

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова  
Кафедра сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения

Л.А. Квитка, Э.Е. Назаркин

## **ОЧИСТНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания

Москва  
2019

УДК 628.1 (076)

ББК 38.761.104я81

К 32

**Квитка Л.А. Очистные водопроводные сооружения: Методические указания / Л.А. Квитка, Э.Е. Назаркин М.: ....., 2019. 96 с.**

В издании изложены методические указания по выполнению курсового проекта студентами при изучении дисциплины «Улучшение качества природных вод» направления 20.03.02 «Природообустройство и водопользование». Содержит информацию о составе курсового проекта, примеры выполнения отдельных его частей и включает в себя указания по оформлению работы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (протокол № 1 от 21 марта 2019г.)

© Квитка Л.А., Назаркин Э.Е.  
2019

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| АННОТАЦИЯ.....   | 4  |
| 1. Цель и задачи курсового проекта .....   | 4  |
| 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате выполнения курсового проекта. .... | 5  |
| 3. Структура курсового проекта .....   | 5  |
| 4. Порядок выполнения курсового проекта.....   | 8  |
| 5. Требования оформлению курсового проекта.....  | 12 |
| 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение курсового проекта.....               | 24 |
| 8. Методические указания к выполнению курсового проекта .....                            | 26 |
| Библиографический список .....   | 90 |
| Приложение А .....   | 91 |
| Приложение Б.....  | 92 |
| Приложение В.....  | 93 |
| Приложение Г .....   | 94 |

## **АННОТАЦИЯ**

Курсовой проект посвящен вопросам проектирования очистных сооружений в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. В нем приведены основные рекомендации по выбору методов обработки воды, технологических схем, состава очистных сооружений, их компоновки. Приведена методика расчета основных сооружений очистной водопроводной станции.

Работа над проектом расширяет кругозор студента, углубляет его знания по разделу улучшения качества природных вод и позволяет приобрести опыт самостоятельного использования и применения теоретических знаний и технической справочной литературы к решению конкретных задач в соответствии с существующими требованиями инженерного проектирования.

Курсовой проект имеет практический, технологический и проектный характер.

### **1. Цель и задачи курсового проекта**

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Улучшение качества природных вод» для направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» проводится с целью приобретения студентами знаний о современных методах подготовки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения и технологических нужд; умения оценивать качество воды и определять необходимость его улучшения в зависимости от целей водопользования; приобретения навыков проектирования сооружений по очистке природных вод. В процессе изучения дисциплины студенты должны получить представление о работе водопроводных станций, уметь оценивать достоинства и недостатки конструкций очистных сооружений, анализировать возможность оперативного управления их работой.

Курсовой проект позволяет решить следующие задачи:

1. Оценить качество природной воды и сравнить его с требованиями СанПиН 2.1.4.1074 – 01 Питьевая вода.

2. Выбрать методы очистки исходной воды, составить высотную технологическую схему, определить состав и конструкции сооружений, их компоновку

3. Выбрать необходимые реагенты, способы их хранения, рассчитать реагентное хозяйство

4. Рассчитать и запроектировать выбранные очистные сооружения

5. Вычертить высотную технологическую схему; генплан водопроводной очистной станции; план зала основных очистных сооружений с несколькими разрезами (с обвязкой трубопроводами)

**2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате выполнения курсового проекта** по дисциплине «Улучшение качества природных вод» для направления водоподготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование.

Реализация в курсовом проекте по дисциплине «Улучшение качества природных вод» требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.03.02 – Природообустройство и водопользование, профилю подготовки «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения» должна формировать следующие компетенции, представленные в таблице 2.

### **3. Структура курсового проекта**

Курсовой проект включает пояснительную записку на 30 – 40 страницах печатного текста с обоснованием технологического процесса, расчетами и схемами сооружений. На схемах проставляются размеры, определенные расчетом. Чертежи выполняются на листе формата А1, штамп в правом нижнем углу. Чертежи включают: генплан очистных сооружений в масштабе 1:500 или 1:1000; планы и разрезы основных сооружений очистки воды в масштабе 1:50 или 1:100; вертикальную высотную схему движения воды через очистные сооружения с указанием отметок ее уровней, верхних кромок и днищ сооружений.

Структура курсового проекта представлена в таблице 1.

Таблица1- Структура курсового проекта и объем отдельных разделов

| № п/п | Элементы структуры курсового проекта   | Объем (примерный) страниц |
|-------|--|---------------------------|
| 1     | Титульный лист ( <i>Приложение</i> )   | 1                         |
| 2     | Задание( <i>Приложение</i> )   | 1                         |
| 3     | Аннотация/реферат  | 1 – 2                     |
| 4     | Содержание   | 1 – 2                     |
| 5     | Введение   | 1 – 2                     |
| 6     | Основная часть   |                           |
| 6.1   | Выбор методов очистки исходной воды и состава очистных сооружений. Предварительная их компоновка. Высотная технологическая схема                       | 3–5                       |
| 6.2   | Расчет реагентного хозяйства.  | 3–4                       |
| 6.3   | Расчет смесителей и камер хлопьеобразования  | 2 – 3                     |
| 6.4   | Расчет сооружений для осветления воды (отстойников, фильтров и др.)  | 14 – 16                   |
| 6.5   | Трубопроводы обвязки сооружений и вспомогательное оборудование   | 1 – 2                     |
| 6.6   | Сооружения и оборудование для обеззараживания воды   | 1 – 2                     |
| 6.7   | Заключение/выводы  | 1 – 2                     |
| 6.8   | Чертеж на листе формата А1: генплан водопроводной очистной станции; план зала основных очистных сооружений с разрезами; высотная технологическая схема | 1 лист<br>формата А1      |
| 7     | Библиографический список   | Не менее 10 источников    |
| 8     | Приложения   | 2                         |

Таблица 2 - Требования к результатам выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Улучшение качества природных вод»

| п/п | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)   | В результате выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Улучшение качества природных вод» обучающиеся должны:  |  |  |
|-----|--------------------|---|---|--|--|
|     |                    |   | Знать   | Уметь  | Владеть  |
| 1.  | ПК-7               | способностью решать задачи при выполнении работ по стандартизации, метрологическому обеспечению, техническому контролю в области природообустройства и водопользования                                      | методы оценки и анализа качества природных вод и основные методы ее подготовки для хозяйственно-питьевого водоснабжения, технологических и животноводческих нужд;             | оценивать качество природных вод, определять необходимую степень очистки, выбирать оптимальную технологию очистки и состав сооружений;                       | основными современными методами расчета и проектирования сооружений, выполнять технические чертежи с использованием современных компьютерных программ;                             |
| 2.  | ПК-11              | способностью оперировать техническими средствами при измерении основных параметров природных процессов с учетом метрологических принципов   | сущность процессов осветления и обесцвечивания воды, типы и конструкции применяемых сооружений, основы их расчета; методы обеззараживания воды, удаления запахов и привкусов; | оценивать эффективность работы водоочистной станции в целом и отдельных ее сооружений; пользоваться нормативной, справочной, научно-технической литературой. | навыками выполнения проверочных расчетов действующих сооружений; современными требованиями и способами проведения необходимых водоохранных мероприятий.                            |
| 3.  | ПК-16              | способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | основные показатели деятельности предприятий природообустройства и водопользования, методы оценки ресурсов, планирования ресурсного обеспечения деятельности предприятия      | анализировать экономическую эффективность инженерных проектов и деятельности предприятий.  | методами расчета экономических показателей проектов природообустройства и водопользования; основными инструментами управления качеством на всех этапах жизненного цикла продукции. |

## 4. Порядок выполнения курсового проекта

### 4.1 Выбор темы

Тема курсовых проектов отвечает учебным задачам дисциплины «Улучшение качества природных вод» и соответствует реальным требованиям будущей профессиональной деятельности. В задании студенту задается качество воды в источнике водоснабжения. Это делается на основе материала, собранного студентами в ходе производственной практики или, предлагается преподавателем с учетом фактических данных по различным водоисточникам. Назначается производительность водопроводных очистных сооружений. Каждый студент получает индивидуальное неповторяющееся в группе задание.

Примерная тематика курсовых проектов по дисциплине «Улучшение качества природных вод» представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Примерная тематика курсовых проектов по дисциплине «Улучшение качества природных вод»

| № п/п | Тема курсового проекта  |
|-------|---|
| 1     | Очистные водопроводные сооружения производительностью ( $Q = 1000 - 5000 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) – реагентная технологическая схема с вертикальными отстойниками или контактными осветлителями. Показатели качества природной воды во всех вариантах курсового проекта индивидуальные |
| 2     | Очистные водопроводные сооружения $Q = 5000 - 30000 \text{ м}^3/\text{сут}$ - реагентная технологическая схема с осветлителями со слоем взвешенного осадка или контактными осветлителями  |
| 3     | Очистные водопроводные сооружения $Q = 30000 - 50000 \text{ м}^3/\text{сут}$ - реагентная технологическая схема с горизонтальными отстойниками или осветлителями со слоем взвешенного осадка, или контактными осветлителями   |

### 4.2 Получение индивидуального задания

Задание на выполнение курсового проекта (*Приложение*) выдается за подписью руководителя, датируется днем выдачи и регистрируется на кафедре в журнале. Факт получения задания удостоверяется подписью студента в указанном журнале.



### 4.3 Составление плана выполнения курсового проекта

Выбрав тему, определив цель, задачи, структуру и содержание курсового проекта совместно с руководителем составляется план – график выполнения курсового проекта с учетом графика учебного процесса (таблица 4).

Таблица 4 - Примерный план-график выполнения курсового проекта

| №  | Наименование действий  | Исполнители           | Сроки, № недели семестра |
|----|--|-----------------------|--------------------------|
| 1  | Выбор темы   | руководитель, студент | 1                        |
| 2  | Получение задания по курсовому проекту   | руководитель          | 2                        |
| 3  | Уточнение темы и содержания курсового проекта  | руководитель, студент | 2                        |
| 4  | Составление библиографического списка  | руководитель, студент | 3                        |
| 5  | Изучение научной литературы, типовых проектов очистных водопроводных сооружений                | студент               | 4                        |
| 6  | Подготовка плана курсового проекта   | -"                    | 4                        |
| 7  | Выбор методов очистки, состава очистных сооружений, составление высотной технологической схемы | -"                    | 5                        |
| 8  | Предварительное консультирование   | руководитель          | 5                        |
| 9  | Расчет очистных сооружений   | студент               | 6 – 10                   |
| 10 | Предоставление руководителю варианта расчета курсового проекта и обсуждение результатов        | студент, руководитель | 11                       |
| 11 | Выполнение чертежей на листе формата А1  | студент               | 12 – 15                  |
| 12 | Составление окончательного варианта курсового проекта  | студент               | 15                       |
| 13 | Заключительное консультирование  | руководитель          | 16                       |
| 14 | Рецензирование курсового проекта   | рецензент             | 16                       |
| 15 | Защита курсового проекта   | студент               | 17                       |

### 4.4. Требования к разработке структурных элементов курсового проекта

#### 4.4.1. Разработка введения

Во введении следует обосновать актуальность избранной темы курсового проекта, раскрыть ее теоретическую и практическую значимость, сформулировать цель и задачи курсового проекта.

#### 4.4.2. Разработка основной части курсового проекта

Требуется запроектировать очистные водопроводные сооружения. Для этого выбираются методы очистки исходной природной воды, состав очистных сооружений, делается предварительная их компоновка. Составляется

высотная технологическая схема. Очистка воды принимается по реагентному методу.

В курсовом проекте рассчитываются:

устройства для хранения, заготовки и дозирования реагентов (реагентное хозяйство);

сооружения для смешения реагентов с обрабатываемой водой (смесители) и хлопьеобразования (камеры хлопьеобразования);

сооружения для отстаивания воды (вертикальные или горизонтальные отстойники, или осветлители со слоем взвешенного осадка);

сооружения для фильтрования воды (фильтры или контактные осветлители);

сооружение и оборудование для обеззараживания воды;

вспомогательные устройства и оборудование (промывные насосы, трубы, лотки, каналы и т.д.)

подсобные помещения (лаборатории, мастерские и т.д.).

По данным расчета очистных сооружений выполняются чертежи на листе формата А1 со штампом в правом нижнем углу. Чертеж включает:

вертикальную высотную схему движения воды через очистные сооружения с указанием отметок уровней воды, верхней кромки и днищ сооружений;

генплан очистных сооружений в масштабе 1:500 или 1:1000;

планы и разрезы по залу основных очистных сооружений с обвязкой трубопроводами в масштабе 1:50 или 1:100.

#### 4.4.3. Разработка заключения/выводов

Основное назначение заключения/выводов - резюмировать содержание курсового проекта, подвести итоги проделанной работы, соотнеся их с целью и задачами, сформулированными во введении.

#### 4.4.4. Оформление библиографического списка

В библиографический список включаются источники, на которые есть ссылки в тексте курсового проекта. Обязательно присутствие источников, опубликованных в течение последних трех лет и зарубежных источников.

## 5. Требования оформлению курсового проекта

### 5.1 Оформление текстового материала (ГОСТ 7.0.11 – 2011)

1. Курсовой проект должна быть выполнена печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне белой бумаги формата А 4 (210x297 мм).

2. Поля: с левой стороны - 25 мм; с правой - 10 мм; в верхней части - 20 мм; в нижней - 20 мм.

3. Тип шрифта: *Times New Roman Cyr*. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов (глав): полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Цвет шрифта должен быть черным. Межсимвольный интервал – обычный. Межстрочный интервал – полуторный. Абзацный отступ – 1,25 см.

4. Страницы должны быть пронумерованы. Порядковый номер ставится в **середине верхнего поля**. Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется. Рецензия - страница 2, затем 3 и т.д.

5. Главы имеют **сквозную нумерацию** в пределах работы и обозначаются арабскими цифрами. **В конце заголовка точка не ставится**. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. **Переносы слов в заголовках не допускаются**.

6. Номер подраздела (параграфа) включает номер раздела (главы) и порядковый номер подраздела (параграфа), разделенные точкой. Пример – 1.1, 1.2 и т.д.

7. Главы работы по объему должны быть пропорциональными. Каждая глава начинается с новой страницы.

8. В работе необходимо чётко и логично излагать свои мысли, следует избегать повторений и отступлений от основной темы. Не следует загромождать текст длинными описательными материалами.

9. На последней странице курсового проекта ставятся дата окончания работы и подпись автора.

10. Законченную работу следует переплести в папку.

Написанную и оформленную в соответствии с требованиями курсовой проект студент регистрирует на кафедре. Срок рецензирования – не более 7 дней.

## **5.2 Оформление ссылок (ГОСТР 7.0.5)**

При написании курсового проекта необходимо давать краткие внутритекстовые библиографические ссылки. Если делается ссылка на источник в целом, то необходимо после упоминания автора или авторского коллектива, а также после приведенной цитаты работы, указать в квадратных скобках номер этого источника в библиографическом списке. Например: По мнению Ван Штраалена, существуют по крайней мере три случая, когда биоиндикация становится незаменимой [7].

Допускается внутритекстовую библиографическую ссылку заключать в круглые скобки, с указанием авторов и года издания объекта ссылки. Например, (Чекерес, Черников, 2000).

Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, в ней указывают порядковый номер и страницы, на которых помещен объект ссылки. Сведения разделяют запятой, заключая в квадратные скобки. Например, [10, с. 81]. Допускается оправданное сокращение цитаты. В данном случае пропущенные слова заменяются многоточием.

## **5.3 Оформление иллюстраций (ГОСТ 2.105-95)**

На все рисунки в тексте должны быть даны ссылки. Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная, но допускается нумеровать и в пределах раздела (главы). В последнем случае, номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (например: Рисунок 1.1).

Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Слово «Рисунок» пишется полностью. В этом случае подпись должна выглядеть так:  
Рисунок 2 - Жизненные формы растений

Точка в конце названия не ставится.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рис. 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рис. 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Независимо от того, какая представлена иллюстрация - в виде схемы, графика, диаграммы - подпись всегда должна быть «Рисунок». Подписи типа «Схема 1.2», «Диagr. 1.5» не допускаются.

Схемы, графики, диаграммы (если они не внесены в приложения) должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте курсового проекта. Допускается размещение иллюстраций через определенный промежуток текста в том случае, если размещение иллюстрации непосредственно после ссылки на нее приведет к разрыву и переносу ее на следующую страницу.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций.

Допускается, при необходимости, номер, присвоенный составной части изделия на иллюстрации, сохранять в пределах документа.

Для схем расположения элементов конструкций и архитектурно-строительных чертежей зданий (сооружений) указывают марки элементов. При ссылке в тексте на отдельные элементы деталей (отверстия, пазы, канавки, буртики и др.) их обозначают прописными буквами русского алфавита.

## 5.4 Общие правила представления формул (ГОСТ 2.105-95)

Формулы должны быть оформлены в редакторе формул Equation Editor и вставлены в документ как объект.

Большие, длинные и громоздкие формулы, которые имеют в составе знаки суммы, произведения, дифференцирования, интегрирования, размещают на отдельных строках. Это касается также и всех нумеруемых формул. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, отделенных от текста, можно подать в одной строке, а не одну под одну. Небольшие и несложные формулы, которые не имеют самостоятельного значения, вписывают внутри строк текста.

Объяснение значений символов и числовых коэффициентов нужно подавать непосредственно под формулой в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента нужно подавать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Уравнения и формулы нужно выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы нужно оставить не меньше одной свободной строки. Если уравнение не вмещается в одну строку, его следует перенести после знака равенства (=), или после знаков плюс (+), минус (-), умножение.

Нумеровать следует лишь те формулы, на которые есть ссылка в следующем тексте.

Порядковые номера помечают арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы без точек от формулы к ее номеру. Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой (Например, 4.2). Номер, который не вмещается в строке с формулой, переносят ниже формулы. Номер формулы при ее перенесении помещают на уровне последней строки. Если формула взята в рамку, то номер такой формулы за-

писывают снаружи рамки с правой стороны напротив основной строки формулы. Номер формулы-дроби подают на уровне основной горизонтальной черточки формулы.

Номер группы формул, размещенных на отдельных строках и объединенных фигурной скобкой, помещается справа от острия парантеза, которое находится в середине группы формул и направлено в сторону номера.

Общее правило пунктуации в тексте с формулами такое: формула входит в предложение как его равноправный элемент. Поэтому в конце формул и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулой ставят лишь в случаях, предусмотренных правилами пунктуации: а) в тексте перед формулой обобщающее слово; б) этого требует построение текста, который предшествует формуле.

Знаками препинания между формулами, которые идут одна под одной и не отделены текстом, могут быть запятая или точка с запятой непосредственно за формулой к ее номеру.

