

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

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

по выполнению практических и лабораторных работ

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

**Раздел 2. Участие в разработке технологического процесса очистки  
природных и сточных вод**

**МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод**

**Тема 2.2 Формирование и очистка поверхностных и сточных вод**

для специальности

**08.02.04 Водоснабжение и водоотведение**

(учебный план 2020)

Челябинск, 2020

**АКТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**на методические рекомендации по выполнению практических и**  
**лабораторных работ**  
**по теме 2.2 «Формирование и очистка поверхностных и сточных вод»**  
**ПМ.03 «Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и**  
**контролю качественных показателей»,**  
**разработанных преподавателем ГБПОУ Южно-Уральского**  
**государственного технического колледжа Хидиятуллиной А.А.**

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

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

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

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по теме «Формирование и очистка поверхностных и сточных вод» ПМ.03 «Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей» соответствуют установленным требованиям и могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе.

Генеральный директор ООО «Архитектурная Мастерская  
Маркштетера» А.А. Маркштетер



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по теме 2.2 «Формирование и очистка поверхностных и сточных вод» МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод, предназначены для обучающихся по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Практические занятия являются важным элементом учебного процесса. В ходе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения практических работ по теме «Формирование и очистка поверхностных и сточных вод».

Программой ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей предусмотрено выполнение 7 практических работ и 1 лабораторной работы, направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

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

ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие

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

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

ОК 9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

ПК 3.1. Разрабатывать технологический процесс очистки природных и сточных вод

***умений:***

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

***знаний:***

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

## **Содержание отчёта и требования к его оформлению**

1. Отчёт по практической или лабораторной работе выполняется в соответствии с требованиями действующих стандартов (ГОСТ).

2. Отчёт включает в себя разделы, отражающие все этапы выполнения работы.

2.1. Номер, название и цель работы.

Цель работы отражает основные задачи теоретического плана в данной работе.

2.2. Расчётное задание.

Каждый этап расчёта должен иметь свой подзаголовок, приводится расчётная схема (при необходимости), исходные данные, расчётные формулы, результаты расчётов в виде таблицы.

3. Графическая часть отчёта (схемы, таблицы, диаграммы, графики) выполняется карандашом с применением чертёжных инструментов.

4. Каждая отчетная работа должна быть аккуратно оформлена и вложена в папку с файлами. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК. Первый файл в папке должен содержать титульный лист установленного образца (приложение А). Каждая отчетная работа подписывается преподавателем после её защиты и хранится в папке у студента до конца текущего семестра. В конце семестра студент обязан сдать папку со всеми, подписанными преподавателем, работами и получить зачет по практическим работам за семестр. Зачет по практическим работам за семестр ставится при наличии в папке всех отчетных работ, проведенных в группе.

### **Критерии оценивания:**

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами;

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (не менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы);

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы).

#### ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ работы	Наименование	Количество часов
1.	Расчет интенсивности дождя и расхода дождевых вод	4
2.	Проектирование схемы дождевой сети	4
3.	Гидравлический расчет участков сети	4
4.	Расчет очистных сооружений поверхностных сточных вод	4
5.	Выполнить чертежосновных схем очистки поверхностных сточных вод	2
6.	Расчет производительности очистных сооружений поверхностных сточных вод	2
7.	Расчет локальных очистных сооружений	2
		22

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ работы	Наименование	Количество часов
1.	Исследование загрязнений поверхностного стока с селитебных территорий и площадей промышленных площадок по физико-химическим характеристикам снега	2
		2

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОЖДЯ И РАСХОДА ДОЖДЕВЫХ ВОД

**Цель работы:** 1. Освоить методику определения интенсивности дождя;  
2. Определять расход дождевых вод;  
3. Использовать для выполнения расчетов нормативно-справочную литературу.

**Знания (актуализация):**

- метеорологические параметры, необходимые для расчета расхода дождевых вод;
- методику определения расхода дождевых вод;
- характеристику коэффициента стока.

**умения:**

- определять расход дождевых вод;
- пользоваться нормативно-справочной литературой;
- строить график зависимости интенсивности дождя от продолжительности.

#### Теоретический материал:

Расходы дождевых вод в сетях водоотведения формируются в результате сложных процессов, происходящих на поверхности бассейна стока и в самой сети. Дожди, выпавшие даже в одной местности, различаются по количеству осадков, продолжительности и интенсивности.

Годовой объем поверхностных вод за теплый период, определяется по формуле:

$$W_{\text{д}} = 10 \cdot h_{\text{д}} \cdot \psi_{\text{д}} \cdot F,$$

где  $h_{\text{д}}$  - слой осадков, мм, за теплый период года;

$\psi_{\text{д}}$  - общий коэффициент стока дождевых вод, равен 0,325;

F - площадь стока, га.

Годовой объем талого стока определяется по формуле:

$$W_T = 10 \cdot h_T \cdot \psi_T \cdot F,$$

где  $h_T$  - слой осадков, мм, за теплый период года;

$\psi_T$  - общий коэффициент стока дождевых вод, принимаем 0,6;

F - площадь стока, га.

Годовой объем воды для полива и мойки дорог, поступающих в ливневую канализацию и на очистные сооружения

$$W_M = 10 \cdot m \cdot k \cdot F_M \cdot \psi_M,$$

где  $m$  - удельный расход воды на мойку дорожных покрытий 1,2-1,5 л/м<sup>2</sup> на одну мойку;

$k$  - среднее количество моек в году, равно 150;

$F_M$  - площадь твердых покрытий, подвергающихся мойке, га;

$\psi_M$  - коэффициент стока для поливочных вод, 0,5.

Общий годовой сток поверхностных вод составит:

$$W_{\Gamma} = W_{\text{д}} + W_T + W_M$$

*Интенсивность выпадения дождя* - это слой атмосферных жидких осадков, выпавших на поверхности в единицу времени.

Широко распространен графический метод определения интенсивности дождя. Расчетный график предварительно составляется из исходных метеорологических и других данных. В соответствии с рекомендациями СП для обслуживаемого объекта устанавливают величины  $q_{20}$ ,  $n$ ,  $m_r$ ,  $\gamma$  и  $P$ , находят по формулам величины  $A$  и  $z_{mid}$ .

Коэффициент стока ( $z_{mid}$ ) учитывает потери стока. Потери зависят от многих факторов, в том числе от типа почвы и растительного покрова, от условий предшествующего увлажнения и состояния поверхности почвы. Дождевая сеть обычно обслуживает территории, имеющие различные поверхности: с покрытиями и без них. Для упрощения расчетов сети в этих случаях находят средние значения коэффициентов стока. Его определяют



путем умножения относительной площади (с покрытием или без него) на соответствующий коэффициент. Сумма полученных коэффициентов дает средневзвешенное значение коэффициента стока.

