загрязнений ПСВ;
- необходимой (заданной, потребной) степени их очистки;
- мощности (способности) принимаемых к реализации способов очистки.

Все это изложено в двух первых главах настоящего справочного пособия. База данных по составу загрязнений ряда ПСВ приведена в главах 3–5 и приложениях к ним, возможности отдельных способов очистки – в главах 6–8, а методы обработки и утилизации выделенных загрязнений – в главе 9.

Большое разнообразие по количеству и составу производственных сточных вод не позволяет осветить в одной книге все методы очистки, а также описать все конструкции применяемых очистных сооружений по каждой отрасли промышленности. Поэтому в пособии кратко изложены общие теоретические основы применяемых в современной практике методов очистки ПСВ и технологические расчеты основных процессов и аппаратов (установок, сооружений). Приведены в нем и наиболее часто используемые и прогрессивные конструкции отдельных сооружений. Пособие содержит вспомогательные расчетные графики некоторых расчетных параметров и справочные данные по количеству и качественной характе-

ристике ПСВ, особенно необходимые студентам-заочникам, проживающим вдали от больших технических библиотек.

Настоящее пособие имеет цель направить работу студента по наиболее рациональному пути, подсказать ему необходимую для выполнения проекта литературу. При использовании пособия необходимо учитывать все нормативные материалы и изменения к ним в области проектирования очистных станций и установок, действующие в период выполнения проекта.

Формат, содержание и способ изложения этой книги изменялся за последние семь лет многократно. Она, вероятно, могла бы пересматриваться еще долго, если бы не настоятельное (даже ультимативное) требование заведующего кафедрой водоснабжения и водоотведения СГАСУ, д.т.н., проф. **А.К. Стрелкова** незамедлительно выпустить ее в свет, за что хочется выразить ему особую признательность.

Автор глубоко благодарен рецензентам: д.т.н., профессору, академику, МАНЭБ и АВН РФ, заведующему кафедрой водоснабжения и водоотведения Тольяттинского государственного университета **Ю.И. Вдовину**, д.т.н., профессору, заведующему кафедрой химической технологии и промышленной экологии Самарского государственного технического университета **Д.Е. Быкову**, а также другим нашим коллегам, внесшим ряд полезных поправок и замечаний в структуризацию и содержание справочного пособия.

Хочется поблагодарить студентов специальности ВиВ СГАСУ **А.А. Афанасьева** и **И.А. Ситникова**, оказавших помощь в сборе исходных материалов для приложений к главам 3 и 5. Особую благодарность хотелось бы выразить **Л.И. Глезеровой** за скрупулезное, доскональное, высококвалифицированное редактирование рукописи и **М.Г. Кичигиной** за оказанную автору техническую помощь при написании и подготовке рукописи к изданию.

Введение, главы 1–4 и 6–9 написаны д.т.н., проф. **В.И. Кичигиным**, глава 5 и п. 2.3.5 – **В.И. Кичигиным** и инженером **Е.Д. Палагиным**, п.п. 6.5, 6.6, 7.1.1 и 7.2 – ассистентом кафедры ВиВ Астраханского инженерно-строительного института **Е.Ю. Еремицкой** и **В.И. Кичигиным**. Компьютерная верстка книги выполнена **В.И. Кичигиным** и **К.А. Селивановым**, а компьютерная графика – **Е.Ю. Еремицкой**, **В.И. Кичигиным**, **Е.Д. Палагиным** и **К.А. Селивановым**.

Все замечания и предложения по содержанию учебно-справочного пособия, за которые автор заранее признателен, прошу направлять в СГАСУ по адресу: 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, СГАСУ, кафедра ВиВ.

С уважением,

В. Кичигин
г. Самара,
ноябрь 2005

Уважаемый читатель!

Настоящая книга является исправленным и частично переработанным вторым изданием пособия, вышедшего в СГАСУ в 2005 году тиражом 200 экз. В ней учтены, выявленные за это время недостатки и неточности, исправлены замеченные опечатки. Кроме того, почти на 80% заново была выполнена компьютерная графика и полностью заменена верстка и проведено новое техническое редактирование.

Хочется выразить глубочайшую благодарность за эту неоценимую помощь сотрудникам Издательства АСВ: редактору книги *В.Ш. Мерзляковой*, дизайнеру обложки – *Н.С. Романовой*, верстальщику – *Е.М. Лютовой*, художнику *А.А. Шмаеву*.