Пример: Влажность почвы  $W$  в % вычисляется по формуле:

$$W = \frac{(m_1 - m_0) \times 100}{(m_0 - m)} \quad (4.2)$$

где

$m_1$ , - масса влажной почвы со стаканчиком, г;

$m_0$  - масса высушенной почвы со стаканчиком, г;

$m$  - масса стаканчика, г.

При ссылке на формулу в тексте ее номер ставят в круглых скобках. Например: Из формулы (4.2) следует...



## 5.5 Оформление таблиц (ГОСТ 2.105-95)

На все таблицы в тексте должны быть ссылки. Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела – в последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (например: Таблица 1.2)). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением обозначения приложения (например: Приложение 2, табл. 2).

Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (например: Таблица 3 – Аккумуляция углерода в продукции агроценозов за 1981-2015 гг.).

При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью. Над другими частями также слева пишут слово «Продолжение» или «Окончание» и указывают номер таблицы (например: Продолжение таблицы 3).

Таблицы, занимающие страницу и более, обычно помещают в приложение. Таблицу с большим количеством столбцов допускается размещать в альбомной ориентации. В таблице допускается применять размер шрифта 12, интервал 1,0.

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят.

Разделять заголовки и подзаголовки боковых столбцов диагональными линиями не допускается. Заголовки столбцов, как правило, записывают па-

параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Но заголовок столбцов и строк таблицы должны быть отделены линией от остальной части таблицы.

При заимствовании таблиц из какого-либо источника, после нее оформляется сноска на источник в соответствии с требованиями к оформлению сносок.

Пример:

Таблица 3 – Аккумуляция углерода в продукции агроценозов за 1981-2015 гг., тыс. т С·год<sup>-1</sup>

| Ландшафтно-климатическая зона | га     | ANP    | BNP    | NPP    |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1                             | 2      | 3      | 4      | 5      |
| Лесостепь                     | 42054  | 84,52  | 61,85  | 146,37 |
| Степь                         | 150201 | 221,70 | 246,72 | 468,42 |

-----разрыв страницы-----

Продолжение таблицы 3

| 1         | 2      | 3      | 4      | 5      |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| Сухостепь | 52524  | 79,05  | 71,14  | 150,19 |
| Итого     | 244779 | 385,27 | 379,71 | 764,98 |

## 5.6 Оформление библиографического списка (ГОСТ 7.1)

### Оформление книг

#### *с 1 автором*

Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 376 с.

#### *с 2-3 авторами*

Жуланова, В.Н. Агрочувствы Тувы: свойства и особенности функционирования / В.Н. Жуланова, В.В. Чупрова. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – 155 с.

#### *с 4 и более авторами*

Коробкин, М.В. Современная экономика/ М.В. Коробкин [и д.р.] - СПб.: Питер, 2014.- 325 с.

### **Оформление учебников и учебных пособий**

Наумов, В.Д. География почв. Почвы тропиков и субтропиков: учебник / В.Д. Наумов - М.: «ИНФРА-М», 2014. - 282 с.

### **Оформление учебников и учебных пособий под редакцией**

Использование дистанционных методов исследования при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия: уч. пособие / И.Ю. Савин, В.И.Савич, Е.Ю. Прудникова, А.А. Устюжанин; под ред. В.И. Кирюшина. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. - 180 с.

### **Для многотомных книг**

Боков, А.Н. Экономика Т.2. Микроэкономика / А.Н. Боков. - М.: Норма, 2014. - 532 с.

### **Словари и энциклопедии**

Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. - М.: Азбуковник, 2000. - 940 с.

Экономическая энциклопедия / Е. И. Александрова [и др.]. - М.: Экономика, 1999. - 1055 с.

### **Оформление статей из журналов и периодических сборников**

1. Яковлев, П.А. Продуктивность яровых зерновых культур в условиях воздействия абиотических стрессовых факторов при обработке семян селеном, кремнием и цинком / П.А. Яковлев // Агрехимический вестник. – 2014. – № 4. – С. 38–40.

2. Krylova, V.V. Hypoxic stress and the transport systems of the peribacteroid membrane of bean root nodules / V.V. Krylova, S.F. Izmailov // Applied Biochemistry and Microbiology, 2011. - Vol. 47. - №1. - P.12-17.

3. Сергеев, В.С. Динамика минерального азота в черноземе выщелоченном под яровой пшеницей при различных приемах основной обработки почвы / В.С. Сергеев // Научное обеспечение устойчивого функционирования

и развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа, 2009. – С. 58-62.

4. Shumakova, K.B., Burmistrova A.Yu. The development of rational drip irrigation schedule for growing nursery apple trees (*Malus domestica* Borkh.) in the Moscow region/ K.B. Shumakova, A.Yu. Burmistrova // European science and technology: materials of the IV international research and practice conference. Vol. 1. Publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2013. - P. 452–458.

### **Диссертация**

Жуланова, В.Н. Гумусное состояние почв и продуктивность агроценозов Тувы // В.Н. Жуланова. – Дисс. ... канд.биол.наук. Красноярск, 2005. – 150 с.

### **Автореферат диссертации**

Козеичева Е.С. Влияние агрохимических свойств почв центрального нечерноземья на эффективность азотных удобрений: Автореф. дис. канд. биол. наук: 06.01.04 - М.: 2011. - 23с.

### **Описание нормативно-технических и технических документов**

1. ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» - Введ. 2009-01-01.— М.: Стандартинформ, 2008.— 23 с.

2. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В. И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи.— № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.).— 3 с.

### **Описание официальных изданий**

Конституция Российской Федерации : принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года.— М.: Эксмо, 2013.— 63 с.

### **Депонированные научные работы**

1. Крылов, А.В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра / А.В. Крылов, В.В. Бабкин; Редкол. «Журн. прикладной химии». — Л., 1982. — 11 с. — Деп. в ВИНТИ 24.03.82; № 1286-82.

2. Кузнецов, Ю.С. Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Ю. С. Кузнецов; Моск. хим.-технол. ун-т. — М., 1982. — 10 с. — Деп. в ВИНТИ 27.05.82; № 2641.

### Электронные ресурсы

1. Суров, В.В. Продуктивность звена полевого севооборота / В.В. Суров, О.В. Чухина // Молочнохозяйственный вестник. — 2012. — №4(8) [Электронный журнал]. — С.18-23. — Режим доступа: URL [molochное.ru/journal](http://molochное.ru/journal).

2. Защита персональных данных пользователей и сотрудников библиотеки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nbrkomi.ru>. — Заглавие с экрана. — (Дата обращения: 14.04.2014).

## 5.7 Оформление графических материалов

Графическая часть выполняется на одной стороне белой чертёжной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68 формата А1 (594x841). В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов.

Требования к оформлению графической части изложены в стандартах ЕСКД: ГОСТ 2.302-68\* «Масштабы»; ГОСТ 2.303-68\* «Линии»; ГОСТ 2.304-81\* «Шрифты», ГОСТ 2.305-68\*\* «Изображения – виды, разрезы, сечения» и т. д. Основная надпись на чертежах выполняется по ГОСТ 2.104-68\*. Оформление основной надписи графической части выполняется в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС.

Чертежи ВКР выполняются в карандаше, туши или с применением ПК.

Чертежи должны быть оформлены в полном соответствии с государственными стандартами: «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД); «Системы проектной документации для строительства» (СПДС (ГОСТ 21)) и других нормативных документов. На каждом листе тонкими

линиями отмечается внешняя рамка по размеру формата листа, причем вдоль короткой стороны слева оставляется поле шириной 25 мм для подшивки листа. В правом нижнем углу располагается основная подпись установленной формы, приложение Г.

### **5.8 Оформление приложений (ГОСТ 2.105-95)**

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Допускается использование для обозначения приложений арабских цифр. После слова "Приложение" следует буква (или цифра), обозначающая его последовательность.

Приложения, как правило, оформляют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2, А1 по ГОСТ 2.301.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

## **6. Порядок защиты курсового проекта**

Ответственность за организацию и проведение защиты курсового проекта возлагается на заведующего кафедрой и руководителя курсовым проектированием. Заведующий кафедрой формирует состав комиссии по защите курсовых проектов, утвержденный протоколом заседания кафедры. Руководитель информирует студентов о дне и месте проведения защиты курсовых проектов, проверяет соответствие тем представленных курсовых проектов примерной тематике, готовит к заседанию комиссии экзаменационную ведомость с включением в нее тем курсовых проектов студентов, дает краткую информацию студентам о порядке проведения защиты курсовых проектов,

обобщает информацию об итогах проведения защиты курсовых проектов на заседание кафедры.

К защите могут быть представлены только работы, которые получили положительную рецензию. Не зачтённая работа должна быть доработана в соответствии с замечаниями руководителя в установленные сроки и сдана на проверку повторно.

Защита курсовых проектов проводится за счёт времени, отведённого на самостоятельную работу студента по дисциплине до начала экзаменационной сессии. Защита курсового проекта включает:

- краткое сообщение автора (презентация 9-11 слайдов) об актуальности работы, целях, результатах и рекомендациях по совершенствованию в рамках темы проекта;

- вопросы к автору работы и ответы на них;

- отзыв руководителя курсового проектирования.

Защита курсового проекта производится публично (в присутствии студентов, защищающих проекты в этот день) членам комиссии. К защите могут быть представлены только те проекты, которые получили положительную рецензию руководителя.

Если при проверке курсового проекта или защите выяснится, что студент не является ее автором, то защита прекращается. Студент будет обязан написать курсовой проект по другой теме.

При оценке курсового проекта учитывается:

- степень самостоятельности выполнения проекта;

- его актуальность и новизна;

- сложность и глубина разработки темы;

- знание современных подходов на исследуемую проблему;

- использование периодических изданий по теме;

- качество оформления;

- четкость изложения доклада на защите;

- правильность ответов на вопросы.

В соответствии с установленными правилами курсовой проект оценивается по следующей шкале: на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" и "неудовлетворительно".

| <b>Для получения оценок студенту необходимо:</b>  |   |   |
|---|---|---|
| <b>Удовлетворительно</b>  | <b>Хорошо</b>   | <b>Отлично</b>  |
| <b>Знать:</b> Схемы сооружений улучшения качества природных вод, а также знать назначение каждого сооружения. | <b>Знать:</b> Режим работы сооружений. Устройство сооружений для очистки природных вод. Требования для нормальной работы системы. | <b>Знать:</b> Практические методы расчета параметров сооружений для очистки природных вод. Принцип действия всех сооружений на станции. Правила техники безопасности при работе на сооружениях. |

По итогам защиты за курсовой проект выставляется оценка на титульный лист работы, в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение курсового проекта**

### **7.1 Основная литература**

1. Орлов, В.А. Водоснабжение: учебник / В.А. Орлов, Л.А. Квитка - М.: «ИНФРА – М», 2015. – 443с.
2. Сомов, М.А. Водоснабжение. Том 2. Улучшение качества воды. учебник / М.А. Сомов, М.Г. Журба- М.: Изд. АСВ, 2008.- 544 с.
3. Сомов, М.А. Водоснабжение / М.А. Сомов, Л.А. Квитка - М.: «ИНФРА- М», 2010- 287с.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог. – М.: МГУ, 2001. – 677 с.
2. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог. – М.: АСВ, 2013. – 506 с.
3. Карамбиров, Н. А. Сельскохозяйственное водоснабжение / Н. А. Карамбиров. – М.: Агропромиздат, 1996. – 351 с.
4. Горбачев, Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. Учебн. пособие. / Е.А. Горбачев - М.: изд. АСВ, 2004 -240 с.



5. Кожин, В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. Учебное издание для вузов. -4-е изд.. / В.Ф. Кожин – М.: ООО «Бастет», 2008. – 304 с.

6. Николадзе, Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов - М.: Стройиздат, 1995. – 688с.

### **7.3. Справочно-нормативная**

1. СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000.

2. СанПиН 2.1.4.1074 -01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 2001 – 111 с.

3. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие, 7 – е изд. / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев – М.: Стройиздат, 1995.

### **7.4. Компьютерное программное обеспечение и интернет-ресурсы**

- Операционная система Windows,
- Прикладные программы MicrosoftOffice,
- Электронный каталог Научно-Технической Библиотеки Кафедры с/х водоснабжения и водоотведения РГАУ-МСХА (<http://isvov.ru/>)

## 8. Методические указания к выполнению курсового проекта

Заданием требуется запроектировать очистные сооружения хозяйственно-питьевого водопровода для населенного пункта в сельской местности.

### 8.1. Выбор методов очистки исходной воды и состава очистных сооружений. Предварительная их компоновка. Высотная технологическая схема

На основании выявленного несоответствия качества исходной воды в источнике водоснабжения СанПиНу 2.1.4.1074 – 01 «Питьевая вода...» и с учетом заданной полезной производительности очистных сооружений, намечаются необходимые технологические процессы обработки воды и разрабатывается технологическая схема очистных сооружений. Очистка воды по условию задания принимается по реагентному методу. Технологическая схема назначается в соответствии с табл. 15 /1/.

Тип и конструкция водоочистных сооружений зависят от принятых процессов и производительности, но в большинстве случаев водопроводные очистные сооружения включают следующие элементы, которые должны быть рассчитаны в проекте:

- а) устройства для хранения, заготовки и дозирования реагентов (реагентное хозяйство);
- б) сооружений для смешения реагентов с обрабатываемой водой (смесителей) и хлопьеобразования (камер хлопьеобразования);
- в) сооружений для отстаивания воды (вертикальных и горизонтальных отстойников, осветлителей со слоем взвешенного осадка);
- г) сооружений для фильтрования воды (фильтров, контактных осветлителей);
- д) сооружений и оборудования для обеззараживания воды;
- е) вспомогательных устройств и оборудования (промывных насосов или баков, системы труб, лотков и каналов и т.д.);

ж) подсобных помещений (лабораторий, мастерских, комнат для обслуживающего персонала и т.д.).

Выбрав методы обработки воды, схему и состав сооружений /1-5/, студент согласовывает их с руководителем проектирования и переходит к предварительной компоновке взаимного расположения в плане отдельных сооружений. Для этого за основу он может принять типовые компоновки, имеющиеся в учебной литературе и в типовых проектах. Выбранная схема рассматривается как ориентировочно-предварительная. Она устанавливает тип и взаимное расположение основных сооружений станции. Технологическая схема водоочистной станции вычерчивается в записке. Составляется также предварительная высотная схема, уточняемая в процессе дальнейшего проектирования. При самотечной системе высотная схема устанавливает зависимость между уровнями воды и характерными отметками отдельных сооружений очистной станции.

В целях достижения наименьшей стоимости работ по постройке станции, т.е. минимального заглубления отдельных элементов, минимального объема земляных работ, недорогих фундаментов и т.п., следует эффективно использовать рельеф площадки, предназначенной для размещения сооружений. Сооружения с низкими отметками заложения фундаментов должны располагаться в пониженных местах, а с более высокими - в повышенных. При этом необходимо стремиться к соблюдению баланса земляных работ с учетом подсыпки.

Слишком крутой рельеф площадки неудобен в строительном и эксплуатационном отношении. Горизонтальная площадка обычно менее выгодна, так как вызывает необходимость в излишних заглублениях сооружений. По условиям задания на курсовой проект, принимается площадка с горизонтальной поверхностью.

Составление предварительной высотной схемы начинают с уровня воды в резервуарах чистой воды, который принимается обычно, во избежание попадания грунтовых вод, на 0,3...0,5 м выше отметки земли у резервуаров.

Принимая по пункту 6.219 /1/ ориентировочные потери напора между отдельными сооружениями и в самих сооружениях станции, намечают, при выбранной отметке наивысшего уровня воды в р.ч.в., отметки горизонтов воды в прочих сооружениях.

Установив отметки уровня воды в каждом элементе станции, далее определяют отметки дна отдельных сооружений, а, следовательно, и их высоты. При этом, руководствуются необходимостью расположить сооружения основаниями на материковом грунте, избегая как подсыпки, так и установки поддерживающих колонн.

Выявленные высоты сооружений служат в дальнейшем основой для расчетов и разработки конструкций /3÷10/.

## 8.2 Расчет сооружений

### 8.2.1 Определение расчетной производительности станции

Водоочистные станции должны рассчитываться на равномерную работу в течение суток, если их производительность составляет не менее 3000 м<sup>3</sup>/сут. По условиям задания все студенты рассчитывают станцию на равномерную работу.

Станция должна быть рассчитана на пропуск количества воды подаваемого потребителям (полезная производительность) плюс расход воды на собственные нужды (промывка фильтров, сброс первого фильтрата, хозяйственные нужды станции и проч.) и расход на пополнение пожарного запаса в резервуары чистой воды (РЧВ).

Полная производительность очистной станции может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{полн.сут.}} = \alpha Q_{\text{макс.сут.}} + Q_{\text{доп.}}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1)$$

$$Q_{\text{полн.ч.}} = \frac{Q_{\text{полн.сут.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2)$$

где:  $\alpha = 1,02 \dots 1,03$  - коэффициент при наличии повторного использования воды;

$\alpha = 1,06 \dots 1,08$  - при отсутствии повторного использования воды (при схеме с контактными осветлителями принимается максимальный коэффициент);

$Q_{\text{макс.сут.}}$  – заданная полезная производительность станции, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_{\text{доп.}}$  – расход на пополнение пожарного запаса в р.ч.в., м<sup>3</sup>/сут.

$$Q_{\text{доп.}} = \frac{3,6 \cdot n \cdot q_{\text{пож}} \cdot t_{\text{пож}} \cdot 24}{T_{\text{пож}}}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (3)$$

где  $n$  - число одновременных пожаров;

$q_{\text{пож}}$  – расчетный расход на один пожар, л/с

При заданной производительности

до 3000 м<sup>3</sup>/сут принимается  $n = 1$  и  $q_{пож} = 10$  л/с;

до 5000- $n=1$  и  $q_{пож} = 15$  л/с;

до 10000 м<sup>3</sup>/сут- $n = 2$  и  $q_{пож} = 10$  л/с;

свыше 10000 м<sup>3</sup>/сут- $n = 2$  и  $q_{пож} = 20$  л/с.

$t_{пож} = 3$  часа - расчетная длительность пожара, ч.

$T_{пож}$  – время восстановления пожарного запаса, ч.

Принимается: в городских населенных пунктах - 24 ч., в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных производственных комплексах - 72 ч.

В проекте принять  $T_{пож}$  при производительности до 5000 м<sup>3</sup>/сут 72 часа, а при большей - 24 часа. Пополнение пожарного запаса иногда осуществляется и за счет форсирования работы очистной станции.

### 8.2.2 Реагентное хозяйство

Реагентное хозяйство представляет собой помещения и устройства для хранения, заготовки и дозирования реагентов, добавляемых к воде в процессе её обработки.

#### а) Дозы реагентов

Основные методы химической обработки и дозы реагентов (коагулянта и флокулянта полиакриламида) приводятся в табл.15 17 /1/.