Затем, задаваясь разными значениями критической продолжительности дождя  $t_r(5; 10; 15; \dots; 60 \text{ мин})$  определяют значения интенсивности дождя  $q_r$ . В соответствии с полученными данными строят зависимость  $q_r$  от  $t_r$  (рис. ).левой ветвью зависимость асимптотически приближается к оси ординат, так как  $t_r = 0$  и  $q_r = \infty$ .

Если для проектируемого объекта возможно изменение величин  $P$  и  $z_{mid}$ , то сразу следует построить несколько зависимостей  $q_r = f_2(t_r)$  или  $q_r = f_1(t_p)$  при возможных значениях  $P$  и  $z_{mid}$ .

По предварительно построенным зависимостям  $q_r = f_2(t_r)$  или  $q_r = f_1(t_p)$  графически определяют интенсивность дождя  $q_r$ , затем по формуле (7.14) рассчитывают расход дождевых вод.

Основываясь на метеорологических параметрах, расход дождевых вод определяется по формуле

$$q_r = \frac{z_{mid} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}},$$

где  $z_{mid}$  - среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое согласно п. 2.17 (СП 32.13330.2012) (см. приложение Б, п.1.1);

$A, n$ - параметры, определяемые согласно п. 2.12 (СП 32.13330.2012);

$F$ - расчетная площадь стока, га, определяемая согласно п. 2.14 (СП 32.13330.2012) (см. приложение Б, п.1.2);

$t_r$  - расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин, и определяемая согласно п. 2.15(СП 32.13330.2012) (см. приложение Б, п.1.3).

Параметры  $A$  и  $n$  надлежит определять по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в дан-

ном конкретном пункте. При отсутствии обработанных данных допускается параметр  $A$  определять по формуле

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left( 1 + \frac{1gP}{1g m_r} \right)^\gamma,$$

$q_{20}$  - интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P = 1$  год, определяемая по черт. 1 (СП 32.13330.2012) (см. приложение Б, черт.1);

$n$  - показатель степени, определяемый по табл. 4 (СП 32.13330.2012)) (см. приложение Б, табл.3);

$m_r$  - среднее количество дождей за год (от 50 до 170 дождей в год в зависимости от района), принимаемое по табл. 4 (СП 32.13330.2012)(см. приложение Б, табл.3);

$P$  - период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по п. 2.13 (СП 32.13330.2012) (см.приложение Б, п.1.5);

$\gamma$  - показатель степени, характеризующий ход ливня, принимается по табл. 4 (СП 32.13330.2012) (см. приложение Б, табл.3).

Расчетная продолжительность дождя  $t_r$ , вычисляется по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p$$

где  $t_{con}$  – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемника в пределах квартала до уличного коллектора, принимаем 5 минут;

$t_{can}$  - продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника, мин.;

$$t_{can} = 0,021$$

$l_{can}$  – длина лотка, м;

$v_{can}$  – расчетная скорость течения на участке, м/с;

$t_p$  - продолжительность протекания дождевых вод до рассчитываемого сечения, мин.;

$$t_p = 0,017 \frac{l_p}{v_p}$$

$l_p$  – длина расчетных участков коллектора, м;

$v_p$  – скорость движения воды на соответствующем участке, м/с.

Таблица 1 - Количество дождевых и талых вод, мм(согласно данным гидрометеослужбы)

Метеостанция	Количество дождевых и талых вод, мм	
	Теплый период (апрель – октябрь)	Холодный период (ноябрь – март)
Челябинск – город	332	104
Магнитогорск	303	79
Катав-Ивановск	520	108
Троицк	293	94
Южноуральск	303	108

### Ход работы:

1. Рассчитать площадь стока  $F$ .
2. Определить годовой объем поверхностных вод за теплый период  $W_d$ .
3. Определить годовой объем талого стока  $W_T$ .
4. Определить годовой объем воды для полива и мойки дорог  $W_M$ .
5. Определить общий годовой сток поверхностных вод  $W_G$ .
6. Определить коэффициент интенсивности дождя  $A$ .
7. Подобрать показатели интенсивности дождя  $q_{20}$ ,  $n$ ,  $m_r$ ,  $P$ , по приложению А.
8. Определить среднее значение коэффициента  $z_{mid}$ , характеризующего поверхность бассейна стока (по приложению А).
9. Определить продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника  $t_{can}$ .
10. Определить продолжительность протекания дождевых вод до рассчитываемого сечения  $t_p$ .
11. Определить расчетную продолжительность дождя  $t_r$ .

**Исходные данные:** генплан города с вариантом, соответствующем порядковому номеру в журнале.

Таблица 2 - Исходные данные

№ в-та	Площадь				Расположение объекта проектирования
	твердых покрытий, м <sup>2</sup>	грунтовых покрытий, м <sup>2</sup>	озеленения, м <sup>2</sup>	застройки, м <sup>2</sup>	
1	1400	—	1920,0	1324,96	Челябинск
2	1350	—	2758,8	751,2	Магнитогорск
3	365,0	-	365,0	400,99	Южноуральск
4	80	230	40	450	Троицк
5	2320	30	270	584,87	Катав-Ивановск
6	1350	50	2758,8	751,2	Магнитогорск
7	3065	125	1819	1216	Челябинск
8	25	470	220	404,85	Катав-Ивановск
9	1807	—	1377	1360	Троицк
10	25	470	220	404,85	Южноуральск
11	70	120	230	540	Челябинск
12	35	220	150	670	Катав-Ивановск
13	190	330	900	820	Троицк
14	1500	-	1000	1100	Южноуральск
15	2000	-	1300	990	Челябинск

### Контрольные вопросы

1. Назовите метеорологические основы расчета количества осадков.
2. Расскажите методику расчета интенсивности дождя и расхода дождевых вод.
3. Дайте определение интенсивности дождя.
4. Поясните, от чего зависит коэффициент стока и как его определяют.

### Литература:

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М.:, 2012. – 72с.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

## **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ДОЖДЕВОЙ СЕТИ**

**Цель работы:** 1. Научиться устанавливать границы бассейнов водоотведения в зависимости от рельефа местности;

2. Освоить принципы трассировки главного коллектора и уличных сетей;

3. Определять места расположения регулирующих резервуаров.

### **Знания (актуализация):**

- системы сбора и отведения поверхностного стока;
- правила установления границ бассейнов водоотведения;
- принципы трассировки дождевых сетей;
- случаи применения регулирующих резервуаров;

### **умения:**

- устанавливать границы бассейнов водоотведения;
- выполнять трассировку дождевых водоотводящих сетей;
- определять места расположения регулирующих резервуаров.