С уважением,

В. Кичигин
г. Москва,
апрель 2010

ВВЕДЕНИЕ

По сравнению с бытовыми сточные воды промышленных предприятий, как правило, загрязнены в большей степени. По количеству они зачастую превосходят бытовые стоки. Кроме того, в них обычно содержатся загрязнения, которые одновременно являются ценными продуктами для производства. Поэтому совместно с очисткой промышленных сточных вод необходимо рассматривать и возможность утилизации задержанных загрязнений.

Загрязнения ПСВ очень разнообразны. Для большинства из них характерен хотя бы один (чаще наличие нескольких) из нижеследующих показателей:

- взвешенных веществ – до 200 г/л;
- растворенных минеральных веществ – до 120 г/л (в том числе токсичных солей тяжелых металлов, цианидов, роданидов);
- растворенных органических веществ – до 70 г/л по БПК (включая токсичные фенолы, нефтепродукты, толуол, спирты);
- активная реакция среды – рН от 1 до 14;
- синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) – до 500 мг/л.

Если на промышленных предприятиях образуются стоки с различными по свойствам и количеству загрязнениями, то чаще всего оказывается целесообразным отводить и очищать их отдельно. В этом случае на предприятии устраивается полная раздельная система канализации.

Промышленные сточные воды могут быть отведены в водоем, городскую канализацию, использованы повторно в других производственных процессах или возвращены в данный производственный процесс (оборотная система водоснабжения). В зависимости от того, куда будут отведены сточные воды, определяются и требования к степени их очистки. Методы очистки ПСВ разнообразны (чаще используют механические и биохимические). Кроме того, широко применяют химические и физико-химические методы очистки.

Очистные сооружения, в зависимости от их объема и места расположения, условно можно разбить на две группы: *очистные станции* (комплекс больших по объему сооружений, размещаемых на отдельной площадке чаще открытыми или в специальном здании, рассчитываемые на значительные расходы) и *очистные установки* (сооружения на расходы 100–1000 м³/сут).

Все вышеуказанное должно найти отражение при выполнении курсового проекта (КП) № 3 «Водоотводящие системы промышленного предприятия», в котором студенту надлежит разработать основные вопросы очистки промышленных сточных вод. КП № 3 выполняется в соответствии с учебным планом и программой для студентов специальности 2908 и является завершающим курс «Водоотведение».

В результате работы над проектом будет необходимо:

- спроектировать систему водоотведения промпредприятия с учетом самовосстанавливающей способности водоема по программам семейства AQUA, OPTIMA, «ПРИНН»;
- разработать технологическую схему ЛОС ПП для очистки промышленных, промливневых и бытовых сточных вод и (или) системы доочистки бытовых или промышленных стоков с целью их повторного использования в системах технического водоснабжения предприятий.

При выполнении этого проекта студент должен уметь применять знания, полученные в процессе всего своего предварительного обучения в вузе, но особенно материал, излагаемый в курсах «Водоснабжение», «Водоотведение», «Химия», «Химия воды и микробиология», «Прикладная химия», «Насосы и насосные станции», «Проектное дело».

Глава 1. СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА (Общие положения)

1.1. Цели и задачи проекта

Цель проекта заключается в изучении технологических систем и схем очистки производственных и поверхностных стоков, в знакомстве с методами выявления и устранения причин нарушения самовосстанавливающей способности водоема и способами интенсификации и оптимизации работы очистных сооружений, в углублении знаний по охране окружающей среды.

Задачи курсового проекта состоят в выполнении проектов станции или установки для очистки ПСВ отдельного цеха, группы цехов, всего промпредприятия или промливневых стоков в соответствии с заданием. Проект должен предусматривать такую степень извлечения загрязнений, после которой сточные воды могли бы быть спущены в водоем, городскую канализацию или возвращены в оборотную систему водоснабжения. Параллельной разработке подлежат коммуникации для транспортирования сточных вод, осадков и реагентов внутри станции (установки), а также наружные сети в пределах территории промышленного предприятия.

В результате выполнения этого КП студенты должны закрепить теоретические знания в области очистки ПСВ, научиться *самостоятельно* пользоваться научной, технической, справочной и нормативной литературой, приобрести навыки проектирования очистных станций и установок.