Из применяющихся на станциях в качестве коагулянтов сернокислого глинозема, хлорного железа, сернокислого железа и др., в практике наибольшее распространение получил сернокислый глинозем, доза которого определяется по заданному содержанию взвешенных веществ (мутности) по табл. 16 /1/ и по цветности на основании формулы

$$D_k = 4\sqrt{Ц}, \text{ мг/л} \quad (4)$$

где Ц- цветность воды по заданию в градусах.

Выбирается большая из доз коагулянта, определенная по таблице или по формуле.

В проекте принимается обеззараживание газообразным хлором или хлорной известью (при производительности до 3000 м<sup>3</sup>/сут).

При отсутствии данных технологических изысканий для предварительных расчетов хлорного хозяйства необходимую дозу для обеззараживания воды следует принимать для поверхностных вод 2...3 мг/л по активному хлору (2 мг/л- на первичное хлорирование и 1 мг/л - на вторичное).

Определение доз флокулянта и расчет установок для приготовления и дозирования его проводится лишь по указанию руководителя проектированием.

Доза подщелачивающих реагентов (извести, соды) определяется по формуле

$$D_{\text{щ}} = E \left( \frac{D_{\text{к}}}{e} - \text{Щ} + 1 \right) \quad , \text{ мг/л} \quad (5)$$

где  $D_{\text{к}}$  – максимальная в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/л;

$e$  - эквивалентный вес коагулянта (безводного), мг/мг-экв, принимаемый для  $Al_2(SO_4)_3$  – 57;  $FeCl_3$  – 54;  $Fe_2(SO_4)_3$  – 67;

$E$  – эквивалент извести или соды, используемых для подщелачивания воды, мг/мг-экв, равный для извести ( $CaO$ ) 28, для соды ( $Na_2CO_3$ ) - 53 .

$\text{Щ}$  - минимальная заданная щелочность воды, мг- экв/л.

При получении в результате подсчета величины со знаком минус подщелачивания не требуется.

В результате введения коагулянта количество взвешенных веществ в воде, поступающей на очистные сооружения, превышает заданное и определяется по формуле

$$C = M + K D_{\text{к}} + 0,25 \text{Щ} + B \quad , \text{ мг/л} \quad (6)$$

где  $M$  - количество взвешенных веществ в исходной воде, мг/л;

$K$ - коэффициент, принимаемый для очищенного сернокислого глинозема - 0,55, для неочищенного - 1 , для хлорного железа - 0,8;

$D_k$ - доза коагулянта по безводному продукту, мг/л;

$C$  - цветность исходной воды, градусы;

$B$ - количество нерастворимых веществ, вводимых с известью, мг/л.

Щелочность коагулированной воды также изменяется и определяется по формуле

$$\text{Щ} = \text{Щ}_0 - \frac{D_k}{e} , \quad \text{мг/л} \quad (7)$$

где  $\text{Щ}_0$  – щёлочность воды до коагуляции, мг-экв/л;

$e$  – эквивалентный вес, мг/мг-экв для коагулянта (безводного).

После определения показателей качества воды, смешанной с реагентами, назначаются окончательно методы ее очистки и конструкции сооружений, а также места ввода реагентов.

#### б) Устройства для коагуляции воды

В практике проектирования и эксплуатации водопроводных очистных сооружений известны различные схемы организации реагентного хозяйства, которые зависят от производительности и от получения продукции с заводов – поставщиков.

При сухом хранении коагулянта (рис.1) в комплекс реагентного хозяйства помимо склада входят установки для приготовления и дозирования растворов. К ним относятся растворные расходные баки. Они могут быть совмещенной конструкции, когда в расходном баке помещается меньший по объему растворный бак, или в виде отдельных взаимосвязанных баков. Перемешивание растворов в баках производят обычно сжатым воздухом. Баки при емкости их до 1,5 м<sup>3</sup> устраиваются круглые, деревянные, из нержавеющей



стали, пластмассовые, при большей емкости - прямоугольные железобетонные.

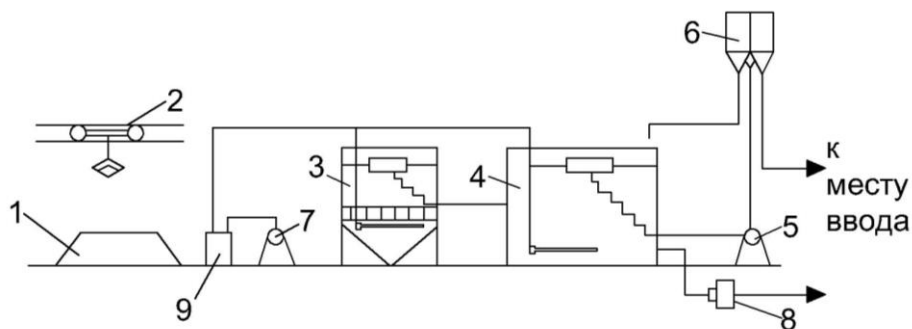


Рисунок 1 - Схема реagentного хозяйства при сухом хранении коагулянта:  
 1 – склад коагулянта; 2 – кран-балка с тельфером; 3 - растворный бак;  
 4 - расходный бак; 5 - насос; 6 - дозатор типа ДИМБА; 7 – воздуходувка;  
 8 – насос-дозатор; 9 – ресивер.

Расчетная емкость растворного бака

$$W_P = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot B_P \cdot \gamma} \quad , \text{ м}^3 \quad (8)$$

где  $q$  – расчетный расход обрабатываемой воды,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;

$n$  - число часов, затрачиваемых на полный цикл приготовления раствора коагулянта. При производительности до  $10000 \text{ м}^3/\text{сут}$  - 12...24 часа, при большей производительности - 10...12 часов.

$D_k$  - максимальная расчетная доза коагулянта в пересчете на безводный продукт,  $\text{мг/л}$ ;

$B_P$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке в процентах, принимается в пределах 10...17% по безводному продукту (чаще - 10%)

$\gamma$  – плотность раствора, в расчетах принимается равной  $1 \text{ т/м}^3$ .

Емкость каждого бака составляет

$$W'_P = \frac{W_P}{n} \quad , \text{ м}^3 \quad (9)$$

где  $n$  - принятое количество баков (не меньше двух).

Задаваясь рабочей высотой (над колосниковой решеткой) слоя раствора (0,6...2,5 м), определяется площадь бака

$$f = \frac{W_P}{h} \quad , \text{ м}^2 \quad (10)$$

где  $h$  – высота слоя, м.

Принимая квадратную в плане форму бака, определяют размеры его сторон

$$a = b = \sqrt{f} \quad , \text{ м} \quad (11)$$

Строительная высота бака над колосниковой решеткой принимается с учетом надводного запаса

$$h_1 = h + 0,3 \quad , \text{ м} \quad (12)$$

Днища растворных баков коагулянта должны иметь пирамидальную форму с углом наклона 45...50 к горизонтали. Сброс осадка из них производится по трубопроводам диаметром не менее 150 мм.

Ёмкость расходного бака находят, используя соотношение

$$W = \frac{W_P \cdot b_P}{b} \quad , \text{ м}^3 \quad (13)$$

где  $b$  - концентрация рабочего раствора коагулянта в расходном баке, принимается в пределах 4... 10% по безводному продукту (чаще 5%).

Принимаются не менее двух расходных баков, и определяется объем, строительная высота и габариты баков также, как и для растворных баков.

Днища расходных баков должны иметь уклон не менее 0,05 к сбросному трубопроводу (диаметром не менее 100 мм). Трубопровод, отводящий готовый раствор из расходных баков, должен располагаться выше дна на 100...200 мм. Широко применяется растворение коагулянта и непосредственно в рас-

ходных баках, оборудованных для этого колосниковой решеткой и системой для перемешивания раствора сжатым воздухом.

Для дозирования раствора коагулянта могут применяться автоматические пропорциональные дозаторы. На станциях малой производительности часто используются простейшие поплавковые дозаторы системы Хованского, конструкция которых приводится в учебной литературе. Раствор коагулянта обычно вводится в трубопровод перед смесителем или в начало смесителя.

При сухом хранении коагулянта склад устраивается на первом этаже рядом с растворными баками. Сернистый алюминий хранится навалом высотой слоя до 2 или 3,5 м (большая величина при наличии механизации), хлорное железо и железный купорос – в таре завода – изготовителя в два яруса высотой до 2,5 м.

Площадь склада при хранении навалом определяется по уравнению:

$$F = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_k \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P \cdot \gamma \cdot h_K} \quad , \text{ м}^2 \quad (14)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/сут;

$D_k$  - доза коагулянта, г/м<sup>3</sup> (мг/л);

$T$  - продолжительность хранения коагулянта на складе, сутки. Для больших и средних станций принимается не менее 30 суток;

$\alpha$  - коэффициент для учета площади проходов на складе- 1,15;

$P$  - содержание безводного продукта в коагулянте, % .Для расчета можно принять 33,5%;

$\gamma$  - объемный вес коагулянта при загрузке склада навалом т/м<sup>3</sup>. Принимается - 1,1;

$h_K$  – допустимая высота слоя коагулянта на складе, м. Принимается до 2,0 м.

Расчет варианта мокрого хранения выполняется по указанию руководителя проекта.

### в) Устройства для хлорирования воды

Как отмечено выше, в проекте принимается обеззараживание воды двойным хлорированием (перед и после очистных сооружений). Хлор вводится или в виде газа (жидкий хлор) или с веществами, содержащими активный хлор - хлорной известью, гипохлоритом натрия. Контакт воды с хлором до поступления ее к потребителю должен быть не менее 30 минут, а концентрация остаточного свободного хлора в воде, забираемой из резервуара чистой воды (РЧВ) в пределах 0,3...0,5 мг/л.

Расходы хлора на первичное и вторичное хлорирование определяются по формуле

$$Q'_{\text{хл}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D'_{\text{хл}}}{1000}, \text{ кг/сут} \quad (15)$$

$$q'_{\text{хл}} = \frac{Q'_{\text{хл}}}{24}, \text{ кг/ч} \quad (16)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – полная суточная производительность станции, м<sup>3</sup>/сут;

$D'_{\text{хл}}$  и  $D''_{\text{хл}}$  – первичное и вторичное хлорирование, мг/л (гр/м<sup>3</sup>). Определяется также общий расход хлора. Дозирование раствора хлора следует производить отдельно на каждое место ввода, поэтому предпочитают производить дозирование отдельными группами дозирующих аппаратов (хлораторов), в которых готовится хлорная вода, смешиваемая затем со всей массой поступающей воды. Большое распространение получили вакуумные хлораторы, исключаящие утечки хлора в помещение, в частности, ЛОНИИ-100. В зависимости от установленных сменных деталей, эти дозаторы имеют производительность: 0,2...1,0; 1,0...5,0 и 2,0...10 кг/ч. Дозаторы подбираются на максимальный и минимальный расход хлора на станции, а в курсовом проекте (при отсутствии в задании минимального расхода), на максимальный.

Количество аппаратов на первичное и вторичное хлорирование определяется по формуле

$$n' = \frac{q'_{\text{хл}}}{q} \text{ , шт} \quad \text{и} \quad n'' = \frac{q''_{\text{хл}}}{q} \text{ , шт} \quad (17)$$

где  $q$  – принятая производительность одного аппарата.

При двух рабочих хлораторах проектируется один резервный (желательно на каждую группу), а свыше двух - два резервных хлоратора.

На каждую группу хлораторов устанавливаются не менее одного промежуточного баллона, к которому присоединяются расходные, баллоны с хлором. Промежуточные баллоны нужны для задержания загрязнений из хлора и испарения капель жидкого хлора вынесенных газом из расходных баллонов.

Хлор поступает на станцию в стальных баллонах, вмещающих от 25...70 кг газа в сжиженном состоянии под давлением 6...8 атм., или в стальных бочках емкостью 100...5000 кг. Съём газообразного хлора, без искусственного подогрева при температуре помещения 16°C, надлежит принимать с одного баллона 0,5...0,7 кг/ч, с одной бочки - 3 кг/ч с 1 м<sup>2</sup> поверхности бочки. При подогреве съём хлора с одного баллона увеличивается до 3 кг. Следовательно, одновременно к каждой группе хлораторов должно быть подключено

$$n'_{\text{бал}} = \frac{q'_{\text{хл}}}{S} \text{ , баллонов} \quad (18)$$

$$n''_{\text{бал}} = \frac{q''_{\text{хл}}}{S} \text{ , баллонов} \quad (19)$$

где  $q'_{\text{хл}}$  и  $q''_{\text{хл}}$  – часовой расход хлора на первичное и вторичное хлорирование, кг/ч;

$S$  - съём хлора с одного баллона (можно принять 0,5 кг/ч) .

А всего одновременно подключаются

$$n_{\text{бал}} = n'_{\text{бал}} + n''_{\text{бал}} \quad (20)$$

Суточный расход баллонов равен

$$n = \frac{Q_{\text{хл}}}{g_{\text{бал}}}, \text{ ШТ} \quad (21)$$

где  $Q_{\text{хл}}$  – суточный расход хлора всей станцией, кг/сут;

$g_{\text{бал}}$  – вес хлора в одном баллоне (можно принять 50 кг).

Трехсуточный запас хлора при хлораторной составляет:

$$n_{\text{бал}} = n \cdot 3, \text{ балл} \quad (22)$$

Основной запас хлора хранится на расходном складе, рассчитываемом на месячную потребность:

$$n_{\text{бал}} = n \cdot 30, \text{ балл} \quad (23)$$

Обеззараживание хлорной известью рекомендуется для станции небольшой производительности (до 3000 м<sup>3</sup>/сут) и как резерв. Установки для хлорирования воды хлорной известью состоят из затворного бака и расположенных под ним двух растворных рабочих баков и дозирочного устройства. Деревянные небольшие баки изготавливаются круглыми в плане, а железобетонные - прямоугольными. Внутреннюю часть баков покрывают цементным раствором, арматуру и трубы устанавливают из некорродирующих материалов.

Объем растворных баков определяется по формуле

$$W_{\text{р}} = \frac{q \cdot t \cdot D_{\text{х}}}{100 \cdot b_{\text{х.н.}} \cdot C \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (24)$$

где  $q$  – часовой расход воды, м<sup>3</sup>/час;

$t$  – время, на которое заготавливается раствор (12...24 часа);

$D_{\text{х}}$  – доза активного хлора, мг/л (г/м<sup>3</sup>);

$b_{\text{х.н.}}$  – концентрация рабочего раствора (1...2%);

$C$  – содержание активного хлора в хлорной извести (25...30%);

$\gamma$  – объемный вес раствора хлорной, извести, принимается равным 1 т/м<sup>3</sup>.

Задаваясь полезной высотой расходного бака, определяют его площадь и размеры в плане. Полная высота увеличивается на высоту слоя осадка (0,2...0,35 м) и строительного запаса (0,2 м).

Полезная емкость затворного бака должна составлять около 10% емкости расходного бака, но не менее 25 л

$$W_3 = 0,1 \cdot W_p, \text{ м}^3 \quad (25)$$

Задаваясь полезной высотой затворного бака, также определяют его площадь и диаметр, и полную высоту с учетом слоя осадка и строительного запаса.

### **8.2.3 Смешение воды с реагентами**

Смеситель является первым элементом очистных сооружений, через которые проходит вся обрабатываемая вода. Сюда же подаются в определенной последовательности растворы реагентов, которые должны быстро и равномерно (за счет турбулентного движения потока) распределиться в обрабатываемой воде в течение 1...2 минут.

Смесительные устройства по принципу их действия разделяются на гидравлические (получившие у нас наибольшее применение) и механические. В проекте рекомендуются к применению открытые гидравлические смесители: вихревые, дырчатые, перегородчатые, коридорные. По рекомендациям СНиПа /1/ их должно быть не менее двух с временем пребывания воды в них не более двух минут.

Выбор типа смесителя обосновывается конструктивными соображениями и компоновкой технических сооружений станции с учетом ее производительности и метода обработки воды.

Вместо резервных смесителей обычно ограничиваются устройством обводных линий. Смесители открытого типа оборудуют переливами, а также трубопроводами для выпуска воды и осадка в водосток.

***a) Перегородчатый смеситель с разделением потока***

Этот тип смесителя применяется на станциях небольшой производительности (до 15...20 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Он представляет собой лоток, имеющий три поперечных перегородки (рис.2). В первой и третьей проходы располагаются в центре, а в средней - два боковых прохода у стенок лотка. Для устранения засасывания воздуха в воду верхние кромки проходов должны быть затопленными на 0,15...0,1 м.

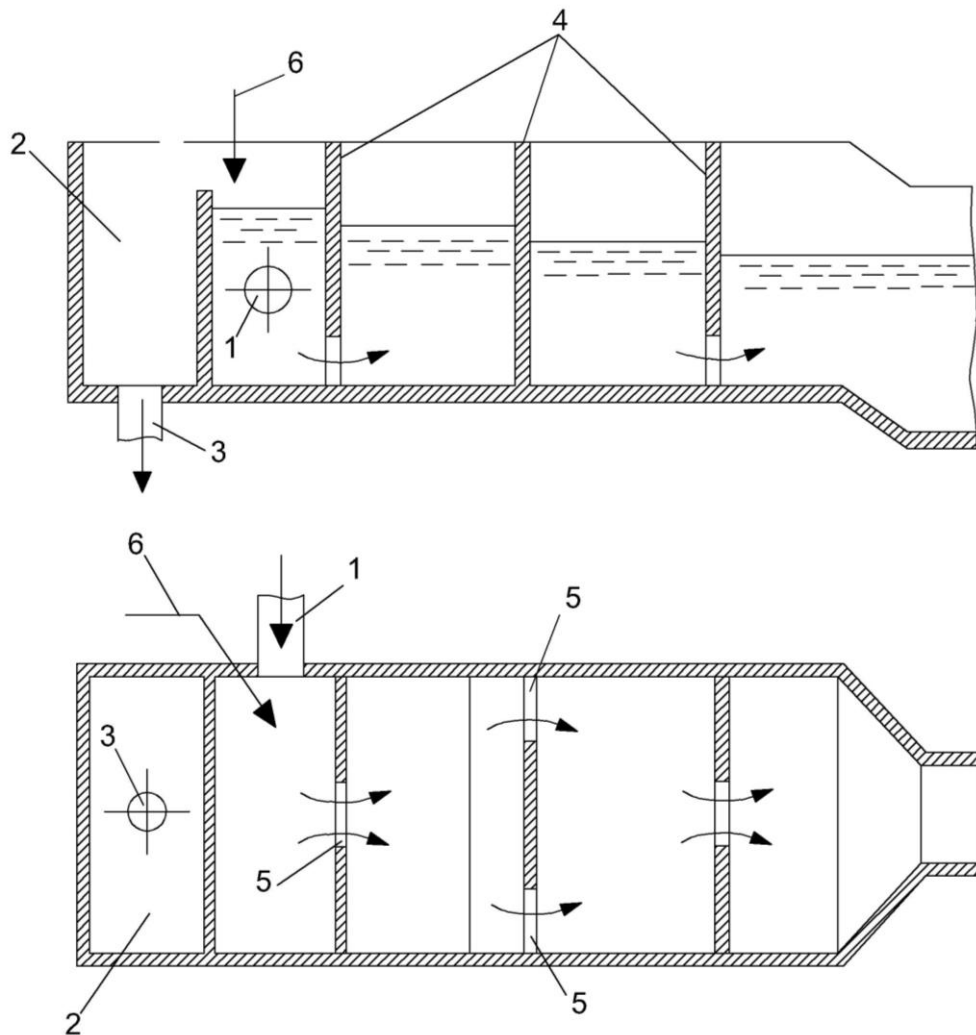


Рисунок 2 - Перегородчатый смеситель с разделением потока:

- 1 – трубопровод подачи воды на смеситель; 2 – переливная камера;  
 3 - переливной трубопровод; 4 – перегородки; 5 – проходы для воды в перегородках; 6 – трубопровод для реагента.