### **Теоретический материал:**

Закрытая подземная дождевая сеть устраивается при полной раздельной системе водоотведения. В нее не допускается сброс каких-либо загрязненных сточных вод. С помощью дождевой сети атмосферные (дождевые и талые) воды отводятся либо непосредственно в водоемы, либо на очистные сооружения.

Дождевая сеть проектируется безнапорной (самотечной). Наполнение в трубах принимается полным.

Принципы составления схем дождевой сети аналогичны принципам составления схем бытовой сети. Коллекторы и уличная сеть дождевой сети

трассируются в соответствии с рельефом местности (направление течения воды в трубопроводах должно совпадать с уклоном поверхности земли). При этом обеспечивается минимальное заглубление трубопроводов.

В соответствии с рельефом местности территория обслуживаемого объекта разбивается на бассейны водоотведения. Коллекторы бассейнов водоотведения следует трассировать по тальвегам и кратчайшим путем к водоемам. При проектировании дождевой сети применяется перпендикулярная схема.

Обычно при одном и том же рельефе местности возможно устройство схемы сети с разным числом бассейнов и коллекторов, а следовательно, выпусков воды в водоем. На рисунке 1 показаны схемы дождевой сети с двумя и четырьмя коллекторами и выпусками.

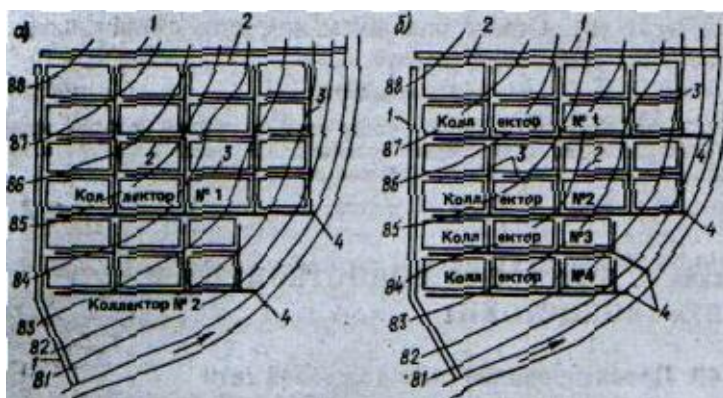


Рисунок 1 - Схемы дождевой сети с разной степенью децентрализации выпусков

а - с двумя выпусками; б - с четырьмя выпусками;

1 - нагорные каналы; 2- кварталы; 3 - дождевая сеть; 4 – выпуски

Увеличение числа коллекторов приводит к снижению их диаметров, а следовательно, и стоимости строительства. В то же время возможно некоторое увеличение заглубления коллекторов. Выпуски воды в водоемы - сложные и дорогостоящие сооружения. Увеличение их числа в 2 раза во второй схеме может вызвать увеличение стоимости строительства. Выбор окончательного варианта схемы и степени децентрализации выпусков дождевых вод в водоемы

должен производиться на основании технико-экономического сравнения предварительно намеченных схем.

Если предусмотрена очистка атмосферных вод на локальных очистных сооружениях, то следует стремиться к разработке схем с меньшим числом бассейнов. Концентрация стока позволяет сокращать число локальных очистных сооружений, разделительных камер и ливнеотводов от них. При очистке атмосферных вод на централизованных очистных сооружениях возникает необходимость устройства главного коллектора для перехвата воды от коллекторов бассейнов и транспортирования ее к очистным сооружениям. В этом случае концентрация стока не обязательна. Возможно увеличение числа бассейнов. Наиболее оптимальное решение схемы будет при минимальном заглублении коллекторов бассейнов перед присоединением к главному коллектору.

В ряде случаев на схему сети может повлиять наличие железной дороги, трамвайных путей. Число пересечений с ними должно быть минимальным. Трассировку сети следует производить также с учетом особенностей взаимного расположения с другими подземными сооружениями.

Устройство дюкеров на дождевой сети через водные протоки и овраги и в местах пересечения с крупными подземными сооружениями (водопроводами больших диаметров, газопроводами, линиями метро малого заложения) весьма нежелательно вследствие плохих гидравлических условий их работы.

Трассирование уличных трубопроводов осуществляется по следующим схемам: по пониженной грани; по объемной схеме и по черезквартальной схеме. Разбивку кварталов на части площадей, тяготеющие к соответствующим веткам, следует производить с учетом либо проектов вертикальной планировки, либо рельефа местности.

В целях сокращения длины подземной сети и уменьшения ее стоимости для отвода дождевых вод целесообразно использовать лотки мостовых. В зависимости от расчетного расхода дождевых вод и уклона улиц эти лотки могут обслужить до одного-трех кварталов. При использовании уличных

лотков на территории кварталов приходится устраивать поверхностный отвод дождевых вод, что вызывает потоки воды поперек тротуара, затрудняющие движение пешеходов.

Одновременно с выбором схемы дождевой сети следует решать вопрос об устройстве и определении мест расположения регулирующих резервуаров. При их устройстве появляется возможность временной задержки части дождевых вод и сокращения расхода отводимых вод в период интенсивных ливней. Задержанный объем воды постепенно удаляется из резервуара после снижения интенсивности дождя или после полного его прекращения. Устройство регулирующих резервуаров не всегда обеспечивает уменьшение стоимости строительства дождевой сети. В качестве регулирующих резервуаров целесообразно использовать существующие пруды, овраги и ложбины. Строительство специальных подземных и железобетонных резервуаров оправдано лишь в отдельных случаях.

Регулирующие резервуары могут применяться в следующих случаях:

1. в местах присоединения кюветов и канав, несущих значительные расходы дождевых вод к подземной сети;
2. перед длинными (больше 0,5-1 км) отводными коллекторами;
3. на дождевой сети промышленных предприятий перед присоединением их к уличной сети городов (чтобы исключить подтопление территорий промышленных предприятий);
4. перед насосными станциями для перекачки дождевых вод;
5. перед очистными сооружениями (как правило, обязательно).

### ***Исходные данные:***

Генплан города с горизонталями через 1-2 метра.

### **Ход работы:**

1. Определить границы водоразделов.
2. Выполнить трассировку.
3. Определить места установки регулирующих резервуаров.



**Контрольные вопросы:**

1. Назовите правила установления границ бассейнов водоотведения.
2. Объясните принципы трассировки главного коллектора и уличных дождевых сетей водоотведения.
3. Назовите условия определения мест регулирующих резервуаров.
4. Поясните принцип работы и конструкции регулирующих резервуаров.

**Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М.:, 2012. – 72с.

## **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УЧАСТКОВ СЕТИ**

**Цель работы:** 1. освоить методику выполнения гидравлического расчета.

**Знания (актуализация):**

- правила определения диктующих точек на дождевой сети водоотведения;
- условия определения минимальной глубины заложения;
- методику выполнения гидравлического расчета;

**умения:**

- составлять схему дождевой сети;
- выполнять гидравлический расчет.