1.2. Состав и объем проекта

Состав, содержание и объем КП определяются руководителем курсового проектирования с учетом специализации, по которой обучается студент, и его индивидуальных возможностей и способностей. Характер проектных решений, степень детализации разработки могут быть различными в зависимости от объекта проектирования. Обычно в настоящем КП проект очистной станции (установки) разрабатывается в стадии технического (упрощенного) проекта. В его состав входят *расчетно-пояснительная записка* и *чертежи*.

В расчетно-пояснительной записке должны быть освещены все этапы проектирования:

1. Исходные данные; наименование и краткая характеристика промпредприятия (выпускаемая продукция, производительность, месторасположение, нормы водоотведения); расходы сточных вод с разделением на потоки по характерным загрязнениям; коэффициенты неравномерности (графики отведения сточных вод по часам суток); физико-химическая характеристика сточных вод; природные условия района строительства (сведения о геологии, гидрологии, климате); санитарная и гидрометрическая характеристика водоема – приемника сточных вод; требования к качеству воды в оборотной системе водоснабжения.

2. Мотивированный выбор схемы и системы водоотведения с учетом и (или) без учета самоочищающей способности водоема.

3. Определение средних концентраций загрязнений по потокам или в общем стоке в зависимости от выбранной системы водоотведения.

4. Выбор приемника очищенных сточных вод: водоем, городская канализация, возвращение в систему оборотного водоснабжения. Приемник очищенных стоков может быть предопределен заданием на проектирование.

5. Определение необходимой степени очистки сточных вод по характерным загрязнениям соответственно требованиям к качеству воды в выбранном приемнике очищенных СВ.

6. Выбор метода очистки СВ и принципиальной схемы очистной станции (установки). Определение ее места расположения, а также необходимости локальных очистных установок для отдельных цехов.

7. Разработка технологической схемы очистной станции (установки) с составлением балансовых схем «по загрязнениям» и «по воде». Чертежи схем помещаются в записке (на развернутом листе) либо в графической части проекта.

8. Технологический расчет сооружений для очистки производственных и промливневых вод, реагентного хозяйства и обработки осадка. Все расчеты должны быть иллюстрированы эскизами и схемами, выполненными карандашом в одну линию с указанием основных размеров.

9. Технико-экономическая и (или) экологическая оценка принятых решений.

10. Соображения по размещению, конструированию, технологическому и аппаратурному оформлению принятых методов очистки сточных вод.

11. Расчет коммуникаций очистной станции (установки).

Расчетно-пояснительная записка должна быть *краткой*. В нее следует включать только расчеты с *лаконичными* пояснениями и мотивировками принятых решений. Все расчеты сооружений и коммуникаций должны быть обоснованы ссылками на соответствующую нормативную литературу (справочники, СНиПы, СН, СанПиНы). *Не следует переписывать из литературных источников в «записку» нормативные данные и общие сведения по тому или иному вопросу*. Ее общий объем не должен превышать 30–40 страниц *рукописного* текста. В конце «записки» помещается список использованной литературы.

Чертежи КП должны выполняться в соответствии с ГОСТ 21.501-93 [171] на листах чертежной бумаги форматов А1 (основной формат), А3 и А4, размеры которых установлены ГОСТ 2.301-68*[166]. Расположение форматов может быть горизонтальным и вертикальным. Чертежи выполняются в масштабах, установленных ГОСТ 2.302-68* [167]. При вычерчивании профилей допускается использование различных масштабов по горизонтали и вертикали. Горизонтальный масштаб обычно принимается равным масштабу плана, а вертикальный – в пределах 1:100, 1:200 и реже – 1:400. При выполнении чертежей основные и вспомогательные линии должны соответствовать требованиям [168], а шрифты для надписей на чертежах – требованиям [169].

Графическая часть проекта должна содержать следующие чертежи:

1. Ситуационный план, выполненный в масштабе 1:2000, на который наносятся основные цеха промпредприятия, очистная станция, насосные станции, внутривоздушная канализация с указанием выпусков в городскую канализацию или водоем. Если в проекте применена система оборотного водоснабжения, то на плане следует выделить ее коммуникации и сооружения (насосные и очистные станции, градирню и т.д.).
2. Генплан очистной станции, выполненный в масштабе 1:500 или 1:1000 с указанием основных и вспомогательных сооружений, коммуникаций между отдельными узлами станции, дорог, насыпей и выемок, элементов благоустройства.
3. Балансовую схему движения воды и загрязнений по сооружениям (она может быть размещена и в пояснительной записке к проекту).