Поперечное сечение лотка

$$F_{\text{л}} = \frac{q}{v_{\text{л}}} \quad , \text{ м}^2 \quad (26)$$



где  $q$  – расход воды на один смеситель  $\text{м}^3/\text{с}$

$v_{\text{л}}$  – скорость движения воды в лотке - 0,6 м/с.

Ширина лотка

$$b_{\text{л}} = \frac{F_{\text{л}}}{H} \quad , \text{ м} \quad (27)$$

где  $H$  – высота слоя воды в конце лотка, за последней перегородкой (не менее 0,4...0,5 м).

Потеря напора в каждом окне перегородки

$$h_c = \frac{v_c^2}{\mu^2 \cdot 2g} \quad , \text{ м} \quad (28)$$

где  $v_c$  – скорость потока в сужении (принимается 1,0 м/с);

$\mu$  – коэффициент расхода (принимается равным 0,62);

$g$  – ускорение.

Общая потеря напора в сужениях трех перегородок составляет

$$\sum h_c = 3 \cdot h_c \quad , \text{ м} \quad (29)$$

В центральной перегородке имеется два боковых сужения, площадь каждого из которых определяется

$$f_{\text{с.ц.}} = 0,5 \cdot \frac{q}{v_c} \quad , \text{ м}^2 \quad (30)$$

где  $q$  – расход воды на один смеситель,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Высота слоя воды за центральной (второй) перегородкой

$$h_2 = H + h_c \quad , \text{ м} \quad (31)$$

Глубина затопления проходов (высота от их верха до уровня воды) принимается не менее  $h_3 = 0,1 \dots 0,15$  м. Тогда высота в свету каждого из двух боковых проходов в центральной перегородке

$$h_{\Pi_2} = h_2 - h_3 \quad , \text{ м} \quad (32)$$

Необходимая ширина каждого суженного бокового прохода

$$b_{\Pi} = \frac{f_{\text{с.ц.}}}{h_{\Pi_2}} \quad , \text{ м} \quad (33)$$

В первой и третьей перегородках устраивается по одному центральному суженному проходу. Площадь одного прохода

$$f_{1,3} = \frac{q}{v_c} \quad , \text{ м}^2 \quad (34)$$

Высота слоя воды ниже третьей перегородки  $h_3 = H$ , тогда высота в свету суженного прохода составит

$$h_{\Pi_3} = H - h_3 \quad , \text{ м} \quad (35)$$

Ширина центрального прохода в третьей перегородке

Высота слоя ниже первой перегородки

$$b_3 = \frac{f_{1,3}}{h_{\Pi_3}} \quad , \text{ м} \quad (36)$$

Высота в свету суженного прохода

$$h_{\Pi_1} = h_1 - h_3 \quad , \text{ м} \quad (37)$$

Ширина прохода в первой перегородке

$$b_1 = \frac{f_{1,3}}{h_{\Pi_1}} \quad , \text{ м} \quad (38)$$

Расстояние между перегородками принимают равным двойной ширине лотка

$$l = 2 \cdot b_{\text{л}} \text{ , м} \quad (39)$$

С учетом длины переливной камеры (вначале смесителя) и лотка за последней перегородкой (которые могут быть приняты равными ширине лотка) общая длина смесителя составит

$$L_{\text{см}} = l_{\text{пер}} + 2l + l_{\text{кан}} \text{ , м} \quad (40)$$

### ***б) Вихревой (вертикальный) смеситель***

Этот тип смесителей получил наиболее широкое распространение на станциях любой производительности. Вертикальные смесители компактны, удобны в эксплуатации и обеспечивают хороший эффект смешения. Нагрузка воды на один смеситель рекомендуется не более 1200...1500 м<sup>3</sup>/ч.

Вертикальный вихревой смеситель представляет собой круглый, квадратный или прямоугольный (в плане) резервуар с конической или пирамидальной нижней частью (рис. 3). Центральный угол между наклонными стенками должен составлять 30...45°. В открытых смесителях предусматриваются переливные трубы, а также трубы для опорожнения и выпуска в водосток.

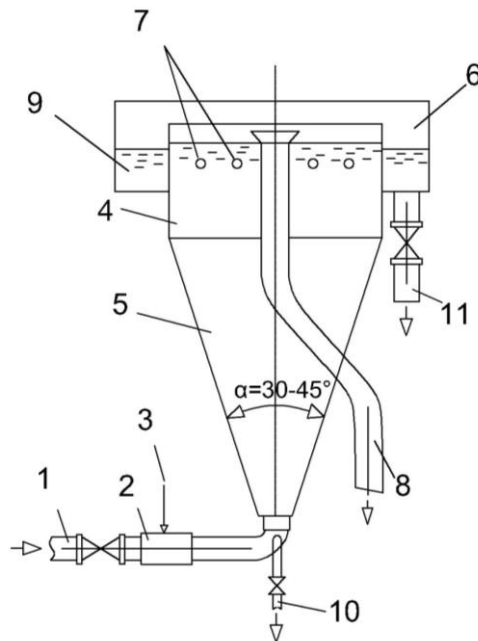


Рисунок 3 - Вертикальный (вихревой) смеситель:

1 – трубопровод подачи воды на смеситель; 2 – устройство ввода реагента;  
 3 – трубопровод ввода реагента; 4 – цилиндрическая или квадратная часть  
 смесителя; 5 – конусная или пирамидальная часть смесителя; 6 – сборный карман; 7 –  
 затопленные отверстия; 8 – переливной трубопровод; 9 – сборный лоток; 10 – трубо-  
 провод опорожнения; 11 – трубопровод отвода воды.

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя опреде-  
 ляется по формуле

$$F_g = \frac{Q}{v_g} \quad , \text{ м}^2 \quad (41)$$

где Q- часовой расход на один смеситель, м<sup>3</sup>/ч;

$v_g$  – скорость восходящего потока в цилиндрической части смесителя  
 (принимается 25 мм/с или 90 м/ч).

Если принять верхнюю часть смесителя квадратной в плане, то сторона  
 ее будет иметь размер  $b_g = \sqrt{F_g}$ , м.

Внутренний диаметр трубопровода, подводящего обрабатываемую воду  
 в нижнюю часть смесителя, определяется по скорости 1,0...1,5 м/с. При под-  
 ходе подводящего трубопровода снизу к днищу смесителя, размер в плане  
 днища должен быть не менее наружного диаметра трубопровода (т.е. каждая  
 сторона равна ему). При этом площадь нижней части усеченной пирамиды

$$F_H = \frac{\pi \cdot d_{\text{нар}}^2}{4} \quad , \text{м}^2 \quad (42)$$

где  $d_{\text{нар}}$  – наружный диаметр трубы, м.

При величине центрального угла  $\alpha = 30 \dots 45^\circ$ , высота нижней (пирамидальной) части смесителя равна

$$h_H = 0,5 \cdot (b_B - b_H) \cdot \text{ctg } \alpha/2 \quad , \text{м} \quad (43)$$

Объем пирамидальной части смесителя

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot h_H \cdot (F_B + F_H + \sqrt{F_B + F_H}) \quad , \text{м}^3 \quad (44)$$

Полный объем смесителя

$$W = \frac{Q \cdot t}{60} \quad , \text{м}^3 \quad (45)$$

Где  $Q$  – производительность,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t$  – продолжительность смешения реагента с водой (1,5...2 мин).

Объем верхней части

$$W_B = W - W_H \quad , \text{м}^3 \quad (46)$$

Высота верхней части смесителя

$$h_B = \frac{W_B}{F_B} \quad , \text{м} \quad (47)$$

Полная высота смесителя

$$h_C = h_H + h_B \quad , \text{м} \quad (48)$$

Сбор воды может производиться периферийным лотком через затопленные отверстия или затопленными дырчатыми трубами. При сборе лотками,

протекающая по лоткам в направлении бокового кармана, вода разделяется на два параллельных потока. Поэтому расчетный расход каждого лотка будет

$$Q_{\text{л}} = Q/2, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (49)$$

где  $Q$ - расход на один смеситель,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Площадь живого сечения сборного лотка в его конце (в месте примыкания к боковому карману)

$$\omega_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{л}}}{3600 \cdot v_{\text{л}}}, \text{ м}^2 \quad (50)$$

где  $v_{\text{л}}$  — скорость потока в конце лотка (рекомендуется -  $0,6\text{ м/с}$ ).

Задаваясь шириной, определяется расчетная высота слоя воды в лотке

$$h_{\text{л}} = \frac{\omega_{\text{л}}}{b_{\text{л}}}, \text{ м} \quad (51)$$

Ширина  $b_{\text{л}}$  принимается  $\sim 2/3$  высоты.

Уклон дна лотка принимается  $i = 0,02$ .

Площадь всех затопленных отверстий в стенках сборного лотка составляет

$$F_0 = \frac{Q}{3600 \cdot v_0}, \text{ м}^2 \quad (52)$$

$Q$  — расход на один смеситель,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$v_0$  — скорость движения воды через отверстия лотка, равная  $1 \text{ м/с}$ .

Общее потребное количество отверстий

$$n_0 = \frac{F_0}{f_0}, \text{ шт} \quad (53)$$

где  $f_0$  — площадь одного отверстия ( $d = 30 \dots 100 \text{ мм}$ ),  $\text{м}^2$ .

Эти отверстия размещаются по боковой поверхности лотка на глубине  $h = 100 \dots 120 \text{ мм}$  от уровня воды в лотке до оси отверстия.

При лотке, расположенном внутри смесителя, внутренний периметр лотка равен

$$p_{\text{л}} = 4[b_{\text{в}} - 2(b_{\text{л}} - \delta)], \text{ м} \quad (54)$$

где  $\delta$  – толщина стенки железобетонного лотка - 0,06 м.

Шаг оси отверстий (не более 0,4...0,5 м)

$$l_0 = \frac{p_{\text{л}}}{n_0}, \text{ м} \quad (55)$$

Расстояние между отверстиями

$$l'_0 = l_0 - d_0, \text{ м} \quad (56)$$

Из сборного лотка вода поступает в боковой карман, размеры которого принимаются конструктивно с тем, чтобы к нижней части его присоединить отводящую трубу. Диаметр этой стальной трубы подбирается по скорости 0,8...1 м/с.

#### **8.2.4 Камеры хлопьеобразования**

Они предназначены для протекания физико-химических процессов, обуславливающих образование крупных, прочных, быстрооседающих хлопьев гидроокиси алюминия или железа с извлекаемыми из воды примесями. Поэтому, камеры рекомендуется устраивать примыкающими или встроенными в отстойники. В камерах скорость движения воды в отводящих трубопроводах или каналах должна быть не более 0,3 м/с. Рекомендуются камеры с гидравлическим перемешиванием, пребывание в которых обрабатываемой воды колеблется от 6...30 мин. У нас широко распространены камеры водоворотного типа (в вертикальных отстойниках), перегородчатые с горизонтальным или вертикальным движением воды, вертикальные (вихревые), камеры зашламленного типа и др.

### *а) Перегородчатые камеры хлопьеобразования*

Эти камеры представляют собой железобетонные, прямоугольные в плане, резервуары с железобетонными или деревянными перегородками и применяются с горизонтальными отстойниками. Время пребывания воды в них: 20 мин для мутных и 30 мин - для цветных вод. Дно перегородчатых камер хлопьеобразования делают с уклоном ( $L=0,02...0,03$ ) для выпуска осадка. Перегородчатые камеры с горизонтальной циркуляцией воды могут иметь одинаковую ширину коридоров или увеличивающуюся ширину каждого следующего коридора для постепенного уменьшения скорости потока.

Объем камеры

$$W = \frac{Q \cdot t}{60} \quad , \text{м}^3 \quad (57)$$

где  $Q$  – расчетный расход очистных сооружений,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Площадь камеры в плане

$$F = \frac{W}{H} \quad , \text{м}^2 \quad (58)$$

где  $H$  - высота камеры (рекомендуется 2...3 м).

Ширина коридора составит

$$b = \frac{Q}{3600 \cdot v \cdot H} \quad , \text{м} \quad (59)$$

где  $v$  – скорость движения воды (0,2 м/с) в коридорах (или в первом коридоре при разной ширине их).

Учитывая, что камера хлопьеобразования примыкает к торцевой части горизонтальных отстойников: ее длину желательно принять, равной общей строительной ширине отстойника, включая и толщины стенок внутренних перегородок отстойников ( $\delta = 0,15...0,18$  м).

Число коридоров составляет



$$n = \frac{L}{b + \delta} \quad , \text{шт} \quad (60)$$

Количество поворотов потока (рекомендуется 8... 10) будет на единицу меньше числа коридоров:

$$m = n - 1 \quad (61)$$

Ширина камеры хлопьеобразования в плане, т.е. длина каждого коридора камеры

$$B = \frac{F}{L} \quad , \text{м} \quad (62)$$

Потеря напора в камере

$$h_k = 0,15 \cdot v^2 \cdot m \quad , \text{м} \quad (63)$$

где  $v$  – скорость движения воды в камере;

$m$  – число поворотов.

В камерах с переменной шириной коридоров скорость в последнем коридоре рекомендуется 0,1...0,05 м/сек, т.е. скорость в каждом последующем коридоре будет меньше на 0,02 м/сек. Подставляя в формулу определения ширины коридора скорость в данном коридоре, можно определить ширину каждого коридора.

#### ***б) Вихревые (вертикальные) камеры хлопьеобразования***

Вихревая камера хлопьеобразования конструктивно напоминает вертикальный смеситель, но с меньшей скоростью восходящего потока, что способствует перемешиванию, но менее интенсивному, чем в смесителе, а также созреванию и укрупнению хлопьев (рис. 4).

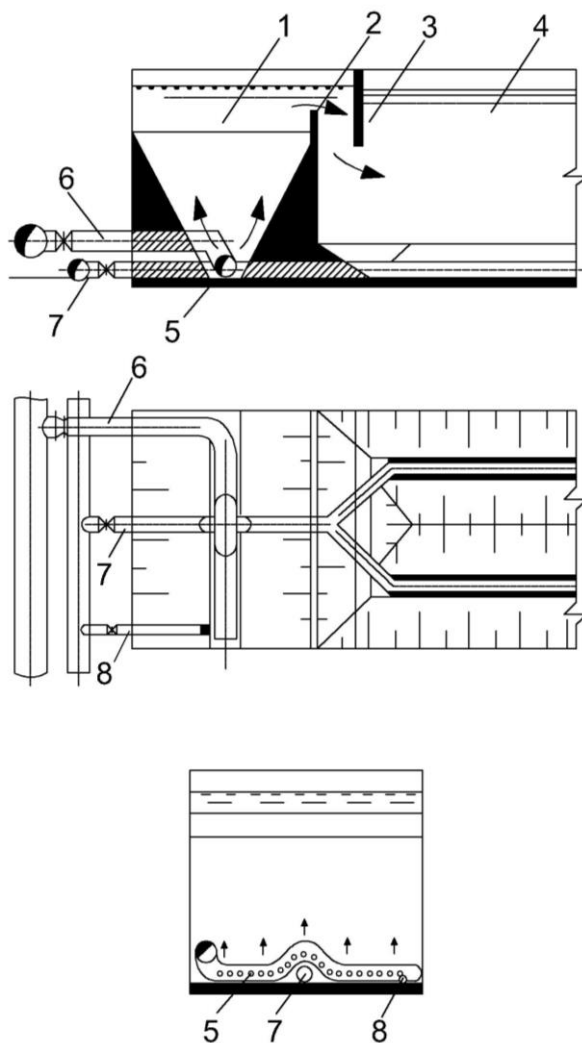


Рисунок 4 - Вихревая камера хлопьеобразования:

1 – камера хлопьеобразования; 2 – водослив; 3 – полупогружная перегородка; 4 - горизонтальный отстойник; 5– распределительный трубопровод; 6 – подача воды в камеру; 7 – удаление осадка из отстойника; 8 – опорожнение камеры.

Эти камеры часто делают встроенными в горизонтальный отстойник.

Объем камеры

$$W = \frac{Q \cdot t}{60} \quad , \text{м}^3 \quad (64)$$

Где  $Q$ - расход воды на одну камеру, м<sup>3</sup>/ч;

$t$  – время пребывания воды в камере в минутах (6...10 мин).

Площадь верхней прямоугольной части камеры

$$F = \frac{Q}{v_B} \quad , \text{м}^2 \quad (65)$$

где  $v_B$  – скорость восходящего потока воды на выходе из камеры, м/ч (рекомендуется 4...5 мм/с или 15...18 м/ч).

Длина одной стороны камеры принимается равной ширине горизонтальных отстойников, обслуживаемых одной камерой хлопьеобразования (с учетом толщины перегородок между секциями отстойников - 0,15 м). Поэтому, расчет камер хлопьеобразования проводится после расчета отстойников.

Ширина камеры по верху

$$B = \frac{F}{L} \quad , \text{ м} \quad (66)$$

где  $L$  – длина камеры (в чистоте), м.

Диаметр трубопровода, подводящего воду в камеру хлопьеобразования определяется по скорости около 0,7 м/с.

От подводящего трубопровода (перпендикулярно к нему) по дну камеры укладываются один или два распределительных трубопровода (или каналы) с отверстиями, или щелевыми прорезями, направленными горизонтально, или вниз под углом 45° к оси труб.

Диаметр распределительных труб или каналов определяется по расходу на каждую трубу (поток разделяется в две стороны от подводящей трубы) и по скорости 0,5...0,6 м/с. Площадь отверстий в стенках труб и каналов принимается, равной 30...40% площади сечения распределительной трубы, а диаметр отверстий не менее 25 мм. По принятому диаметру отверстий определяется площадь каждого отверстия, количество их и шаг отверстий.