### **Теоретический материал:**

Гидравлический расчет дождевой сети начинают после составления ее схемы. Уличная сеть разбивается на расчетные участки, границами которых, как правило, бывают перекрестки улиц. Бассейны разбиваются на площади стока, тяготеющие (собственные) к отдельным участкам уличной сети. Кварталы рассматриваются отдельно, но с учетом площади прилегающих частей проездов до их оси. Каждый квартал нумеруется, а отдельные его части обозначаются буквами. Для упрощения последующих расчетов составляется ведомость площадей с их нумерацией и значением площади, га. Производится нумерация всех участков и для каждого бассейна определяется диктующая точка, от которой и начинается расчет трубопроводов. Результаты расчетов дождевой сети целесообразно сводить в таблицу определенной формы (таблица 1).

Минимальную глубину заложения принимаем как наибольшую из двух величин:

$$h = h_{\text{пр}} - a, \text{ м};$$

$$h' = 0,7 + D, \text{ м},$$

где  $h_{пр}$  – глубина промерзания, определяется в зависимости от расположения объекта проектирования;

$a$  – параметр, принимаемый в зависимости от диаметра труб: до 500 мм – 0,3 м, для большего диаметра – 0,5м;

$D$  – диаметр труб.

*Таблица 3 - Гидравлический расчет и расчет продольного профиля дождевой сети города*

№ участков	Длина участков, м	Площадь стока, га			Скорость протока, м/с	Продолжительность протока по участку, мин
		собственная	притоковая	общая		
1	2	3	4	5	6	7
0-1						
1-2						

*Продолжение табл. 3*

№ участков	Расчетная продолжительность дождя $t_r$ , мин	Интенсивность дождя $q_b$ , л/(с·га)	Расчетный расход, л/с	Диаметр трубы, мм	Уклон лотка трубы $i$	Пропускная способность, л/с	Падение $\Delta h$ , м
1	8	9	10	11	12	13	14
0-1							
1-2							

*Продолжение табл.3.*

Продолжение табл. 5.

№ участка	Отметки, м						Глубина заложения трубы, м	
	Поверхности земли		Лотка трубы		Шелыги трубы			
	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце
1	15	16	17	18	19	20	21	22
0-1								
1-2								

Форма таблицы 3 составлена с учетом использования графического метода определения интенсивности дождя. Площади стока в графах 3 и 4 определяются по схеме дождевой сети. Следует, однако, иметь в виду, что расчетный расход дождевых вод иногда получается максимальным не со всей площади стока, как это следует из метода предельных интенсивностей. Это

отмечается при неправильной конфигурации бассейна стока в плане, т. е. неравномерном нарастании их по длине коллектора; при резко меняющихся (по отдельным частям бассейна стока) коэффициентах стока; резких колебаниях уклонов поверхности земли в бассейне коллектора; присоединении притока к коллектору в виде канавы, время протока по которой значительно.

На рисунке 2 показаны три схемы дождевой сети, рассмотренные Г. Г. Шигориным, в которых расчетный расход на участках 2-3 получился максимальным не со всей площади  $F_1 + F_2$ , а с площади стока  $F_2$ . Обнаружить эту особенность можно только при проведении поверочных расчетов.

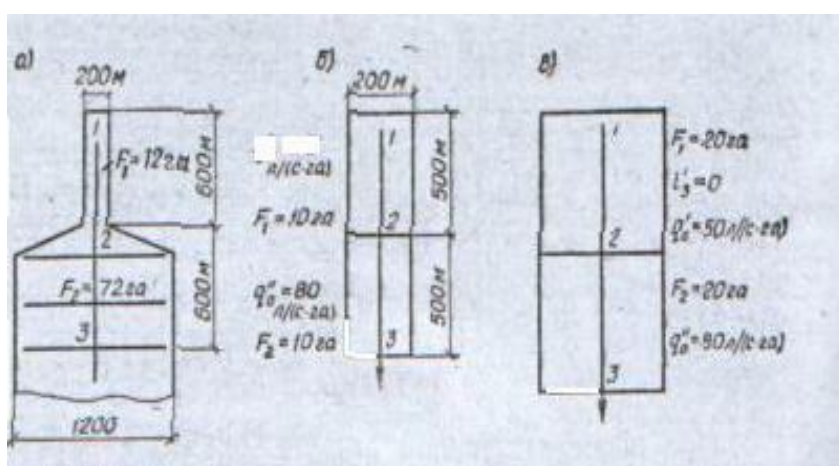


Рисунок 2 - Схемы дождевых сетей

а - при неравномерном нарастании площади стока по длине коллектора; б - при резком изменении коэффициента стока по длине коллектора; в-при резком изменении рельефа местности по длине коллектора

Территории садов и парков, не оборудованные дождевой сетью (открытой или закрытой), в расчетной величине площади стока и при определении коэффициента стока не учитываются. Если эти территории имеют уклон поверхности 0,008-0,01 и более в сторону уличных проездов, то в расчетную площадь стока надлежит включать прилегающую к проезду полосу шириной 50-100 м.

Скоростью протока в графе 6 задаются с учетом уклона поверхности земли. При небольшом уклоне поверхности земли или плоском рельефе местности скорость принимают равной и немного больше самоочищающей.

Интенсивность дождя  $q_r$  в графе 9 определяется по предварительно составленной зависимости (из практической работы №1)  $q_r = f(t_r)$ . Расчетный расход в графе 10 рассчитывается по формуле

$$q_r = q_d FK$$

где  $F$  – площадь стока, га;

$q_d$  – интенсивность дождя достигшего водоотводящей сети;

$K$  – поправочный коэффициент, который зависит от площади стока  $F$ :

Таблица 4 - Поправочный коэффициент

$F, \text{га}$	500	1000	2000	5000	6000	8000	10000
$K$	0,95	0,90	0,85	0,80	0,7	0,6	0,55

Данные граф 11-13 получаются в итоге гидравлического расчета трубопровода, который обычно выполняется по соответствующим таблицам и по расходу (в графе 10) с учетом уклона поверхности земли, определяемым по отметкам поверхности земли (в графах 15 и 16).

Отметки лотка трубы в конце участка (графа 18) находятся путем вычитания величины падения, определяемого по формуле  $\Delta h = i \cdot l$  из отметки лотка трубы в начале ее.

Определение остальных данных таблицы 3 не требует специального пояснения.