4. Гидравлические профили по движению сточных вод, осадков и дренажной воды от иловых площадок (фильтрата от вакуумфильтров), выполненные в масштабах: горизонтальном 1:500 или 1:1000, вертикальном 1:50 или 1:100.
5. Чертежи одного из сооружений очистной станции (план и один-два разреза) в масштабе 1:25 или 1:50.

Если в проекте предусматривается устройство очистной станции в отдельном здании или очистной установки в цехе, то выполняются следующие чертежи:

1) выкопировка из генплана промпредприятия в масштабе 1:500 или 1:1000 с указанием цеха или группы цехов, являющихся объектом канализования; здания очистной станции (установки) или отдельных сооружений вне здания (например, отстойников); части канализационной сети предприятия, в которую осуществляется выпуск очищенных сточных вод коммуникаций и сооружений оборотной системы водоснабжения (если таковая входит в состав проекта);

2) поэтажные планы здания очистной станции (установки) канализуемого цеха в масштабе 1:50 или 1:100 с указанием всех коммуникаций, оборудования и сооружений (технологическое производственное оборудование показывается схематично тонкими линиями);

3) разрезы здания очистной станции или цеха (по месту расположения очистной установки) в масштабе 1:50 или 1:100;

4) схема высотного расположения очистных сооружений станции (установки), выполняемая в одну линию без деталей;

5) чертежи одного из сооружений очистной станции (установки) в масштабе 1:25 или 1:50.

Объем графической части проекта не должен превышать 2–2,5 стандартных листа формата А1.

Примечания

1. Расчетно-пояснительная записка должна быть, как правило, написана чернилами, четким почерком.

2. Чертежи должны быть выполнены на чертежной бумаге карандашом или тушью с иллюминовкой цветными карандашами или акварелью (с разрешения руководителя проекта допускается исполнение чертежей на плоттере).

3. Расчетно-пояснительная записка и чертежи должны быть подписаны студентом и руководителем курсового проектирования.

4. При определении степени готовности проекта по ходу проектирования можно ориентироваться примерно на следующую трудоемкость отдельных этапов:

- а) изучение исходных данных, подбор литературы и других вспомогательных материалов – 6%;
- б) выбор системы водоотведения на ЭВМ (можно вручную) и определение необходимой степени очистки – 18%;
- в) выбор метода очистки, составление технологической и балансовой схем очистной станции – 16%;
- г) расчет сооружений очистной станции – 17%;
- д) разработка ситуационного плана, генплана очистной станции и профилей по движению сточной жидкости и осадков – 13%;
- е) оформление расчетно-пояснительной записки и чертежей – 30%.

1.3. Задание на проектирование

В зависимости от вида ПСВ и поставленной преподавателем цели задание на проектирование может содержать исходные данные и копировку из ситуационного плана местоположения промпредприятия, генплана предприятия, поэтажных планов цехов основного производства или реконструируемых очистных сооружений.

Исходные данные на проектирование приведены в *приложении 1.1* (на *рис. 1* и в *табл. 1*). Таблица содержит 21 вариант заданий; номер варианта определяется преподавателем при выдаче задания студенту. В таблице по указанному варианту студент определяет наименование предприятия и его место расположения, количественный и качественный состав сточных вод, подлежащих выпуску на расчетном участке водотока, состав воды водотока до первого водовыпуска и его гидрологические характеристики.

Данные о расходе и составе сточных вод в *табл. 1* закодированы цифровыми и буквенными координатами. Цифровые значения этих данных помещены в *табл. 3* (*приложение 1.1*). В этой таблице по вертикали под буквами от «а» до «к» варьируются основные показатели по расходу и составу сточных вод и воды водоема.

Например, по варианту 15 расход сточных вод закодирован как «2е». По *табл. 3*, в строке 2 и графе «е» находим заданный расход, равный $25\text{--}35 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В строке 5 *табл. 3* даны общие коэффициенты неравномерности водоотведения для заданного на проектирование предприятия, а в *табл. 4* (*приложение 1.1*) – распределение расходов по часам каждой смены. Распределение сточных вод по часам суток для хозяйств-

венно-бытовых сточных вод поселков производится по табл. 5 (приложение 1.1) в зависимости от $k_{\text{общ}}$ из табл. 6 (приложение 1.1).