Ширина камеры по дну принимается 0,6...0,8 м. Высота конической части

$$h_k = \frac{B - b}{2 \operatorname{tg} \beta / 2} \quad , \text{ м} \quad (67)$$

Где  $B$  и  $b$ - ширина камеры по верху и дну;

$\beta$  – угол конусности (между стенками камеры) в зависимости от высоты камеры принимается равным 50...70° Объем конической части камеры равен

$$W_k = \frac{(B + b) \cdot h_k \cdot L}{2} \quad , \text{м}^3 \quad (68)$$

где  $L$  – длина камеры, м.

Объем верхней части камеры с вертикальными стенками

$$W_B = W - W_k \quad , \text{м}^3 \quad (69)$$

Высота вертикальных стенок камеры (до уровня сборных отверстий в сборных желобах)

$$h_B = \frac{W_B}{F} \quad , \text{м} \quad (70)$$

Где  $F$ - площадь камеры вверху,  $\text{м}^2$ .

Общая высота камеры

$$h = h_k + h_B \quad , \text{м} \quad (71)$$

Вода, прошедшая камеру хлопьеобразования, собирается в поперечных желобах, которые подают воду в общий сборный желоб, расположенный вдоль торцевой стенки отстойников и перепускается в отстойники.

Задаваясь расстоянием между осями желобов (2,0... 2,5 м), определяется их число (от оси крайних желобов до торцевых стенок камеры расстояние вдвое меньше).

Площадь поперечного сечения желоба составит

$$f_{\text{ж}} = \frac{q}{n \cdot v_{\text{ж}}} \quad (72)$$

где  $q$  –расход на один смеситель, л/с;

$n$  –число желобов;

$v_{\text{ж}}$  – скорость в желобе (0,1 м/с для мутных вод и 0,05 м/с для цветных).  
Задав ширину желоба, определяют его глубину.

$$h_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{ж}}}{b_{\text{ж}}}, \text{ м} \quad (73)$$

### 8.2.5 Сооружения для осаждения взвеси

Эти сооружения предназначены для выделения из воды основной массы хлопьев коагулянта с элементами загрязнения, которые оседают в этих сооружениях под действием силы тяжести.

Для этой цели широкое распространение получили горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники, осветлители со взвешенным осадком, гидроциклоны.

#### *а) Вертикальные отстойники*

Рекомендуются при малой производительности (до 5000 м<sup>3</sup>/сут), содержании взвеси до 1500 мг/л и любой цветности. Эти отстойники представляют собой круглые или квадратные в плане железобетонные резервуары с коническим или пирамидальным днищем (рис. 5). В центре отстойника помещается труба, используемая в качестве водоворотной камеры хлопьеобразования и воздухоотделителя. Таким образом, площадь отстойника состоит из площади камеры хлопьеобразования и площади зоны осаждения. На станциях проектируются не менее двух расчетных отстойников. При количестве отстойников менее шести следует предусматривать один резервный. Для вертикальных отстойников соотношение диаметра к рабочей высоте должно быть не больше 1,5 ( $D/H \leq 1,5$ ).

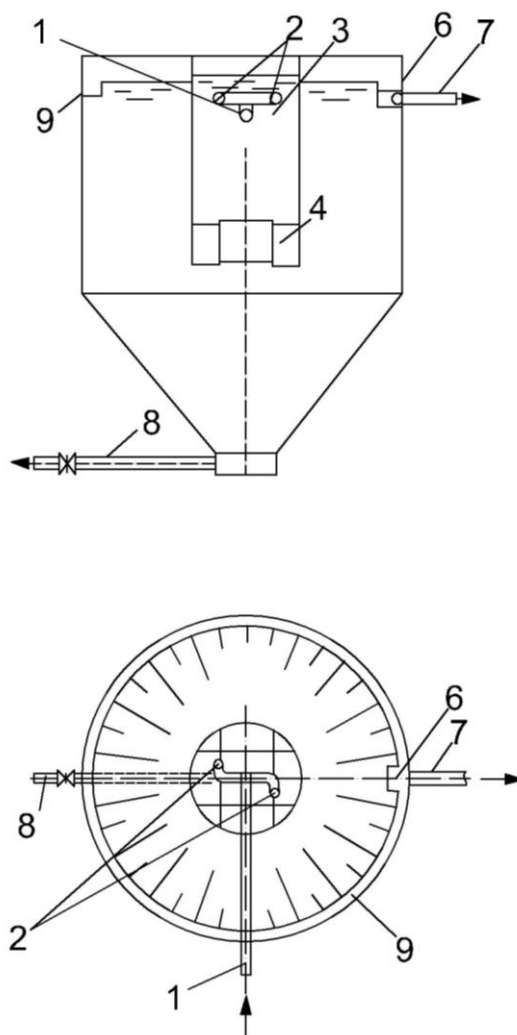


Рисунок 5 - Вертикальный отстойник с водоворотной камерой хлопьеобразования:

1 – подача воды; 2 – распределительные сопла; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – решетка-гаситель; 5 – вертикальный отстойник; 6 – сборный карман; 7 – отвод осветленной воды; 8 – удаление осадка; 9 – сборный кольцевой желоб.

Площадь зоны осаждения одного отстойника

$$F = \beta \frac{q}{3.6 \cdot v_p \cdot N} , \text{ м}^2 \quad (74)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного использования отстойника (1,3...1,5);  
принимается 1,3 при соотношении  $D/H=1,0$  и 1,5 при  $D/H=1,5$ ,

$D$  – диаметр отстойника, м;

$H$  – высота цилиндрической части отстойника или рабочая высота, принимается в зависимости от высотной схемы 4...5 м;

$q$  – расчетный расход станции,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$v_p$  – расчетная скорость восходящего потока, принимается по табл. 18 /1/, не более указанной скорости выпадения взвеси, мм/с;

$N$  – расчетное число отстойников на станции.

Площадь камеры хлопьеобразования составит

$$f = \frac{q \cdot t}{60 \cdot h \cdot N} \quad , \text{ м}^2 ; \quad h = 0,9 \cdot H \quad , \text{ м} \quad (75)$$

где  $t$ - время пребывания воды в камере хлопьеобразования (20 мин);

$h$ - высота камеры хлопьеобразования, м;

Общая площадь одного отстойника

$$F_0 = F + f \quad , \text{ м}^2 \quad (76)$$

Диаметр отстойника

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_0}{\pi}} \quad , \text{ м} \quad (77)$$

Проверяется соотношение  $D/H$ . Если оно не соответствует принятому при назначении коэффициента  $\beta$  (ф-ла 70), то уточняется расчетом, чтобы соответствовало.

Внутренний диаметр камеры хлопьеобразования

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}} \quad , \text{ м} \quad (78)$$

Диаметр трубы  $d_{тр}$ , подводящей воду к каждой камере (от смесителя) и к каждому соплу определяется по скорости 0,8...1,0 м/с.

В камеру вода выпускается через трубу, снабженную с двух сторон соплами-насадками. Сопла размещаются на расстоянии  $0,2 d_k$  от стенки камеры и на глубине  $0,5 \text{ м}$  от поверхности воды.

Диаметр сопла определяется по скорости выхода воды из него ( $v_c=2...3 \text{ м/с}$ ).

$$d_c = \sqrt{2q_c / \pi v_c \mu}, \text{ м} \quad (79)$$

где  $q_c$  – секундный расход воды, поступающей в камеру хлопьеобразования,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\mu$  – коэффициент расхода для конически сходящегося насадка с углом конусности  $25^\circ$ ,  $\mu = 0,908$ . Принимаем ближайший стандартный диаметр и проверяем скорость выхода из сопла.

Потери напора для сопла составят

$$h = 0.06 \cdot v_c^2, \text{ м} \quad (80)$$

где  $v_c$  – скорость потока на выходе из сопла.

В нижней части камеры хлопьеобразования размещается гаситель вращательного потока в виде решетки (0,5х0,5м) из досок высотой около 0,8 м поставленных на ребро.

Высота конической части отстойника

$$h_k = \frac{(D - d)}{2 \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)}, \text{ м} \quad (81)$$

$d$  – диаметр дна конусной части, который принимается по наружному диаметру трубы отводящей осадок (150... 200 мм);

$\alpha$  – угол наклона стенок конуса к горизонтали ( $50...60^\circ$ ).

Объем осадочной конической части

$$W_{\text{ос}} = \frac{\pi \cdot h_k}{3} \cdot \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^2 + \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{2} \right], \text{ м}^3 \quad (82)$$

Период работы отстойника между сбросами осадка должен быть не менее 6 часов и составит

$$T = \frac{W_{\text{ос}} \cdot N \cdot \delta}{q(C - m)}, \text{ час} \quad (83)$$



где  $\delta$  – средняя концентрация твердой фазы в осадке, г/м<sup>3</sup>. Принимаем по табл. 19/1/;

$q$  – полная производительность станции, м<sup>3</sup>/ч;

$C$  – концентрация взвешенных веществ в воде, г/м<sup>3</sup> (мг/л), поступающей в отстойник и определяемая по формуле (5) .

$m$  – количество взвеси в воде, выходящей из отстойника (12-15 г/м<sup>3</sup>)

Сброс осадка производится без выключения отстойника из работы.

Расход воды при сбросе осадка из отстойника в процентах от расчетного расхода воды, поступающей на станцию

$$p_{\text{ос.}} = \frac{K_p \cdot W_{\text{ос}} \cdot N}{q \cdot T} \cdot 100\% \quad (84)$$

где  $K_p$  – коэффициент разбавления осадка (1,2...1,5).

Для сбора отстоянной воды устраиваются периферийные кольцевые желоба с затопленными отверстиями. При площади отстойника от 12...30 м<sup>2</sup> дополнительно устраивают 4 радиальных желоба, а при большей площади – 6...8 радиальных желобов.

Площадь кольцевого желоба составит

$$f_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{ж}}}{v_{\text{ж}}} \text{ , м}^2 \text{ ; } q_{\text{ж}} = \frac{q_c}{2} \text{ , м}^3/\text{с} \quad (85)$$

где  $q_c$  – расчётный расход одного отстойника, м<sup>3</sup>/с;

$v_{\text{ж}}$  – скорость в желобе (0,6...0,7 м/с).

Задаваясь шириной желоба  $b_{\text{ж}}=0,1...0,5$  м, определяется его высота

$$h_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{ж}}}{b_{\text{ж}}} \text{ , м} \quad (86)$$

Ширина желоба составляет примерно 2/3 от высоты.

Площадь поперечного сечения и размеры радиальных желобов определяются по расходу на один отстойник, деленному на число желобов.

Площадь затопленных отверстий во внутренней стенке кольцевого желоба

$$\sum f_0 = \frac{q_c}{v_0} \quad , \text{ м}^2 \quad (87)$$

где  $v_0$  – скорость в отверстиях (1,0 м/с).

Количество отверстий

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f'_0} \quad , \text{ шт} \quad (88)$$

где  $f'_0$  – площадь одного отверстия, м<sup>2</sup> (диаметр отверстий  $d = 10 \dots 30$  мм).

Периметр внутренней стенки желоба

$$p = \pi \cdot (D - b_{\text{ж}} - 0,06) \quad , \text{ м} \quad (89)$$

Шаг отверстий (не более 0,5 м) равен

$$e_0 = \frac{p}{n_0} \quad , \text{ м} < 0,5 \text{ м} \quad (90)$$

### ***б) Горизонтальные отстойники***

Они представляют собой железобетонные прямоугольные в плане бассейны, разделенные продольными перегородками на коридоры (рис. 6). Удаление осадка может быть периодическое, с выключением отстойника из работы и без выключения. Устройство рассредоточенного отбора воды позволяет увеличить их производительность.

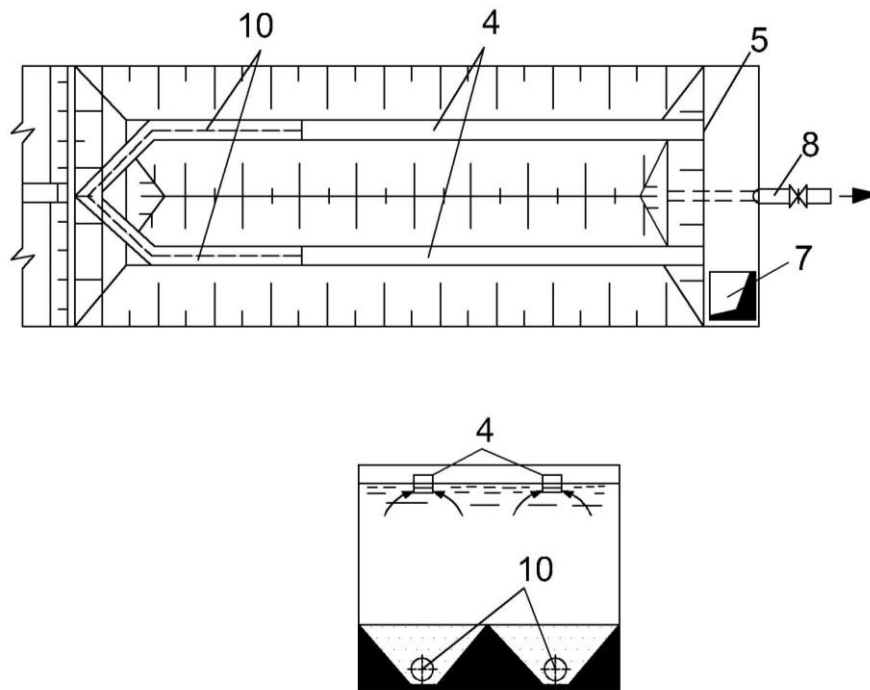


Рисунок 6 - Горизонтальный отстойник:

1 – камера хлопьеобразования; 2 – водослив; 3 – полупогружная перегородка;  
 4 - водосборные желоба; 5 – шибер; 6 – сборный канал; 7 – проем; 8 – отвод осветленной воды; 9 – опорожнение отстойника; 10 – система удаления осадка (обозначения 1,2, 3 см. совместно с рис. 4)

Суммарная площадь горизонтальных отстойников в плане

$$F = \frac{\alpha \cdot q}{3,6 \cdot u_0}, \text{ м}^2 \quad (91)$$

где  $q$  – расчетный расход станции, м<sup>3</sup>/ч;

$u_0$  – скорость выпадения взвеси, задерживаемой отстойником, мм/с (определяется по табл. 18/1/ в зависимости от качества исходной воды и метода ее обработки);

$\alpha$  – коэффициентобъемного использования отстойников, принимаемый равным 1,3.

Расчетная ширина отстойника равна

$$B = \frac{q}{3,6 \cdot v_{\text{ср}} \cdot H \cdot N}, \text{ м} \quad (92)$$

где  $H$  – средняя глубина зоны осаждения (2,5...3 м);

$N$  – число отстойников. Принимается не меньше двух. Если их меньше шести, то следует предусматривать один резервный.

Если ширина отстойника получается более 6 м, каждый из них делится перегородками на коридоры шириной 3...6 м, соответственно шагу колонн. Сейчас обычно каждый коридор проектируется как отдельный отстойник, особенно при гидравлическом удалении осадка.

Расчетная длина отстойника (между дырчатыми перегородками)

$$L = \frac{F}{B \cdot N} \quad , \text{ м} \quad (93)$$

В начале и конце отстойника устанавливаются распределительные дырчатые перегородки. В нижней части перегородки на 0,3...0,5 м выше зоны накопления и уплотнения осадка отверстия не предусматриваются.

Рабочая площадь перегородки в каждом коридоре отстойника составит

$$f_{\text{раб}} = b_k(H - 0,5) \quad , \text{ м}^2 \quad (94)$$

где  $b_k$  – ширина коридора отстойника;

$H$  - принятая высота зоны осаждения.

Расчетный расход воды для каждого коридора

$$q_k = \frac{q}{n} \quad , \text{ м}^3/\text{ч} \quad \left( \text{м}^3/\text{с} \right) \quad (95)$$

где  $n$  – число коридоров во всех отстойниках.

Площадь отверстий в перегородках

а) в начале отстойника

$$\sum f'_0 = \frac{q_k}{v'_0} \quad , \text{ м}^2 \quad (96)$$

где  $v'_0$  – скорость в отверстиях (0,3 м/с).

б) в конце отстойника

$$\sum f''_0 = \frac{q_k}{v''_0} \quad , \text{ м}^2 \quad (97)$$

где  $v''_0$  – скорость в отверстиях (0,5 м/с).

Диаметр отверстий принимается  $d_1 = 0,05$  м (в передней перегородке) и  $d_2 = 0,04$  м (в задней).

По суммарной площади отверстий и площади отдельного отверстия находится количество отверстий в передней и задней перегородке.

Задаваясь количеством отверстий в ряду по горизонтали ( $n_r$ ) находят число рядов по вертикали ( $n_b$ ) в пределах рабочей площади перегородок (шаг между отверстиями по горизонтали и рядами по вертикали, приблизительно равен и не более 0,5 м). Затем уточняется шаг отверстий:

- а) по горизонтали  $e_r = b_k / n_r$ , м
- б) по вертикали  $e_b = (H - 0,5) / n_b$ , м

При периодическом удалении осадка из отстойника, путем спуска воды из него и промывки из брандспойтов, объем зоны накопления и уплотнения осадка равен

$$W_{\text{зн.}} = \frac{24 \cdot q \cdot (C - m) \cdot T}{N \cdot \delta} \quad , \text{ м}^3 \quad (98)$$

где  $C$  - средняя концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в отстойник за период между чистками,  $\text{г/м}^3$  ( $\text{мг/л}$ ), которая определяется по формуле

$$C = M + K \cdot D_k + 0,25Ц + B \quad (99)$$

где  $m$  – количество взвеси в воде, выходящей из отстойника (принимается 8...10  $\text{мг/л}$ );

$\delta$  – средняя концентрация осадков в  $\text{г/м}^3$  после уплотнения в течение 24 часов, определяемая по табл.28 /1/;

$T$  – продолжительность действия отстойника между чистками в сутках (по СНиП не менее суток, в расчетах обычно принимается 10...15 суток).

Средняя высота (посередине между дырчатыми перегородками) зоны накопления осадка равна

$$h_{\text{зн.}} = \frac{W_{\text{зн.}}}{F_1}, \text{ м}; \quad F_1 = \frac{F}{N}, \text{ м}^2 \quad (100)$$

где  $F_1$  – площадь одного отстойника.

Средняя глубина рабочей части отстойника

$$H' = H + h_{\text{зн.}}, \text{ м} \quad (101)$$

Общая средняя высота отстойника (до перекрытия)

$$H'' = H' + h_{\text{стр.}}, \text{ м} \quad (102)$$

где  $h_{\text{стр.}}$  – строительный запас (0,3 м).

Рабочий объем одного отстойника составит

$$W = L' \cdot B \cdot H', \text{ м}^3; \quad L' = L + 2l, \text{ м} \quad (103)$$

где  $l$  – расстояние от торцевой стенки отстойника до дырчатой перегородки (1...2 м).