Как отмечалось выше, расчет дождевой сети начинают с диктующей точки. Для построения продольного профиля в диктующей точке следует специально определить минимальное заглубление трубопровода до лотка. При этом выполняются следующие условия: 1) исключение промерзания труб; 2) исключение разрушения труб от действия внешних воздействий движущегося транспорта и 3) обеспечение присоединения к первому расчетному участку внутриквартальных сетей. Все расчеты выполняются, как и при проектировании бытовой сети. Начальное заглубление первого дождеприемника внутриквартальной сети следует принимать равным глубине промерзания грунта.

Если расчет дождевой сети производится с использованием коэффициента уменьшения интенсивности  $\rho$ , то его также рекомендуется сводить в таблицу, аналогичную таблице 3. При этом необходимо изменить название граф 8 и 9; графу 8 следует называть «Продолжительность протока по трубопроводам  $t_p$ , мин»; графу 9 - «Коэффициент уменьшения интенсивности  $\rho$ » (он находится по приложению А с учетом значений  $t_p$  и  $n$ ).

Расчетный расход вычисляется по формуле

$$q_r = \rho q_o FK$$

Величина  $q_o$  должна быть определена в начале расчета по формуле (приложение А):

$$q_o = \psi_{mid} A / 5^n$$

#### ***Ход работы:***

1. Составить схему дождевой сети;
2. Разбить уличную дождевую сеть на расчетные участки;
3. Произвести нумерацию всех участков;
4. Разбить бассейны на площади стока;
5. Составить таблицу площадей с их нумерацией и значением площади,  $га$ ;
6. Определить диктующую точку для каждого бассейна;
7. Результаты расчетов свести в таблицу 3.

#### ***Исходные данные***

- Генплан города с выполненной ранее трассировкой (практическое занятие №2);
- Построенный ранее (практическое занятие №1) график удельных расходов.

#### **Контрольные вопросы**

1. Поясните принцип разбивки дождевой сети на расчетные участки.
2. Объясните правила определения диктующих точек;
3. Условия, которые необходимо соблюдать при определении минимального заглубления;
4. Расскажите порядок выполнения гидравлического расчета.

### **Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М., 2012. – 72с.
2. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и дюкеров по формуле акад.. Н.Н.Павловского - М.: Стройиздат .

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

## **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: РАСЧЕТ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

### **Цель работы:**

1. Изучить основные технологические схемы очистки поверхностного стока;
2. Освоить методику выполнения расчета сооружений по очистке поверхностных сточных вод.

### **Знания (актуализация):**

- основные технологические схемы очистки поверхностного стока;
- требования к степени очистки поверхностного стока;
- знать порядок расчета.

### **умения:**

- выполнять расчет очистных сооружений;
- пользоваться таблицами и справочной литературой.

### **Теоретический материал:**

Поверхностный сток формируется из дождевых, талых и поливочных вод и отводится по дождевой (ливневой) или общесплавной сети водоотведения. Даже при раздельной системе водоотведения совместно с поверхностным стоком отводятся дренажные воды, а на территории промышленных зон- и производственные стоки, прошедшие локальную очистку.

*В дождевых водах* присутствуют всевозможные загрязнения, поступающие из атмосферы и накапливающиеся на поверхности.

*Дренажный сток* включает подземные воды с присущими им компонентами загрязнений: железом, алюминием, марганцем, медью, фенолом.

*Талый сток*, помимо загрязнений местного происхождения, может содержать примеси, попавшие в атмосферу вдалеке от места осадения.

Очистка поверхностного стока с городских населенных территорий может производиться как самостоятельно, так и совместно с очисткой городских



сточных вод. В первом случае на устьевых участках главных коллекторов применяют локальные и централизованные очистные сооружения, размещаемые за пределами городской застройки нижепотечению основного водотока. Второй случай применяется при повышенных требованиях к степени удаления загрязняющих веществ, а также в системе полураздельной канализации. Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока должен быть обоснован технико-экономическим сравнением вариантов.

Полураздельная система водоотведения целесообразна (по приведенным затратам) при интенсивности дождя  $q_{20}^1 \leq 100$  л/с·га (табл. 5). Степень очистки поверхностных вод совместно с городскими сточными водами (при полураздельной системе канализации) очень высока и на выходе из сооружений биологической очистки содержание взвешенных веществ органических соединений, выраженных БПК<sub>полн</sub>, не превышает 15-20 мг/л.

Таблица 5 - Относительные значения приведенных затрат при раздельной системе канализации (по отношению к полураздельной)

Тип города	Система канализации	Интенсивность дождя $q_{20}$			
		40	60	90	120
А	Раздельная с централизованными очистными сооружениями	<u>108,8</u>	<u>108,2</u>	<u>101,9</u>	98,1
		103,9	109,5	100,5	-
Б	То же	<u>106,4</u>	<u>103,1</u>	<u>103</u>	<u>99,6</u>
		103,2	105,6	102,4	-
	Раздельная с локальными очистными сооружениями	<u>115,7</u>	<u>111,3</u>	<u>114,4</u>	<u>111,9</u>
		111,7	111,6	114,4	-
В	То же с централизованными очистными сооружениями	<u>103,7</u>	<u>105</u>	<u>101,9</u>	<u>98,8</u>
		104	103	97,8	95,7

Примечания: 1. В числителе  $p_{оч} = 0,01$ , в знаменателе  $p_{оч} = 0,05$ .

1. А, Б, В – города с населением 75, 140 и 350 тыс. человек соответственно.

Схема очистных сооружений, прежде всего, зависит от расхода, подаваемого на очистку, и требуемой степени очистки. Для снижения производительности очистных сооружений сток, как правило, усредняют. Степень очистки поверхностного стока в зависимости от принятой схемы

отведения определяется требованиями к качеству воды, используемой в технологических процессах, или условиями спуска его в водные объекты. Качество воды, используемой на производственные цели, устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от назначения воды, требований технологического процесса, используемого сырья, оборудования и готового продукта производства, а также санитарно-гигиенических условий.

Предусматривается, как правило, механическая и физико-химическая очистка поверхностного стока. В зависимости от характеристики и требуемой степени очистки могут использоваться; решетки, песколовки, отстойные сооружения различных типов, аккумулирующие емкости, фильтровальные сооружения, флотаторы, сооружения для реагентной и биологической очистки. Очистные сооружения могут быть открытого и закрытого типов.

#### ***Ход работы:***

1. Выполнить расчет одного из сооружений по очистке поверхностных сточных вод. (см.приложение Г).