Количество смен в сутках определяется преподавателем для каждого студента индивидуально.

Далее в табл. 3 в строках от 6-й до 45-й приведены данные по составу сточных вод. В табл. 1 даны шифры показателей, по которым нужно определить состав стоков. Например, по варианту 15 – «Мукомольный завод» состав сточных вод расшифровывается следующим образом:

5а – коэффициент неравномерности водоотведения равен 1,0;

7б – щелочность 3–5 мг-экв/л;

8б – рН составляет 7–8;

10з – концентрация взвешенных веществ 1000–1500 мг/л;

11ж – БПК_{полн.} 300–500 мг/л;

42е – нитратов 60–100 мг/л;

45б – объем выпавшего осадка за 2 ч отстаивания 0,5–1,0%.

Как видно из приведенного примера, абсолютное значение концентраций колеблется в каких-то пределах. **Выбор минимального, среднего или максимального значений согласовывается студентом с преподавателем.**

Ознакомившись с данными по расходу и составу сточных вод, студент *самостоятельно* производит дальнейшее изучение и наполнение своего задания, согласовав его на последнем этапе с преподавателем. Например, в ряде заданий не указаны расчетные расходы промстоков. Этот показатель студент *должен найти сам*, скажем, в работах [26, 104, 115] или каких-то других узкоспециализированных источниках, приведенных в библиографическом списке к данному пособию.

Если очищенные сточные воды направляются в оборотную систему, то их качество и количество определяются по нормативным требованиям, предъявляемым к оборотной воде данного производства [1, 9, 11, 18, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 38, 39, 40, 45, 47, 53, 54, 55, 57, 58, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 67, 72, 73, 74, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 91, 95, 96, 104, 109, 111, 115, 117, 118, 120, 122, 124, 127, 130, 128, 129, 173, 137, 144, 148, 156, 163, 176, 204, 207, 210, 211, 212, 230, 234, 238, 265, 268, 276, 291, 292, 293, 294, 296, 298, 303, 315, 316, 325, 339, 374, 375, 379, 381, 382, 383].

Если сточные воды выпускаются в поверхностный водоем, то их качество определяется по формулам для расчета необходимой степени очистки [13, 26, 34, 80, 88, 93, 119, 126, 164, 199, 233, 257,

259]. В этом случае следует с помощью программ AQUA [13, 34] или «вручную» [13, 26, 80, 88, 93, 119, 126, 199, 233, 257, 259] так рассчитать величины ПДС для каждого расчетного водовыпуска, чтобы удовлетворялись все природозащитные условия по ПДК в контрольном створе.

Сведения о виде водопользования приведены в последней строке *табл. 1 (приложение 1.1)*. Индексы С-I и С-II означают, что водоем имеет соответственно категорию санитарно-бытового водопользования первого или второго вида, индексы Р-I и Р-II – соответственно водоемы рыбохозяйственного водопользования первого или второго вида. Все остальные данные по водоему зашифрованы аналогично данным по расходу и составу сточных вод и представлены в строках 46–52 *табл. 3 (приложение 1.1)*.

Помимо указанных данных, в состав задания входит либо генплан промышленной площадки, либо генплан участка местности, отведенного для строительства очистных сооружений. Выкопировка из генплана выдается каждому студенту индивидуально при получении задания.

Недостающие сведения студент обязан найти в специальной литературе, рекомендуемой в настоящем учебном пособии. Самостоятельно найденные дополнительные сведения должны быть согласованы с преподавателем.

В *табл. 3* имеется ряд показателей, которые пока не были использованы нами при составлении заданий, приведенных в *табл. 1 (приложение 1.1)*. Эти показатели помещены с целью составления других вариантов заданий по иным отраслям промышленности. В частности, возможны варианты заданий по нефтебазам, нефтепромыслам, газогенераторным станциям и сланцеперерабатывающим комбинатам, химическим предприятиям, машиностроительным заводам, предприятиям горной химии, нефтеоргсинтеза, лесной, деревообрабатывающей, лесохимической и легкой, энергетической и электронной промышленности, строительной индустрии и т.д. Такие варианты составляются преподавателем и выдаются студентам индивидуально.