Количество воды, в процентах от расхода обрабатываемой воды, сбрасываемой при очистке отстойника, составляет

$$p = \frac{K_p \cdot W}{24 \cdot q \cdot T} \cdot 100\% \quad (104)$$

где  $K_p$  – коэффициент разбавления осадка, принимаемый равным 1,1 при опорожнении отстойника и 1,2...1,5 при гидравлическом (без исключения отстойника) способе удаления осадка.

Время опорожнения отстойника ( $t$ ) не должно превышать 6 часов, скорость в трубе для опорожнения должна быть не менее 1,0 м/с.

Диаметр трубы для опорожнения подбирается по расходу

$$q_{\text{оп}} = \frac{W}{t}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (105)$$

Дно горизонтальных отстойников, не имеющих механизмов для удаления осадков, устраивается с продольным уклоном не менее 0,02 в направлении противоположном движению воды и с поперечными уклонами в каждом коридоре не менее 0,05.

При системе удаления осадка без прекращения действия отстойника, осадок удаляется по дренажным дырчатым каналам или трубам, уложенным на дне отстойника по его продольной оси. Расстояние между осями каналов не должно превышать 3 м, а от стен отстойника - 1,5. Диаметр отверстий - не менее 20мм, шаг отверстий - не более 500 мм.

Количество осадка, удаляемого из каждого отстойника за одну чистку (по весу), составляет

$$P_{\text{ос}} = \frac{q \cdot t_1 \cdot 24(C - m)}{N \cdot 1000 \cdot 1000}, \text{ т} \quad (106)$$

где  $t_1$  – время между сбросами осадка (3 суток).

Расход воды, сбрасываемой из одного отстойника с осадком по дырчатому каналу, с учетом коэффициента разбавления ( $K_p = 1,5$ ) составит

$$q_{\text{ос}} = K_p \cdot p_{\text{ос}} \cdot \frac{100}{p_t} \cdot \frac{1}{t}, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (107)$$

где  $p_t$  – среднее содержание твердого вещества в осадке, % (около 5%);

$t$  – продолжительность сброса осадка (20...40 мин). Поперечное сечение и размеры дырчатых каналов или диаметр дырчатых труб определяются по скорости осадка в каналах не менее 0,7 м/с и расходу  $q_{\text{ос}}$ .

Площадь всех отверстий для приема осадка определяется по скорости воды в них (1,5 м/с) или по коэффициенту перфорации ( $K_{\text{п}} = 0,7...0,5$ )

$$\sum f_0 = K_{\text{п}} \cdot f_{\text{кан}}, \text{ м}^2 \quad (108)$$

где  $f_{\text{кан}}$  – поперечного сечения дырчатого канала или дырчатой трубы, м<sup>2</sup>. Количество отверстий на трубе

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} \quad , \text{шт} \quad (109)$$

где  $f_0$  – площадь одного отверстия, м<sup>2</sup>.

Шаг оси отверстий, которые размещаются в два ряда в шахматном порядке, составит

$$e_0 = \frac{L}{n_0} \quad , \text{м} < 0,5 \text{ м} \quad (110)$$

#### ***в) Осветлители со слоем взвешенного осадка***

Они получили широкое распространение и основаны на использовании явлений контактной коагуляции при пропуске обрабатываемой воды через слой осадка, поддерживаемого во взвешенном состоянии. При большом разнообразии конструкций осветлителей наибольшее распространение в коммунальном водоснабжении получили осветлители коридорного типа (рис. 7), расчет основных элементов которых приводится ниже.



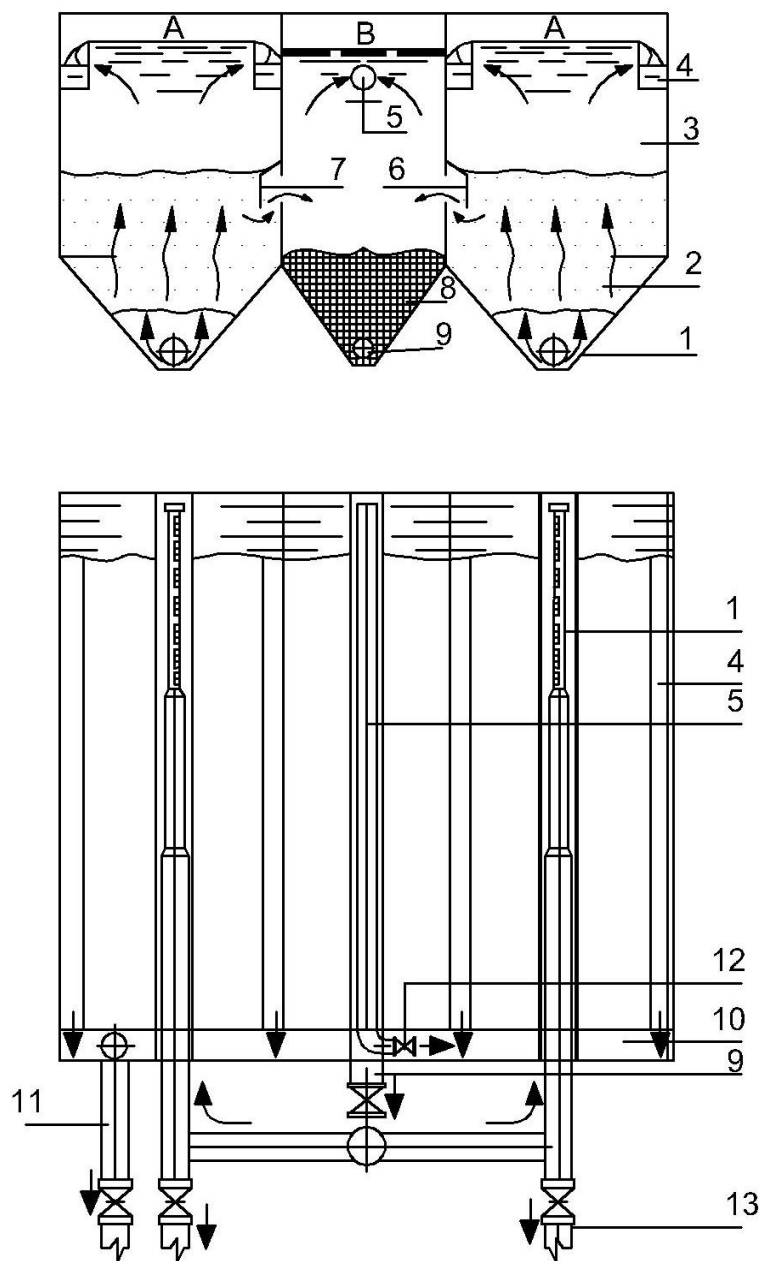


Рисунок 7 - Схема коридорного осветлителя:

А – рабочие коридоры; В – осадкоуплотнитель; 1 – перфорированные водораспределительные трубы; 2 – слой взвешенного осадка; 3 – зона осветления воды; 4 – сборные желоба; 5 – отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 6 – осадкоприемные окна; 7 – защитные козырьки; 8 – слой уплотненного осадка; 9 – сброс осадка; 10 – сборный канал; 11 – отвод воды на фильтры; 12 – задвижка, регулирующая отсос избытка осадка; 13 – опорожнение рабочих коридоров.

Расчет осветлителей производится для двух периодов:

- минимальной мутности воды при минимальном расходе;
- наибольшей мутности воды при наибольшем расходе.

По условиям задания студенты ведут расчет по заданной максимальной мутности в теплый период года и заданной полной производительности. На станции принимается не менее двух расчетных осветлителей. Площадь одного не должна превышать 100... 150 м<sup>2</sup>. При количестве осветлителей меньше шести следует предусматривать один резервный.

Общая площадь осветлителей определяется по формуле

$$F = F_0 + F_{0,y} = \frac{K_{p.в} \cdot q}{3,6 \cdot v_{осв}} + \frac{(1 - K_{p.в}) \cdot q}{3,6 \cdot v_{осв}}, \text{ м}^2 \quad (111)$$

где  $F_0$  – площадь зоны осветления, м<sup>2</sup>;

$F_{0,y}$  – площадь зоны отделения осадка, м<sup>2</sup>;

$K_{p.в}$  – коэффициент распределения воды между зоной осветления и осадкоуплотнителем, определяется по табл.20/1/;

$q$  – полный расчетный расход осветляемой воды, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{осв}$  – скорость восходящего потока воды в зоне осветления, мм/с, определяется по табл.20/1/;

Задаемся числом осветлителей ( $N \geq 2$ )

Ширину зоны осветления рекомендуется принимать 2,0...3,5 м. а длину коридора осветлителя 6...12 м (в зависимости от компоновки сооружений).

Задаемся шириной зоны осветления  $b_0$  и определяем длину коридора

$$l_{кор} = \frac{F_0}{2 \cdot N \cdot b_0}, \text{ м} \quad (112)$$

Ширина зоны уплотнения осадка

$$b_{0,y} = \frac{F_{0,y}}{N \cdot l_{кор}}, \text{ м} \quad (113)$$

Распределительная телескопическая труба в коридоре осветления выполняется из двух-трех секций уменьшающегося диаметра. Диаметр каждой секции определяется по расходу вначале секции и по скорости (0,5...0,6 м/с).

Расход для первой секции ( $q_{\text{кол}}$ ) равен половине расчетного расхода одного осветителя, а для второй половины  $q_{\text{кол}}/2$  (при двух секциях).

Отверстия в распределительной трубе располагаются в два ряда в шахматном порядке под углом  $45^\circ$  к вертикальной оси. Суммарная площадь отверстий в коллекторе

$$\sum f_0 = \frac{q_{\text{кол}}}{v_0} \quad , \text{ м}^2 \quad (114)$$

где  $q_{\text{кол}}$  – расход воды на один коллектор,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$v_0$  – скорость в отверстиях (1,5...2,0 м/с).

Количество отверстий составит

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} \quad (115)$$

где  $f_0$  – площадь одного отверстия ( $\text{м}^2$ ) при рекомендуемом диаметре 20...25 мм.

Расстояние (не более 0,5 м) между осями отверстий в каждом ряду

$$e = \frac{2 \cdot l_{\text{кор}}}{n_0} \quad , \text{ м} \quad (116)$$

Сбор осветленной воды из каждого коридора производится двумя боковыми желобами прямоугольного сечения. Расход воды на каждый желоб

$$q_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{р.в}} \cdot q}{2 \cdot 2 \cdot N} \quad , \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (117)$$

где  $q$  – полный расход очистных сооружений,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$K_{\text{р.в}}$  – коэффициент распределения воды между зоной освещения и осадкоуплотнителем (табл.20 /1/).

Ширина желоба прямоугольного сечения определяется по эмпирической формуле

$$B_{жс} = 0,9 \cdot q_{ж}^{0,4}, \text{ м} \quad (118)$$

где  $q_{ж}$  -расход воды на каждый желоб, м<sup>3</sup>/с

Затопленные отверстия размещаются в один ряд по внутренней стенке желоба на 7 см ниже его верхней кромки. Глубина желоба в начале и в конце

$$h_{нач} = 0,07 + 1,5 \cdot \frac{B_{ж}}{2}, \quad \text{м}; \quad h_{кон} = 0,07 + 2,5 \frac{B_{ж}}{2}, \text{ м} \quad (119)$$

Суммарная площадь отверстий в стенке каждого желоба (при скорости в отверстиях  $v_0 = 1,0$  м/с) составит

$$\sum f_{о.ж} = \frac{q_{ж}}{v_0}, \quad \text{м}^2 \quad (120)$$

где  $q_{ж}$  – расход на каждый желоб, м<sup>3</sup>/с.

При диаметре отверстий 20...30 мм количество их равно

$$n = \frac{\sum f_{о.ж}}{f_0}, \quad \text{шт} \quad (121)$$

где  $f_0$  -площадь одного отверстия, м<sup>2</sup>

Шаг отверстий равен

$$e = \frac{l_{кор}}{n}, \quad \text{м} \quad (122)$$

Для отвода осветленной воды из осадкоуплотнителя устанавливаются (в зависимости от его ширины) одна или две перфорированные трубы принудительного отсоса на 0,3 м ниже уровня воды (до верха трубы). Расход воды через каждую из них составит

$$q_{пр.от} = \frac{(1 - K_{р.в}) \cdot q}{n}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (123)$$

где  $n$ -количество труб в осадкоуплотнителе;

$q$  – расчетный расход осветляемой воды, приходящийся на один осветлитель, м<sup>3</sup>/ч

По этому расходу и скорости на выходе из труб (не более 0,5 м/с) находят диаметр труб.

Суммарная площадь отверстий в каждой сборной трубе

$$\sum f_{\text{пр.от}}^{\text{о}} = \frac{q_{\text{пр.от}}}{v_0 \cdot 3600} \quad , \text{ м}^2 \quad (124)$$

где  $v_0$  – скорость в отверстиях, м/с (не менее 1,5 м/с).

Отверстия  $d = 15 \dots 20$  мм располагаются в один ряд по верхней образующей трубы. Задаваясь диаметром отверстий, находят их число и шаг между ними (не более 0,5 м).

Высота осветителя (считая от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов в камере освещения) определяется по формуле

$$h_{\text{осв.}} = \frac{b_0 - 2B_{\text{ж}}}{2 \operatorname{tg} \alpha/2} \quad , \text{ м} \quad (125)$$

где  $B_{\text{ж}}$  – ширина желоба, м;

$\alpha$  – центральный угол, образованный прямыми, проведенными от оси водораспределительного коллектора к верхним точкам кромок водосборных желобов (не более  $30^\circ$ ).

Высота осветителя от дна до верхних кромок желобов составит

$$h_{\text{раб}} = h_{\text{осв}} + h_{\text{к}}, \text{ м} \quad (126)$$

где  $h_{\text{к}} = 0,2 \dots 0,3$  м – расстояние от центра водораспределительного коллектора до дна сооружения.

Общая высота осветителя с учетом высоты строительного борта ( $h_{\text{стр}} = 0,3 \dots 0,5$  м) составит

$$H_{\text{осв}} = h_{\text{раб}} + h_{\text{стр}}, \text{ м} \quad (127)$$

Высота пирамидальной части осветителя

$$h_{\text{пир}} = \frac{b_o - a}{2 \operatorname{tg} \alpha_1 / 2}, \text{ м} \quad (128)$$

где  $a$  - размер дна осветлителя под распределительным коллектором (принимается 0,3...0,4 м);

$\alpha_1$  – центральный угол между стенками пирамидальной части зоны осветления (принимается 50...70°).

Высота вертикальных стенок осветлителя в пределах взвешенного слоя должна быть не менее 1,0...1,5 м и определяется

$$h_{\text{верт}} = h_{\text{раб}} - h_{\text{защ}} - h_{\text{пир}}, \text{ м} \quad (129)$$

где  $h_{\text{защ}}$  – высота защитного слоя над перепускными окнами (1,5 м - для мутных и 2,0 м - для цветных вод).

Общая высота зоны взвешенного осадка рекомендуется 2,0 ...2,5 м и определяется по формуле

$$h_{\text{в.ос}} = h_{\text{верт}} + \frac{h_{\text{пир}}}{2}, \text{ м} \quad (130)$$

Рабочий объем осадкоуплотнителя (до низа перепускных окон) при двух осадко-отводящих трубах будет равен

$$W_{\text{о.у}} = l_{\text{кор}} \cdot \left( b_{\text{о.у}} \cdot h_{\text{верт}} + \frac{h_{\text{пир}} \cdot b_{\text{о.у}}}{2} \right), \text{ м}^3 \quad (131)$$

Количество взвешенных веществ, поступающих в осадкоуплотнитель, составляет

$$P_{\text{взв}} = C \cdot q, \text{ кг/ч} \quad (132)$$

где  $C$ - суммарная концентрация взвешенных веществ, поступающих в осветлитель, кг/м<sup>3</sup> (г/л);

$q$  - расчетный расход на один осветлитель, м<sup>3</sup>/ч.

Время накопления осадка составит

$$T = \frac{W_{0,y} \cdot \delta_{cp}}{P_{взв} \cdot 1000}, \text{ час,} \quad T \geq 6 \text{ часов} \quad (133)$$

где  $\delta_{cp}, \text{ г/м}^3$  - средняя концентрация осадка при продолжительности уплотнения не менее 6 часов определяется по табл. 19 /1/.

Площадь осадко-отводящих окон в одной стенке

$$f_{ок} = \frac{(1 - K_{p.в}) \cdot q}{3,6 \cdot 2 \cdot v_{ок}}, \text{ м}^2 \quad (134)$$

где  $v_{ок}$  - скорость в окне, мм/с (10...15 мм/с).

Общая длина окон в одной стенке (при высоте окна  $h_{ок}=0,2$  м) равна

$$l_{ок}^{общ} = \frac{f_{ок}}{h_{ок}}, \text{ м} \quad (135)$$

Задаваясь расстоянием между окнами ( $b_{ок}=0,4... 0,5$  м) и от крайних окон до торцевых стенок (0,2 м) находят их число из уравнения

$$l_{ок}^{общ} + (n_{ок} - 1)b_{ок} + 0,4 = l_{кор} \quad (136)$$

Далее находят ширину каждого окна.

Расчетный расход каждой осадко-отводящей трубы в камере осадко-уплотнения

$$q_{ос} = \frac{W_{0,y}}{n \cdot t}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (137)$$

где  $n$  - количество осадко-отводящих труб в осадкоуплотнителе;

$t$ , ч - продолжительность опорожнения осадкоуплотнителя (не более 15...20 мин).

Диаметр трубы должен быть не менее 150 мм и подбирается по скорости не менее 1,0 м/с.

Общая площадь отверстий в одной осадко-отводящей трубе

$$\sum f_0 = \frac{q_{oc}}{v_0 \cdot 3600} , \text{ м}^2 \quad (138)$$

где  $q_{oc}$  – расход осадко-отводящей трубы, м<sup>3</sup>/ч;

$v_0$  – скорость в отверстиях, м/с (3 м/с).

Принимая диаметр отверстий не менее 20 мм, определяют количество отверстий и, располагая их в два ряда в шахматном порядке, находят шаг отверстий, который не должен превышать 0,5 м.

Потеря воды при опорожнении осадкоуплотнителя определяется по формуле

$$p_{oc} = \frac{(C - m) \cdot K_p}{\delta_{cp}} \cdot 100\% \quad (139)$$

где  $C$ , и  $\delta_{cp}$  в г/м<sup>3</sup>;

$m$ , г/м<sup>3</sup> – концентрация взвешенных веществ на выходе из осветлителя со слоем взвешенного осадка (8...12 мг/л);

$K_p$  – коэффициент разбавления осадка при его удалении, равный 1,2 – 1,5.