***Таблица 6 - Исходные данные***

Исходные данные	Взвешенные вещества, мг/л	Нефтепродукты, мг/л
№ варианта		
1	200	10
2	250	15
3	300	20
4	350	25
5	400	30
6	450	35
7	500	40
8	550	45
9	200	50
10	250	55
11	300	60
12	350	65
13	400	70
14	450	10
15	500	15
16	550	20
17	200	25
18	250	30
19	300	35
20	350	40
21	400	45
22	450	50
23	500	55

24	550	60
25	200	65
26	250	70
27	200	25
28	250	30
29	300	35
30	350	40

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные требования к очистке поверхностных сточных вод.
2. Назовите сооружения механической и физико-химической очистки поверхностного стока.
3. Назовите сооружения биологической очистки поверхностного стока и принцип их работы.
4. Перечислите способы доочистки поверхностного стока.
5. Расскажите принцип работы очистных сооружений на водосточных сетях.
6. Назовите основные схемы очистки поверхностных сточных вод.
7. Перечислите особенности расчета производительности очистных сооружений поверхностных сточных вод.
8. Поясните основы расчета локальных очистных сооружений.

### **Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М.:, 2012. – 72с.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5**

## **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ВЫПОЛНИТЬ ЧЕРТЕЖИ ОСНОВНЫХ СХЕМ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

### **Цель работы:**

1. Выполнить чертеж технологической схемы очистки поверхностного стока;

### **Знания (актуализация):**

— основные технологические схемы очистки поверхностного стока;

### **умения:**

— выполнять чертежи очистных сооружений;  
— пользоваться справочной литературой.

### **Теоретический материал:**

Наружная дождевая канализация предназначена для организованного и достаточно быстрого отвода выпавших на территории города или промышленного предприятия атмосферных осадков или талых вод. Если улицы и проезды покрыты усовершенствованной водонепроницаемой мостовой, необходим быстрый отвод этих вод, так как во время сильных ливней возможно затопление улиц и подвалов зданий, расположенных в низких местах.

Наружную дождевую (водосточную) сеть устраивают трех типов:

а) открытого типа - дождевые воды отводятся по открытым канавам или лоткам:

б) закрытого типа - дождевая вода поступает с поверхности земли в водоотводные лотки и через дождеприемники в сеть подземных трубопроводов, по которой они и сбрасываются по наикратчайшим расстояниям в ближайшие тальвеги или непосредственно в естественные водоемы;

в) смешанного типа - сочетание открытой и закрытой сети: отвод поверхностных вод по открытым лоткам до ближайшего дождеприемника, далее вода попадает в уложенный в земле закрытый трубопровод и по нему отводится самотеком к месту выпуска в водоем.

Дождевые стоки перекачиваются насосными установками лишь в очень редких случаях. Для отвода атмосферных вод с плоских кровель зданий, а также цехов промышленных предприятий устраивают внутренние водостоки, размещенные в пределах зданий. Из внутренней сети атмосферные осадки отводят в наружную дождевую канализацию.

При разработке схемы отведения и очистки поверхностного стока с промышленных площадок необходимо учитывать источники, характер и степень загрязнения территории и атмосферы, размеры, конфигурацию и рельеф водосборного бассейна, наличие свободных площадей для строительства очистных сооружений и др. Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока должен осуществляться на основе оценки технической возможности экономической целесообразности следующих мероприятий:

- использования неочищенного поверхностного стока в системах технического водоснабжения;
- локализации тех участков производственных территорий, на которых возможно попадание на поверхность специфических загрязнений, с отводом стока в производственную канализацию или после их предварительной очистки - в дождевую сеть;
- раздельного отведения поверхностного стока с водосборных площадей, отличающихся по характеру и степени загрязнения территории;
- самостоятельной очистки поверхностного стока;
- подачи поверхностного стока на общезаводские очистные сооружения для совместной с производственными сточными водами очистки.

Наиболее перспективным следует считать вариант использования очищенного поверхностного стока в системах производственного водоснабжения. В этом случае целесообразно после аккумуляции и отстаивания направлять поверхностный сток для дальнейшей очистки и корректировки ионного состава на сооружения водоподготовки.

На крупных предприятиях, включающих производства с разнообразными технологиями, поверхностный сток с территории отдельных производств может

значительно различаться. В таких случаях рационально направлять поверхностный сток отдельных водосборных площадок в производственную канализацию или перед сбросом в дождевую канализацию подвергать его предварительной очистке. Так, на машиностроительных предприятиях целесообразно предусматривать локальные сооружения, например нефтеловушки, для очистки поверхностного стока с площадок разбора машин, их ремонта и испытания различных механизмов. Такие сооружения позволяют удалять основное количество загрязнений из локального потока поверхностного стока простым и относительно дешевым методом и тем самым облегчить работу централизованных очистных сооружений. Иногда целесообразно устраивать контрольные емкости для сбора поверхностного стока с отдельных участков и направлять его в дождевую или производственную канализацию в зависимости от качества.

Такие решения применяются на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, на которых в поверхностный сток могут попадать токсичные примеси. Схема отведения должна предусматривать, по возможности, самотечную подачу поверхностного стока на очистные сооружения.

Схема очистных сооружений, прежде всего, зависит от расхода, подаваемого на очистку, и требуемой степени очистки. Для снижения производительности очистных сооружений сток, как правило, усредняют. Степень очистки поверхностного стока в зависимости от принятой схемы отведения определяется требованиями к качеству воды, используемой в технологических процессах, или условиями спуска его в водные объекты. Качество воды, используемой на производственные цели, устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от назначения воды, требований технологического процесса, используемого сырья, оборудования и готового продукта производства, а также санитарно-гигиенических условий.

Предусматривается, как правило, механическая и физико-химическая очистка поверхностного стока. В зависимости от характеристики и требуемой

степени очистки могут использоваться; решетки, песколовки, отстойные сооружения различных типов, аккумулирующие емкости, фильтровальные сооружения, флотаторы, сооружения для реагентной и биологической очистки. Очистные сооружения могут быть открытого и закрытого типов.

***Ход работы:***

2. Выбрать схему очистки поверхностного стока (см.приложение В);
3. Выполнить чертеж выбранной схемы (см.приложение В).

***Исходные данные:***

- Выполненные ранее расчеты (практическое занятие №1).

**Контрольные вопросы**

1. Назовите основные схемы очистки поверхностных сточных вод.
2. Перечислите достоинства и недостатки каждой из схем.
3. Объясните свой выбор схемы.

**Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М., 2012. – 72с.

# **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

## **Цель работы:**

1. Освоить методику выполнения расчета производительности сооружений по очистки поверхностных сточных вод.

### **Знания (актуализация):**

- требования к степени очистки поверхностного стока;
- знать порядок расчета.

### **умения:**

- выполнять расчет производительности очистных сооружений;
- пользоваться таблицами и справочной литературой.

## **Теоретический материал:**

Следует различать участки сети общесплавной канализации до ливнеспусков и после них. Метод расчета сети общесплавной канализации с ливнеспусками, разработан ЛНИИ АКХ.