Кроме того, данные *табл. 3 (приложение 1.1)* могут быть использованы при составлении задания, например, на дипломное проектирование.

Глава 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Изучение исходных данных

Проектирование должно начинаться с тщательного изучения исходных данных. Сначала рассматривается цифровой материал задания: расходы сточных вод, концентрация загрязнений, данные о расходах и физико-химической характеристике воды водоема и т.д. Затем внимательно изучаются графические исходные материалы: генплан промпредприятия, поэтажные планы цехов и т.д.

Студентом прежде всего уясняется поставленная перед ним задача по выбору рациональной системы водоотведения, оптимального метода очистки сточных вод и схемы очистной станции. В результате у исполнителя создается целостное представление о самом производстве, потреблении на нем воды, местах возникновения сточных вод, их загрязненности, необходимости очистки. На основании такой технологии изучения исходных данных, опыта и навыков, приобретенных при выполнении предыдущих курсовых проектов, рассматриваются возможные ориентировочные варианты решения задачи очистки ПСВ.

Одновременно выясняется достаточность исходных данных. Если понадобятся дополнительные сведения, например, о глубине промерзания грунтов, технологическом процессе производства (с точки зрения водных операций), наличии типовых проектов отдельных очистных сооружений и т.п., то следует (самостоятельно или по указанию руководителя) использовать соответствующую литературу – справочники, статьи в научно-технических журналах, монографии [1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 14, 16, 20, 21, 24, 25, 27, 38, 39, 40, 42, 45, 47, 50, 51, 54, 55, 56, 60, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 76, 83, 87, 89, 90, 91, 95, 96, 105, 106, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 122, 124, 125, 127, 128, 129, 131, 139, 142, 146, 147, 152, 156, 172, 173, 181, 192, 193, 200, 204, 205, 220, 230, 234, 235, 249, 250, 255, 256, 260, 262, 264, 269, 270, 277, 278, 281, 282, 283, 285, 286, 293, 296, 298, 312, 300, 314, 324, 325, 334, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 347, 351, 352, 355, 357, 367, 368, 369, 370, 372, 373, 371, 379].

При очистке промышленных сточных вод наряду со специальными очистными сооружениями широко применяются сооружения, получившие распространение для очистки городских стоков (канализационные решетки, песколовки, отстойники, осветлители с естественной аэрацией и взвешенным фильтром, аэротенки, биофильт-

ры, контактные резервуары, метантенки, иловые площадки и др.). Способы расчета этих сооружений изложены в учебниках, учебных пособиях и методических указаниях, уже известных студентам специальности 2908 «Водоснабжение и водоотведение» [7, 8, 10, 11, 12, 13, 18, 26, 34, 43, 44, 46, 48, 53, 59, 72, 73, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 93, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 111, 113, 112, 126, 134, 135, 136, 189, 194, 233, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 307, 308, 309, 328, 329, 355, 356, 357, 359, 363, 376].

2.2. Определение средних концентраций загрязнений

Промышленные сточные воды характеризуются следующими основными показателями загрязненности: концентрацией взвешенных веществ, биохимической и химической потребностью в кислороде, концентрацией солей, кислот, щелочей и других вредных веществ. В большинстве случаев водоотведение промпредприятий производится по раздельной системе. При этом часть сточных вод проходит сначала локальную (чаще всего частичную) очистку. Затем потоки объединяются для их совместной очистки на общезаводских сооружениях. В подобном случае появляется необходимость в определении средних концентраций отдельных загрязнений в общем (смешанном) стоке после локальной очистки отдельных потоков.

Определение средних концентраций по взвешенным веществам и БПК изложено в учебных пособиях по составлению курсового проекта № 2 «Очистные сооружения бытовой канализации» [7, 10, 26, 46, 73, 80, 85, 104, 254, 257].

Когда мы имеем дело с обработкой результатов неравноточных измерений, то необходимо использовать *взвешенное среднее значение* искомой величины [3, с. 79–80], определяемое по формуле (5.3.1) [220., с. 23]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n p_i \cdot x_i}{\sum_1^n p_i}, \quad (2.1)$$

где p_1, p_2, \dots, p_n – веса измерения соответственно величин x_1, x_2, \dots, x_n .