Потери напора в отверстиях распределительных труб составляют

$$h_1 = \xi \frac{v^2}{2g} , \text{ м} \quad (140)$$

где  $\xi$  – коэффициент сопротивления: для прямолинейной распределительной трубы или канала  $\xi = \frac{2,2}{K^2} + 1$ ; для прямолинейной сборной трубы или канала, работающего полным сечением  $\xi = \frac{3,3}{K^{1,8}}$ ; для отверстий  $\xi = 2$  (п.6.86 /1/);

$K$  – коэффициент перфорации – отношение суммы площадей отверстий в стенках распределительной трубы или канала к площади поперечного сечения трубы или канала, должен быть в пределах  $K = 0,15...2,0$ ;



$v$ - скорость движения воды в начале дырчатого участка распределительной трубы или в конце сборной трубы, м/с.

Суммарные потери напора по длине в секциях телескопических труб ( $h_2$ ) определяются по таблицам гидравлического расчета для стальных труб.

Потери напора во взвешенном слое следует принимать 0,01...0,02 м на 1 м взвешенного слоя (п.6.86 /1/)

$$h_3 = (0,01 \dots 0,02) \cdot h_{в.о} \text{ , м} \quad (141)$$

Потери напора в отверстиях водосборных желобов

$$h_4 = \xi \frac{v_0^2}{2g} \text{ , м} \quad (142)$$

где  $v_0$  – скорость в отверстиях желобов, м/с; принимается 1,0 м/с.

Потери напора  $h_5$  в водосборных желобах (по длине) принимаются равными 0,006 м.

Суммарная потеря напора в осветлителе

$$\sum h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \text{ , м} \quad (143)$$

### **8.2.6. Сооружения для фильтрования воды**

Завершающим этапом освобождения воды от взвешенных веществ является фильтрование, которое осуществляется пропуском воды через слой фильтрующего материала. Для этих целей при реагентном методе обработки воды наиболее часто применяются скорые открытые и напорные фильтры разных конструкций и контактные осветлители, а при безреагентном методе - медленные фильтры. Наиболее распространенными фильтрующими материалами являются: кварцевый речной песок, антрацитовая и керамзитовая крошка. Условия применения основных типов сооружений для фильтрования воды приведены в табл.15 /1/.

### а) Однопоточные открытые скорые фильтры

При площади фильтров менее  $30 \div 40 \text{ м}^2$  их устраивают с боковым карманом (рис. 8), а при большей площади – с центральным каналом, разделяющим каждый фильтр на две равные части (ячейки). Характеристику фильтрующей загрузки и основные расчетные параметры фильтров выбирают по табл. 21 – 23 /1/. Наиболее часто применяется кварцевый песок с крупностью зерен  $0,5 \div 1,25 \text{ мм}$ . Высоту слоя воды над загрузкой принимают равной не менее  $2,0 \text{ м}$ .

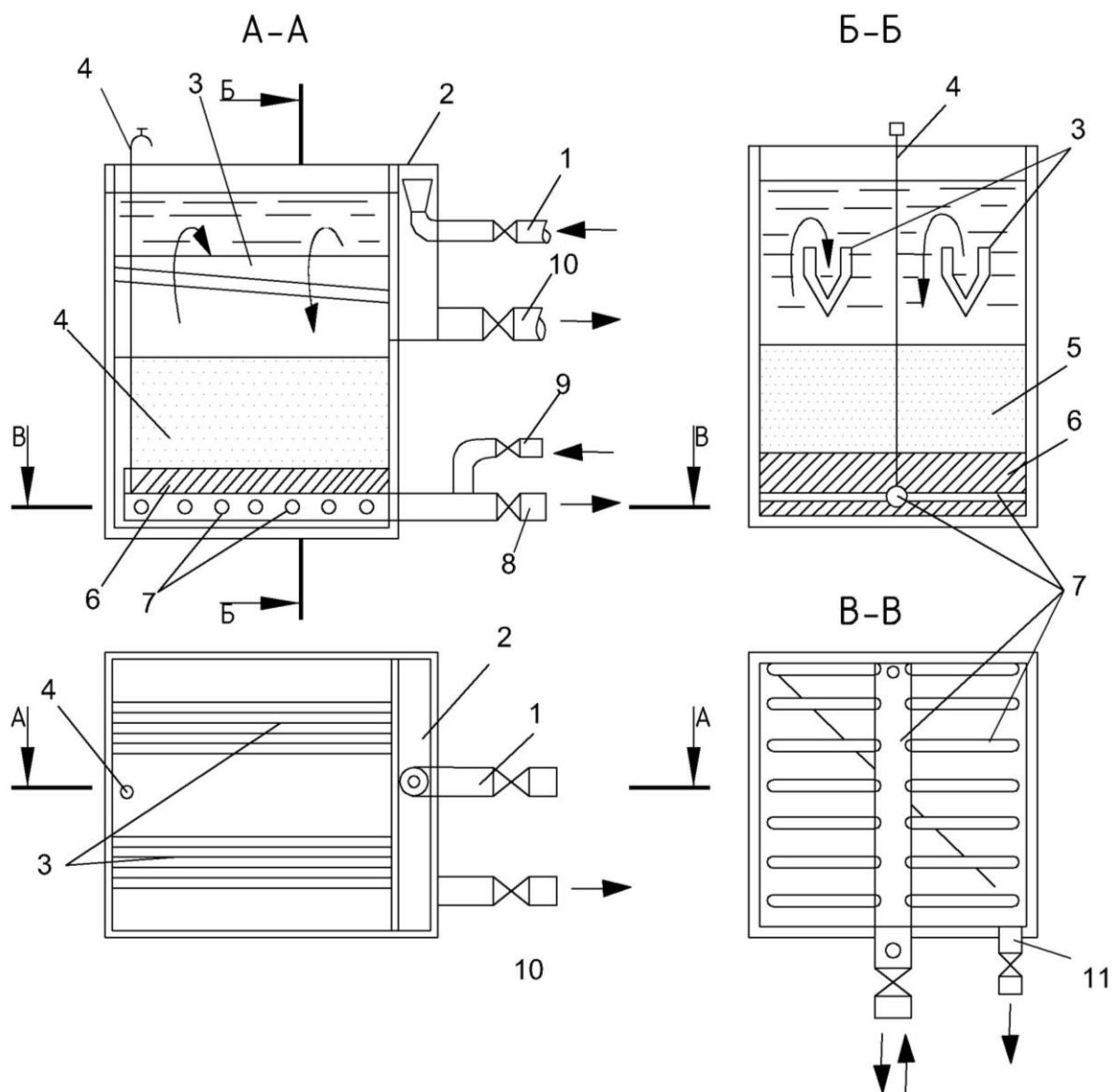


Рисунок 8 - Скорый открытый фильтр:

1, 8 – подача исходной и отвод отфильтрованной воды; 2 – боковой карман; 3 - желоба; 4 – воздушник; 5, 6 – слои загрузки - фильтрующий (песок, керамзит) и поддерживающий (гравий, щебень); 7 – распределительная дренажная система; 9, 10 – подача и отвод промывной воды; 11 – опорожнение фильтра.

### 1. Суммарная площадь скорых фильтров

$$F = \frac{Q}{T \cdot v_n - n \cdot q_{\text{пр}} - n \cdot \tau \cdot v_n}, \text{ м}^2 \quad (144)$$

где  $Q$  – производительность станции (полезная), м<sup>3</sup>/сут;

$T$  – продолжительность работы станции в течение суток, часах;

$v_n$  – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч;

$n$  – число промывок (2...3) каждого фильтра в сутки;

$q_{\text{пр}}$  – удельный расход воды на одну промывку одного фильтра, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$$q_{\text{пр}} = 0,06 \cdot w \cdot t \quad (145)$$

$w$  – интенсивность промывки, л/(с·м<sup>2</sup>), табл.23 /1/;

$t$  – продолжительность промывки, мин., принимается 5÷6 мин (табл. 23/1/);

$\tau$  – время простоя фильтра в связи с промывкой, ч (20 минут, т.е. 0,33 часа)

Число фильтров ориентировочно можно определить по формуле

$$N = \frac{1}{2} \sqrt{F} \quad , \text{ шт} \quad (146)$$

Число фильтров на станциях производительностью более 1600 м<sup>3</sup>/сут должно быть не менее четырех (п.6.99 /1/). При двухрядном их расположении принимается четное число фильтров.

Расчетная скорость фильтрования при форсированном режиме  $v_{\text{ф}}$  проверяется по формуле

$$v_{\text{ф}} = v_n \cdot \frac{N}{N - N_1} \quad , \frac{\text{м}}{\text{ч}} \quad (147)$$

где  $N_1$  – количество фильтров, находящихся в ремонте. Если число фильтров на станции не превышает 20, то в расчетах предусматривают выключение на ремонт одного фильтра.

Если  $v_\phi$  превышает допустимую по табл. 21 /1/, то следует уменьшить расчетную  $v_n$  или увеличить число фильтров.

Площадь каждого фильтра составит

$$F_\phi = \frac{F}{N}, \text{ м}^2 \quad (148)$$

Если выбран фильтр с центральным каналом, то площадь каждой ячейки будет вдвое меньше.

Для определения размеров фильтрующей поверхности задаются размером одной стороны (длина желобов не должна превышать 5,5 м) и определяют другую (длина фильтра  $l$ , ширина  $b$ ;  $F_\phi = l \cdot b$ ).

## 2. Подбор состава загрузки фильтра

Высота фильтрующего слоя (песка), его характеристики: гранулометрический состав –  $m_{in}$ , тахи эквивалентный диаметр зерен и коэффициент их неоднородности принимается по табл.21 /1/.

Высота поддерживающего слоя и его характеристики принимаются по табл.22 /1/.

## 3. Расчет распределительной системы скорых фильтров

Распределительная система служит для равномерного распределения промывной воды и сбора фильтрованной.

В случае расчета трубчатой с отверстиями распределительной системы (дренажа) большого сопротивления, поддерживающие слои гравия принимаются по табл.22 /1/.

Расход воды необходимый для промывки одного фильтра

$$q_{пр} = F_\phi \cdot w, \text{ л/с} \quad (149)$$

Диаметр центрального коллектора  $d_{\text{кол}}$  подбирается по/11/ с учетом  $q_{\text{пр}}$  и скорости входа промывной воды в коллектор (в начале коллектора скорость рекомендуется  $1,0 \div 1,2$  м/с).

Расстояние между осями распределительных труб  $l_1$  принимается  $0,25 \div 0,35$  м (чем больше диаметр, тем больше расстояние).

Площадь дна фильтра, приходящаяся на одну трубу

$$f_1 = \left( \frac{b - d_{\text{нар}}}{2} \right) \cdot l_1, \text{ м}^2 \quad (150)$$

где  $b$  – сторона фильтра перпендикулярная центральному коллектору, м;

$d_{\text{нар}}$  – наружный диаметр центрального коллектора, м;

$$d_{\text{нар}} = d_{\text{кол}} + 2\delta, \text{ мм} \quad (151)$$

где  $\delta$  – толщина стенки трубы, мм;

$l_1$  – расстояние между осями ответвлений трубчатой распределительной системы фильтра,  $l_1 = 0,25 \div 0,35$  м.

Расход воды на одно ответвление

$$q'_{\text{пр}} = f_1 \cdot w, \text{ л/с} \quad (152)$$

Диаметр ответвления определяется по расходу ( $q'_{\text{пр}}$ ) и скорости  $1,6 \dots 2,0$  м/с по табл./11/.

В нижней части ответвлений просверливаются отверстия  $d = 10 \div 14$  мм под углом  $45^\circ$  к вертикали, которые располагают в шахматном порядке (п.6.105 /1/).

Суммарная площадь отверстий в ответвлениях рекомендуется в пределах  $0,25 \div 0,5\%$  от площади фильтра и составляет

$$\sum f_0 = \frac{F_{\phi} \cdot (0,25 \div 0,3)}{100}, \text{ м}^2 \quad (153)$$

Задаваясь диаметром отверстий, находят количество отверстий в одном фильтре

$$n_o = \frac{\sum f_0}{f_0} \text{ , шт} \quad (154)$$

где  $f_0$  – площадь одного отверстия.

Число ответвлений в фильтре

$$N_{\text{отв}} = \left(\frac{l}{l_1}\right) \cdot 2 \text{ , шт} \quad (155)$$

где  $l$  – сторона фильтра параллельная коллектору, м.

На каждом ответвлении количество отверстий

$$n_o^{\text{отв}} = \frac{n_o}{N_{\text{отв}}} \text{ , шт} \quad (156)$$

Отверстия располагаются в два ряда в шахматном порядке с шагом  $0,15 \div 0,2$  м (п.6.105 /1/).

Шаг отверстий равен

$$e_o = \frac{b - d_{\text{нар}}}{2 \cdot n_o^{\text{отв}}} \text{ , м} \quad (157)$$

В случае расчета безгравийного дренажа из полиэтиленовых щелевых труб, общая площадь щелей принимается  $1,5 \div 2,0\%$  от площади фильтра, а ширина щелей на  $0,1$  мм меньше размера минимальной фракции фильтрующей загрузки.

Для удаления воздуха из трубопровода, подающего воду на промывку фильтра, в повышенных местах распределительной системы предусматривают установку стояков-воздушников диаметром  $75 \div 150$  мм с автоматическим устройством для выпуска воздуха.

#### 4. Расчет желобов

Распределение осветляемой воды по площади фильтрующей поверхности и сбор промывной воды осуществляется желобами. Конструкция желобов должна предотвращать помехи при расширении загрузки и препятствовать выносу зерен песка из нее во время промывки. Эти условия определяют размеры желобов, их форму и высоту расположения над фильтрующей загрузкой.

Желоба принимаются металлические или железобетонные, в сечении они прямоугольные с треугольным или полукруглым основанием. Рекомендуемое соотношение размеров желоба:

высота прямоугольной части желоба

$$h_{\text{пр.}} = 0,5 \div 0,75 \cdot B_{\text{ж}} \quad , \text{ м} \quad (158)$$

высота треугольной или полукруглой части желоба

$$h_{\text{тр.}} = 0,5 \cdot B_{\text{ж}} \quad , \text{ м} \quad (159)$$

полезная высота желоба составляет

$$h_{\text{ж}} = 1,0 \div 1,25 \cdot B_{\text{ж}} \quad , \text{ м} \quad (160)$$

полная конструктивная высота желоба с учётом толщины стенок

$$h'_{\text{ж}} = h_{\text{ж}} + (0,05 \div 0,08) \quad , \text{ м} \quad (161)$$

Ширина желоба  $B_{\text{ж}}$  определяется по эмпирической формуле

$$B_{\text{ж}} = k \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a)^3}} \quad , \text{ м} \quad (162)$$

где  $a$  – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, (рекомендуется  $a = 1,0 \div 1,5$ );

$k$  – коэффициент, принимаемый для желобов с треугольным основанием 2,1, а с полукруглым – 2;

$q_{\text{ж}}$  – расход, приходящийся на один желоб, м<sup>3</sup>/с

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{пр}}}{n_{\text{ж}}}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (163)$$

где  $n_{\text{ж}}$  – число желобов

$$n_{\text{ж}} = \frac{b}{e_{\text{ж}}}, \text{ шт} \quad (164)$$

где  $e_{\text{ж}}$  – расстояние между осями желобов, рекомендуется 1,5 – 2,2 м.

Расстояние от оси крайнего желоба до стенки фильтра принимается равным половине расстояния между осями желобов  $e_{\text{ж}}/2$ .

При определении размеров желобов можно пользоваться графиками, приведёнными в учебной и справочной литературе.

Во избежание выноса фильтрующего материала при промывке расстояние от кромок желобов до уровня фильтрующей загрузки составляет

$$\Delta h_{\text{ж}} = \frac{He}{100} + 0,3, \text{ м} \quad (165)$$

где  $H$  – высота фильтрующего слоя, м;

$e$  – относительное расширение фильтрующей загрузки, % (принимается по табл.23/1/).

Дно желоба должно быть выше поверхности фильтрующей загрузки не менее чем на 0,05...0,06 м, т.е.  $\Delta h_{\text{ж}}$  нужно принимать не меньше

$$\Delta h_{\text{ж}} \geq h'_{\text{ж}} + (0,05 \div 0,06), \text{ м} \quad (166)$$

Скорость движения воды в желобе  $V_{\text{ж}} = 0,4 \div 0,6$  м/с.



$$V_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{ж}}}{f_{\text{ж}}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (167)$$

где  $q_{\text{ж}}$  – расход, приходящийся на один желоб, м<sup>3</sup>/с;

$f_{\text{ж}}$  – площадь сечения желоба, м<sup>2</sup>.

### 5. Расчет сборного кармана (канала)

При отводе промывной воды с фильтра сборный карман должен предотвращать создание подпора при выходе в него воды из желобов. Поэтому расстояние от дна желоба до дна сборного кармана должно быть не менее

$$H_{\text{кар}} \geq 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{пр}}^2}{g \cdot b_{\text{кар}}^2}} + 0,2, \text{ м} \quad (168)$$

где  $q_{\text{пр}}$  – расход воды в кармане (расход промывной воды), м<sup>3</sup>/с;

$b_{\text{кар}}$  – ширина кармана (по условиям эксплуатации не менее 0,5 м);

$g$  – 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Скорость движения воды в конце сборного кармана

$$V_{\text{кар}} = \frac{q_{\text{пр}}}{f_{\text{кар}}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (169)$$

где  $f_{\text{кар}}$  – площадь поперечного живого сечения кармана

$$f_{\text{кар}} = H_{\text{кар}} \cdot b_{\text{кар}}, \text{ м}^2 \quad (170)$$

### 6. Расход воды на промывку фильтров

$$P_{\phi} = \frac{q_{\text{пр}} \cdot N}{Q \cdot T} \cdot 100 = \frac{w \cdot F_{\phi} \cdot t \cdot 3,6 \cdot N}{Q \cdot T} \cdot 100, \% \quad (171)$$

где  $q_{\text{пр}}$  – объем воды на промывку одного фильтра, м<sup>3</sup>;

$N$  – количество фильтров;

$Q$  – расчётный полезный расход станции (всех фильтров), м<sup>3</sup>/ч;

$t$  – продолжительность промывки фильтра, ч (табл.23 /1/);

$w$ - интенсивность промывки, л/(с·м<sup>2</sup>), табл.23 /1/;

$F_{\phi}$  – площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>;

$T$  - продолжительность работы фильтра между промывками (полезный фильтроцикл), ч

$$T = T_1 - (t + t_1 + t_2), \text{ ч} \quad (172)$$

где  $T_1$  – время между промывками, ч (8 ч для песчаных и 12 ч для двухслойных);

$t_1$ - время простоя фильтра в связи с операциями при промывке, ч (0,33 ч);

$t_2$ - продолжительность сброса первого фильтрата, ч(0,17 ч).

Сброс первого фильтрата может не производиться и это время тогда не учитывается.