Количество жителей в населенном пункте определяется по формуле

$$N = F \cdot P,$$

где  $F$  - площадь застройки, га;

$P$  - плотность населения, чел/га.

Расчетный расход ( $Q_{\text{общ}}$ , л/с, на участке сети до первого ливнеспуска равен сумме бытового  $Q_{\text{быт}}$ , производственного  $Q_{\text{пр}}$  и дождевого  $Q_{\text{дожд}}$  расходов:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{дожд}}.$$

Сеть проверяют также на расход в сухую погоду

$$Q_{\text{сух}} = Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}$$



В сухую погоду скорости потока в сети не должны быть меньше допустимых для бытовой сети.

Количество дождевой воды, сбрасываемой через ливнеспуски, равно произведению расчетного расхода в сухую погоду на коэффициент разбавления. Если расход превышает эту величину, то избыток сбрасывается по ливнеспуску в водоем.

Расчетный расход, л/с, на участке коллектора после любого ливнеспуска определяется по формуле

$$Q_{\text{дожд}} = n_0(Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{пр}}) + Q_1,$$

где  $Q_1$  - расход дождевых вод с площади, расположенной ниже ливнеспуска. (Практическое занятие №1).

$n_0$  - коэффициент разбавления, 1,5-3,0.

Полный расход на участке ниже ливнеспуска определяется по формуле

$$Q_{\text{общ}} = n_0(Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{пр}}) + Q_1 + (Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{пр}})$$

Следует иметь в виду, что весь расход сброса условно относится к дождевым водам, поэтому расходы бытовых вод суммируются без учета сброса на ливнеспуске.

Расчётные расходы сточных вод от населения определяют по расчетному количеству населения и нормам водоотведения с учётом коэффициентов неравномерности поступающих сточных вод на станцию и с учётом перспективного развития населенных пунктов:

-суточные расходы бытовых сточных вод

$$Q = \frac{N_p \cdot q_n \cdot K_{\text{сут}}}{1000}$$

где  $K_{\text{сут}}=1,2$  - коэффициент суточной неравномерности, определяется в соответствии с п.2.2. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения;

- часовые расходы

$$Q = \frac{q_n \cdot N_p \cdot K_{\text{общ}}}{1000}$$

где  $K_{\text{общ}}$  - общий коэффициент неравномерности притока сточных вод, определяется по табл. 2 СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения.

$N_p$  - расчётное число жителей города.

$q_n$  - норма водоотведения на одного жителя, л/сут·чел.

Расход производственных сточных вод определяется согласно заданию.

### ***Ход работы:***

1. Определить количество жителей в населенном пункте.
2. Определить расчетный расход бытовых сточных вод.
3. Определить расчетный расход на участке сети до первого ливнеспуска.
4. Определить расчетный расход на участке коллектора после ливнеспуска.
5. Определить полный расход на участке ниже ливнеспуска.

***Таблица 7 - Исходные данные***

Номер варианта	Плотность населения	Степень благоустройства	Расход производственных сточных вод	Номер варианта	Плотность населения	Степень благоустройства	Расход производственных сточных вод
1	170	1	1000	14	300	1	2300
2	180	2	1100	15	310	2	2400
3	190	3	1200	16	320	3	2500
4	200	1	1300	17	330	1	600
5	210	2	1400	18	340	2	700
6	220	3	1500	19	350	3	800
7	230	1	1600	20	175	1	900
8	240	2	1700	21	185	2	1050
9	250	3	1800	22	195	3	1150
10	260	1	1900	23	205	1	1250
11	270	2	2000	24	215	2	1350
12	280	3	2100	25	225	3	1450
13	290	1	2200	26	235	1	1550

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7**

### **НАЗВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

#### **Цель работы:**

1. Освоить методику выполнения расчета локальных очистных сооружений.

#### **Знания (актуализация):**

- основное оборудование локальных очистных сооружений;
- знать порядок расчета.

#### **умения:**

- выполнять подбор очистных сооружений;
- пользоваться справочной литературой.

#### **Теоретический материал:**

Очистные сооружения для стоков ливневой канализации необходимы в тех местах, где особо накапливаются дождевые потоки или тающие снега. Это могут быть крыши домов, дороги с их уклонами, спортивные площадки и другие сооружения и инженерные постройки, где возможно затопление из-за ливневых стоков.

В основную задачу ливневой канализации входит сбор стоков дождевой и талой воды, очистка от вредных веществ и загрязнений, а затем, вывод очищенной воды в водоемы, реки и озера.

Очищение производится от нефтепродуктов, твердых взвешенных частиц, а также химических загрязнений.

Ведь вода по пути в септик или другую, какую очистительную емкость набирает большое количество химической и неразлагаемой грязи, которая не может просто так перетекать в водоемы и загрязнять окружающую природную среду. Особенно, это касается городских ливневых стоков.



Рисунок 3 - Локальные очистные сооружения

Большинство современного оборудования по очистке ливневых стоков обладает рядом преимущественных функциональных устройств и конструкций, которые с успехом справляются с рядом задач:

- удерживание и осаживание песка;
- улавливание нефтепродуктов из воды при помощи маслобензоразделителя;
- сорбирование канцерогенных и химических веществ при помощи фильтра;
- доочистка;
- сбор в послеочистой колодец и проверка воды на степень чистоты;
- вывод очищенной и обеззараженной воды в водоемы, реки или поля.

Нормативами законодательства РФ особо предусматривается устанавливать ливневые очистительные сооружения в местах, где есть большие риски загрязнения природной среды и скопление людей, производственных предприятий, машин и автотрасс, выбросов химикатов в атмосферу.

Эти системы по принципу работы очень схожи канализационными септиками, функция которых не просто принимать и хранить бытовые нечистоты, но также отстаивать их, очищать в несколько этапов, а затем через фильтры выводить в почвенный грунт.

Также и здесь, в таких системах, как локальные очистные сооружения, дождевая и талая вода, смывающая за собой различный мусор, всевозможные масла, промышленные отходы, нефтепродукты, устаревшие стройматериалы.

Локальные очистные сооружения включают в себя такие элементы:

- камера разделения потока сточных вод;
- аккумулирующая емкость;
- уловители и разделители воды от песка, нефти, масла, краски, бензина и других тяжелых жидкостей;
- сорбирующий фильтр;
- контрольный резервуар в виде колодца, где берутся пробы на степень очищения воды.

### ***Камера разделения потока***

Такие конструкции нужны для того, чтобы можно было за один раз принять большое количество водяных потоков. А чтобы система не была перегружена, воды поступают в специальную камеру, где порционно разделяются и подаются в сорбционные и фильтрационные камеры.

По подводящему к очистному сооружению коллектору или трубам стоки подаются в емкость разделительной камеры.