Например, средняя концентрация взвешенных веществ \bar{C} по расходу сточных вод q_i будет иметь вид:

$$\bar{C} = \frac{C_1 \cdot q_1 + C_2 \cdot q_2 + \dots + C_n \cdot q_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n}, \quad (2.2)$$

а по объему сточных вод W_i :

$$\bar{C} = \frac{W_1 \cdot C_1 + W_2 \cdot C_2 + \dots + W_n \cdot C_n}{W_1 + W_2 + \dots + W_n}. \quad (2.3)$$

Средние концентрации по ХПК одноименных вредных веществ, солей, кислот и щелочей определяются аналогичным способом. По такому же принципу рассчитывается средняя температура смеси сточных вод.

2.3. Определение необходимой степени очистки сточных вод

Промышленные сточные воды могут быть возвращены (после соответствующей очистки) в технологический процесс (оборотная система водоснабжения), использованы вторично в другом технологическом процессе основного производства, выпущены в водоем или в городскую канализацию.

Если сточные воды направляются в оборотную систему или для повторного использования, то степень необходимой их очистки диктуется требованиями технологии основного производства.

При решении вопроса о необходимой степени очистки для спускаемых в водоем сточных водах необходимо знать их расходы и физико-химическую характеристику. Те же сведения нужно иметь и о водоеме. Кроме того, выпуск сточных вод в водоемы регламентируется «Правилами охраны поверхностных вод» [77] и «Санитарными условиями спуска сточных вод в водоем» [119]. Условия приема ПСВ в системы водоотведения населенных пунктов регулируются отраслевыми правилами [78] и СНиПом [100]. Требования к охране подземных вод прописаны в «Положении о порядке использования и охраны подземных вод на территории СССР». Охрана от загрязнений прибрежной полосы моря регламентируется специальными правилами.

На основании требований этих правил и положений может быть вычислена максимально допустимая загрязненность сточных вод по различным нормируемым показателям, при которой эти стоки могут быть выпущены в данный водоем.

Если производственные сточные воды по своей физико-химической характеристике не отвечают требованиям правил, положений или СНиПов, то перед выпуском их необходимо подвергнуть предварительной очистке. Нормативные требования к воде водоема предъявляются в расчетном пункте, т.е. в створе, расположенном на расстоянии 1 км выше места водозабора (границы водопотребления) [10, 11, 12, 26, 199, 88, 126, 290]. Для рыбохозяйственных водоемов расчетный створ иногда располагают всего в 500 м ниже выпуска сточных вод.

В расчетных створах состав и свойства воды водоемов ни по одному из показателей не должны превышать нормативов, приведенных в Правилах... [77]. Сопоставляя количество загрязнений, находящихся в неочищенных сточных водах, с количеством загрязнений, которое может быть принято в водоем или городскую канализацию, определяют необходимую степень очистки.

В отдельных случаях может быть осуществлена очистка только части стоков (особо загрязненных) на локальных очистных установках с целью задержания основной массы загрязнений или их обезвреживания и обеззараживания. Очистке могут быть подвергнуты и все сточные воды предприятия на общей очистной станции. Наконец, могут быть и более сложные схемы комбинированной очистки некоторых стоков на локальных установках с последующей их доочисткой совместно с остальными сточными водами на общей очистной станции предприятия.

При расчетах необходимо учитывать степень смешения сточных вод с водой водоема (коэффициент смешения) или кратность разбавления стоков водоемом [26, 34, 88, 104, 119]. Методика вычисления коэффициента смешения a сточных вод в расчетном створе подробно описана в работах [10, 13, 26, 34, 80, 88, 93, 112, 113, 126, 290]. Вычисление кратности разбавления n производится по формуле

$$n = \frac{aQ + q}{q}, \quad (2.4)$$

где Q – расчетный расход водоема, м³/с; q – средний расход сточных вод, м³/с.

Примечание. Строго говоря, расчет n по формуле (2.4) и всех нижеследующих в разделе 2.3 параметров полезнее проводить на *максимальные* и *минимальные* значения q . Это позволяет знать возможный диапазон изменения контролируемых величин.

Учебное пособие

Виктор Иванович **Кичигин**

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Компьютерная верстка: *Е.М. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Подписано к печати 12.11.10.
Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. 41 п.л. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>