### 7. Определение потерь напора при промывке фильтра

Для определения потребного напора промывного насоса необходимо подсчитать потери напора в фильтре при промывке. Они слагаются из следующих величин:

1) потери напора в распределительной системе фильтра

$$h_{\text{р.с.}} = \xi \frac{v_{\text{к}}^2}{2g} + \frac{v_{\text{б.о}}^2}{2g} = \left( \frac{2,2}{K_{\text{п}}^2} + 1 \right) \cdot \frac{v_{\text{к}}^2}{2g} + \frac{v_{\text{б.о}}^2}{2g}, \text{ м} \quad (173)$$

где  $v_{\text{к}}$  – скорость в начале распределительного коллектора, м/с;

$v_{\text{б.о}}$  – скорость в начале бокового ответвления, м/с;

$\xi$  – коэффициент сопротивления, принимается по п. 6.86/1/.

$\xi = (2,2/K_{\text{п}}^2) + 1$  для прямолинейной распределительной трубы или коллектора с ответвлениями с круглыми отверстиями;

$K_{\text{п}}$ - отношение суммы площадей всех отверстий в распределительной системе фильтра к площади поперечного сечения коллектора.

2) в поддерживающих слоях гравия

$$h_{п.с.} = 0,022 \cdot H_{п.с.} \cdot w \quad , \text{ м} \quad (174)$$

где  $H_{п.с.}$  – высота поддерживающего слоя гравия, м;

$w$ - интенсивность промывки, л/(с·м<sup>2</sup>);

3) в фильтрующем слое

$$h_{\phi} = (a + b \cdot w) \cdot H \quad , \text{ м} \quad (175)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры песка, соответственно равные:

$a = 0,76$  и  $b = 0,017$  для кварцевого песка с размером зерен  $0,5 \div 1$  мм;

$a = 0,85$  и  $b = 0,004$  - для зерен  $1 \div 2$  мм (в контактных осветлителях и для антрацитовой крошки);

$H$  – высота слоя фильтрующей загрузки, м;

4) в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы

$$h_{\text{тр}} = i \cdot l + \sum h_{\text{м}} = i \cdot l + \sum \xi \cdot \frac{v_{\text{пр}}^2}{2g}, \text{ м} \quad (176)$$

где-единичная потеря напора в трубопроводе, диаметр которого определяется по расходу промывной воды и скорости  $v_{\text{пр}} = 1,2 \div 2,0$  м/с;

$l$ - длина трубопровода, которая (по условиям задания) при промывке от насосов принимается  $40 \div 60$  м, а от баков -  $90 \div 120$  м;

$\sum h_{\text{м}}$  – потери напора на местные сопротивления в фасонных частях и арматуре (задвижках, отводах, тройниках и др.). При отсутствии проектных данных об их составе, можно ориентировочно принять следующий набор: две задвижки; ( $\xi_1 = 0,26$ ) три отвода под углом  $90^\circ$  ( $\xi_2 = 0,984$ ), три тройника ( $\xi_3 = 0,92$ ).

Суммарные потери напора при промывке составят

$$\sum h_{\text{пр}} = h_{\text{р.с}} + h_{\text{п.с}} + h_{\text{ф}} + h_{\text{тр}} \quad , \text{ м} \quad (177)$$

Геодезическая высота подъема воды от дна резервуара чистой воды (РЧВ) до верхней кромки желобов фильтра

$$h_{\text{г}} = \Delta h_{\text{ж}} + h_{\text{з}} + H_{\text{рчв}} \quad , \text{ м} \quad (178)$$

где  $\Delta h_{\text{ж}}$  – высота кромки желоба над поверхностью фильтрующей загрузки, м;

$h_{\text{з}}$  – суммарная высота загрузки фильтра, включая поддерживающий и фильтрующий слои, м;

$H_{\text{рчв}}$  – глубина воды в РЧВ, м (3,5 ÷ 4,5 м/1/).

## 8. РЧВ

Суммарная емкость РЧВ можно ориентировочно принять 20% от полезной производительности станции.

Площадь РЧВ составит:

$$F_{\text{р}} = \frac{W_{\text{рчв}}}{n \cdot H_{\text{рчв}}} \quad , \text{ м}^2 \quad (179)$$

где  $n$  - количество резервуаров,  $n \geq 2$  /1/.

Зная площадь РЧВ, определяем размеры в плане.

## 9. Насосы для промывки фильтров

Необходимый напор промывного насоса

$$H_{\text{пр}} = h_{\text{г}} + \sum h_{\text{пр}} + h_{\text{з.н}} \quad , \text{ м} \quad (180)$$

где  $h_{\text{з.н}}$  – запас напора на начальное загрязнение загрузки (1,5 м водяного столба).

При промывке фильтров от промывного бака (емкость которого принимается по количеству воды расходуемой на промывку двух фильтров) высота дна бака над кромкой желобов составит

$$\Delta H_6 = \sum h_{\text{пр}} + h_{\text{з.н}} \quad , \text{ м} \quad (181)$$

Производительность промывного насоса принимается равной расходу на промывку одного фильтра. По расходу и напору подбирается промывной насос и приводится его характеристика.

### **б) Контактные осветлители (КО)**

Контактные осветлители являются разновидностью скорых фильтров, работающих по принципу фильтрования воды с добавлением коагулянта через слой зернистой загрузки снизу-вверх, т.е. в направлении убывания крупности зерен в слое. Существует несколько конструкций контактных осветлителей. В технологии очистки природных вод рекомендуются контактные осветлители марок КО – 1 и КО – 3 (рис. 9).

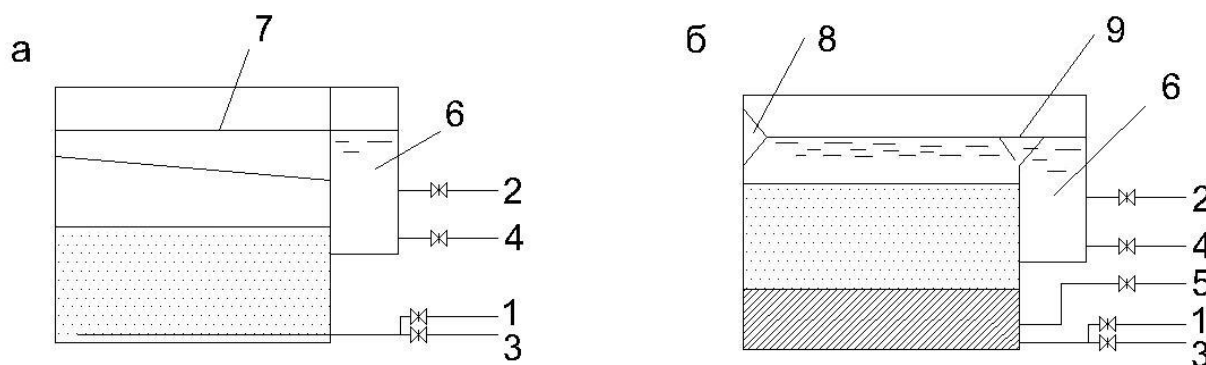


Рисунок 9 - Принципиальная схема контактного осветлителя:

а- КО-1; б – КО-3; 1 – подача исходной воды; 2 – отвод фильтрата; 3 - подача промывной воды; 4 – отвод промывной воды; 5 – подача сжатого воздуха; 6 – боковой карман; 7 – желоб; 8 – струенаправляющий выступ; 9 – пескоулавливающий желоб.

Для предотвращения попадания в распределительную систему и загрузку осветлителей водорослей, рыбы, песка, крупного ила, а также воздуха рекомендуется перед ними устраивать входные камеры или устанавливать микрофильтры (что эффективнее).

Объем входной камеры определяется по продолжительности пребывания в ней воды, равной 2,5 мин, из следующего выражения

$$W_{\text{вх.к}} = \frac{q \cdot t}{60}, \text{ м}^3 \quad (182)$$

где-полная производительность станции, м<sup>3</sup>/ч;

*t*- продолжительность пребывания воды в камере, мин.

При двух последовательно включенных камерах площадь каждой

$$F_{\text{вх.к}} = \frac{W_{\text{вх.к}}}{2h}, \text{ м}^2 \quad (183)$$

где *h*- глубина камеры (2,5 м).

Размеры камеры в плане

$$a = b = \sqrt{F_{\text{вх.к}}}, \text{ м} \quad (184)$$

В стенке между камерами устанавливаются плоские съёмные сетки с ячейками 2...4 мм, площадь которых составляет

$$F_{\text{сеток}} = \frac{q}{3600 \cdot v_c}, \text{ м}^2 \quad (185)$$

где *v<sub>c</sub>* – скорость в сетке (0,2 м/с).

Высота камеры должна быть на 2,5...3,0 м выше кромки желобов в осветлителях при одинаковой отметке дна. Входная камера оборудуется устройствами для промывки сеток, спускной и переливной трубами. Нижняя часть камеры имеет наклонные стенки под углом 50° к горизонту.

Высота конической части камеры

$$h_{\text{кон}} = \frac{a}{2} \text{ctg} (90^\circ - 50^\circ), \text{ м} \quad (186)$$

Полная высота камеры

$$H = h + h_{\text{кон}}, \text{ м} \quad (187)$$

При установке перед контактными осветлителями микрофильтров их типоразмер и число определяются по табл.1.

Таблица 1

### Типоразмер микрофильтров.

| Типоразмер, диаметр, м<br>и количество секций | Условные размеры барабана<br>МФ, диаметр и длина, м | Ориентировочная производи-<br>тельность, тыс.м <sup>3</sup> /сут |
|---|---|--|
| 1,5 x 2                                       | 1,5 x 1,9   | 7  |
| 1,5 x 3                                       | 1,5 x 2,8   | 10   |
| 1,5 x 4                                       | 1,5 x 3,7   | 13,5   |
| 3 x 3   | 3 x 2,8   | 26   |
| 3 x 4   | 3 x 3,7   | 35   |
| 3 x 5   | 3 x 4,6   | 44   |

При числе микрофильтров до 5 предусматривается один резервный, при числе от 6÷10 - 1÷2 резервных, свыше 10 - 2 резервных микрофильтра.

Размер ячеек сеток в свету - 40 мкм. Общие потери напора на микро-сетке не более 0,5 м. Расход воды на промывку микрофильтров составляет до 2% количества профильтрованной воды. Трубопровод промывной воды рассчитывают на пропуск 5% воды от общего расхода.

Все основные элементы контактного осветлителя (КО) рассчитываются также, как и скорого фильтра. Площадь его определяется по формуле

$$F = \frac{Q}{T \cdot v_n - n \cdot q_{пр} - n \cdot \tau \cdot v_n - n \cdot \tau_{сб} \cdot v_n}, \text{ м}^2 \quad (188)$$

где в отличие от скорых фильтров:

$v_n$  – скорость фильтрования, м/ч, определяется по п.6.130 /1/

$n$  – количество промывок в сутки (обычно 2);

$t$  и  $\tau$  при определении  $q_{пр}$  принимаются по табл.26 /1/;

$\tau_{сб}$  – продолжительность сброса первого фильтрата, ч.

Принимается 5÷15 мин в зависимости от качества промывной воды: при промывке неочищенной водой (допускается мутность до 10 мг/л и коли-индекс до 1000кл/л)  $\tau_{сб} = 12 \div 15$  мин, а очищенной –  $\tau_{сб} = 5 \div 10$  мин.

Остальные обозначения см. формулу (30).

Подбор состава загрузки КО производится по табл.25/1/.

В случае устройства в КО безгравийной трубчатой распределительной системы, ее параметры (после определения диаметров распределительных труб) могут быть приняты по п.6.134 /1/.

### 8.2.7. Оборудование станции трубами и каналами

После расчета всех основных сооружений станции, подбираются диаметры трубопроводов, обвязывающих эти сооружения в соответствии со следующими рекомендациями

Таблица 2 - Диаметры трубопроводов.

| Назначение трубопровода                                 | Расчётный расход, л/с                       | Рекомендуемая скорость, м/с | Диаметр | Расчётная скорость |
|---|---|-----------------------------|---------|--------------------|
| 1   | 2   | 3                           | 4       | 5                  |
| Подача воды в смесители                                 | $Q_{\text{полн}}$                           | 1,0...1,5                   |         |                    |
| То же, к одному смесителю                               | $Q_{\text{полн}}/2$                         | 1,0...1,5                   |         |                    |
| От смесителей к камерам хлопьеобразования               | $Q_{\text{полн}}$                           | 0,8...1,0                   |         |                    |
| От камер хлопьеобразования к отстойникам                | $Q_{\text{полн}}$                           | 0,01...0,05                 |         |                    |
| От отстойников или осветлителей к сборному трубопроводу | $Q_{\text{полн}}$                           | 0,5...0,7                   |         |                    |
| Сборный трубопровод осветленной воды                    | $Q_{\text{полн}}$                           | 0,5...0,7                   |         |                    |
| От сборного трубопровода к фильтру                      | $\frac{Q_{\text{полн}}^*)}{N_{\text{ф}}-1}$ | 0,5...0,7                   |         |                    |
| От фильтра к сборному трубопроводу фильтрованной воды   | -«-   | 0,8...1,5                   |         |                    |
| Сборный трубопровод фильтрованной воды                  | $Q_{\text{полн}}$                           | 0,8...1,5                   |         |                    |
| Подача промывной воды                                   | $q_{\text{пр}}$                             | 1,2...2,0                   |         |                    |
| Отвод промывной воды                                    | $q_{\text{пр}}$                             | 1,5...2,0                   |         |                    |

\*)Размеры трубопроводов или каналов, обслуживающих каждый фильтр, следует принимать из условия форсированного режима: при выключения одного фильтра на промывку.





### Библиографический список

1. СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000.
2. СанПиН 2.1.4.1074 -01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 2001 – 111 с.
3. Орлов, В.А. Водоснабжение: учебник / В.А. Орлов, Л.А. Квитка - М.: «ИНФРА – М», 2015. – 443с.
4. Сомов, М.А. Водоснабжение. Том 2. Улучшение качества воды. учебник / М.А. Сомов, М.Г. Журба- М.: Изд. АСВ, 2008.- 544 с.
5. Сомов, М.А. Водоснабжение / М.А. Сомов, Л.А. Квитка - М.: «ИНФРА- М», 2010- 287с.
6. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог. – М.: МГУ, 2001. – 677 с.
7. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог. – М.: АСВ, 2013. – 506 с.
8. Карамбиров, Н. А. Сельскохозяйственное водоснабжение / Н. А. Карамбиров. – М.: Агропромиздат, 1996. – 351 с.
9. Горбачев, Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. Учебн. пособие. / Е.А. Горбачев - М.: изд. АСВ, 2004 -240 с.
10. Кожинов, В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. Учебное издание для вузов. -4-е изд.. / В.Ф. Кожинов – М.: ООО «Бастет», 2008. – 304 с.
11. Николадзе, Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов - М.: Стройиздат, 1995. – 688с.

## Пример оформления титульного листа курсового проекта



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

—  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Кафедра

Учебная дисциплина

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

на тему:

Выполнил (а)  
студент (ка) ... курса... группы

\_\_\_\_\_

ФИО

Дата регистрации КП  
на кафедре \_\_\_\_\_

Допущен (а) к защите

Руководитель:

\_\_\_\_\_

ученая степень, ученое звание, ФИО

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_

ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_

подпись

Оценка \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

Москва, 201\_

**Примерная форма задания**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Российский государственный аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева

Кафедра

**ЗАДАНИЕ  
НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (КП)**

Студент \_\_\_\_\_

Тема КП \_\_\_\_\_

Исходные данные к работе \_\_\_\_\_

Перечень подлежащих разработке в работе вопросов:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Перечень дополнительного материала \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Руководитель (подпись, ФИО) \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению (подпись студента) \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

## Форма рецензии на курсовой проект

**РЕЦЕНЗИЯ**

на курсовой проект студента

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Студент \_\_\_\_\_

Учебная дисциплина \_\_\_\_\_

Тема курсового проекта (КП) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Полнота выполнения КП:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Оформле-  
ние:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Замеча-  
ния:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Курсовой проект отвечает предъявляемым к нему требованиям и заслужива-  
ет \_\_\_\_\_ оценки.

(отличной, хорошей, удовлетворительной, не удовлетворительной)

Рецензент \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество, уч.степень, уч.звание, должность, место работы)

Дата: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Подпись: \_\_\_\_\_

## Приложение Г

## Пример заполнения основной надписи (штампа) на чертежах

|          |  |  |  |                |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
|----------|--|--|--|----------------|---------|---------|------|----|----|-----|--------|------|--------|
| 185      |  |  |  |                |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
|          |  |  |  | 10             | 10      | 10      | 10   | 15 | 10 | 120 |        |      |        |
|          |  |  |  | (1)            |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
|          |  |  |  | (2)            |         |         |      |    |    | 15  | 15     | 20   |        |
|          |  |  |  | Должность      | Фамилия | Подпись | Дата |    |    |     | Стадия | Лист | Листов |
|          |  |  |  | Разработчик    | (3)     |         |      |    |    |     | (5)    | (6)  | (7)    |
|          |  |  |  | Руководит.     |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
|          |  |  |  | Зав. вып. каф. |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
|          |  |  |  | Норм. конт.    | (4)     |         |      |    |    |     | (8)    |      |        |
|          |  |  |  |                |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
| 115±0,55 |  |  |  |                |         |         |      |    |    |     |        |      |        |
| 5        |  |  |  |                |         |         |      |    |    |     |        |      |        |

В графах основной надписи и дополнительных графах к ней (номера граф указаны в скобках) приводят:

- в графе 1 - обозначение шифра документа, в том числе: код кафедры, номер учебной группы, год оформления графического документа, номер графического документа. Например - шифр документа – 27-471-15-01, где, 27 - кода кафедры, 471 - номера учебной группы, 15 - год оформления графического документа, 01- номер графического документа;

- в графе 2 - наименование работы;

- в графе 3 - наименование раздела работы;

- в графе 4 - наименование изображений, помещенных на данном листе, в соответствии с их наименованием на чертеже. Если на листе помещено одно изображение, допускается его наименование приводить только в графе 4.

Наименования спецификаций и других таблиц, а также текстовых указаний, относящихся к изображениям, в графе 4 не указывают (кроме случаев, когда спецификации или таблицы выполнены на отдельных листах).

- в графе 5 - условное обозначение вида документации: ДП - для дипломных проектов, КР - для курсовых работ, БР - бакалаврская работа, МД – для магистерских диссертаций.

- в графе 6 - порядковый номер листа документа.;

- в графе 7 - общее количество листов документа;

- в графе 8 - наименование учебного заведения и его подразделения, разработавшей документ.

*Методическое издание*

**Квитка Лиана Андреевна**  
**Назаркин Эдуард Евгеньевич**

## **ОЧИСТНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания

Издается в авторской редакции

Корректурa автора

Отпечатано с оригинала,  
предоставленного автором

Подписано в печать    Формат 60×84 1/16  
Бумага писчая    Гарнитура шрифта «Times New Roman»    Печать офсетная  
Печ. л.    Тираж    экз.    Изд. Заказ    Тип заказа

---

Отпечатано в типографии .....