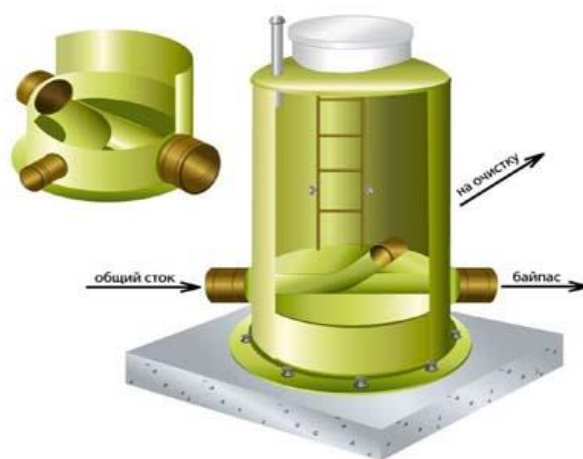


Рисунок 4 - Камера разделения потока сточных вод

Если уровень объема воды превышает, тогда лишние стоки через определенный участок трубопровода сбрасываются напрямую в объект сброса ливневых стоков, которые снова могут попасть следующим уже заходом в камеру.

### ***Аккумулялирующая емкость***

Функция аккумуляции состоит в том, чтобы на какое-то время задержать часть ливневых стоков, чтобы уберечь всю систему от перегрузки, особенно в периоды дождливых сезонов или сильных ливней.

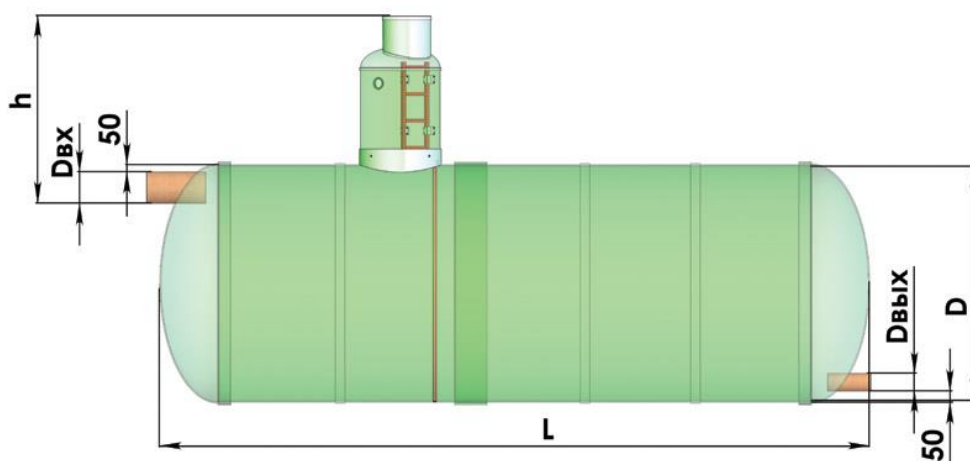


Рисунок 5 - Аккумулялирующая емкость ливневых стоков

Такая емкость освобождается от воды постепенно по мере угасания интенсивности дождя. Время для сбора ливневых потоков и наполнение такой емкости за сутки признано самым оптимальным.

Аккумулялирующие емкости, по большому счету, служат резервными камерами, которые принимают потоки вод в непредвиденных объемах.

### ***Пескоуловитель***

Такие резервуары в очистных сооружениях просто необходимы. Их фильтры разработаны специально таким образом, чтобы можно было эффективно и максимально задержать песок.

Однако они удерживают не только песок, но и многие другие минеральные частицы на 65-75%, находящихся во всей сточной массе.

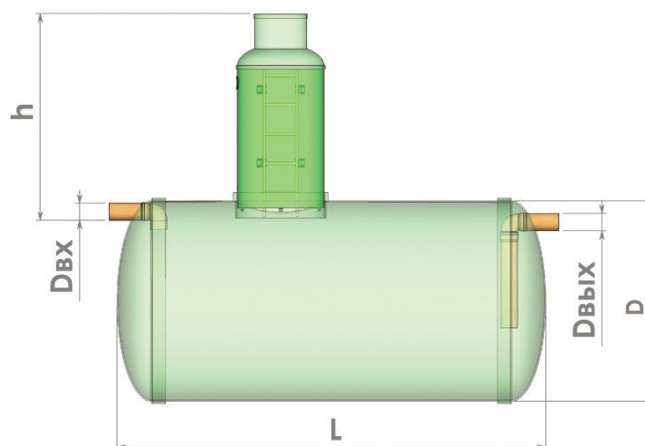


Рисунок 6 - Пескоуловитель

Здесь принцип работы таков, что песок задерживается при помощи торможения скорости подачи всей ливневой массы:

- в первом отсеке пескоуловителя тяжелые частицы осаживаются сразу;
- во втором – под воздействием пластмассовых пластин, располагающихся под определенным наклоном, песок сползает вниз;
- в третьем – очищенные от песка стоки самотеком попадают в следующий отсек.

Пескоуловитель очищают от осадка при помощи ассенизаторной машины.

### ***Нефтеуловитель***

Устройство нефтеуловителя позволяет разделять и очищать воду от любого масла, бензина, керосина и прочих жирных жидкостей, тяжелее и плотнее воды.

Здесь работают гравитационное поле и такое явление как коалисценция – слияние жирных капель или частиц путем притяжения.

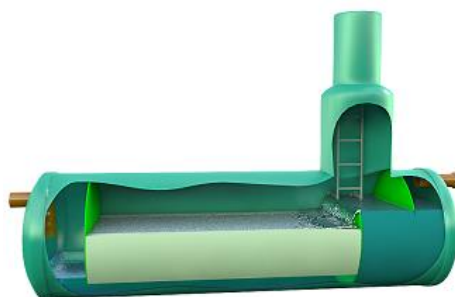


Рисунок 7 - Нефтеуловитель

Все частицы масел, бензина или других нефтепродуктов должны пройти коалисцентный модуль, к стенкам которого и прилипают, соединяются между собой, образуют крупные конгломераты, всплывают на поверхность, а затем, удаляются в периоды очищения нефтеуловителя.

В первом отсеке, как и в пескоуловителе, уменьшается скорость поступающих ливневых стоков, где взвешенные частицы оседают.

Второй отсек – это и есть коалисцентный модуль, где частицы жиров укрупняются и всплывают.

А в третьем отсеке происходит то же самое, что и в пескоуловителе – очищенные воды собираются и подаются в следующую камеру на дальнейшую обработку.

### ***Сорбционный фильтр***

Такие фильтры применяются для доочистки ливневых вод, чтобы подать их потому в контрольный колодец.

Здесь стоки очищаются от тонких и очень мелких взвешенных частиц, а также от нефтепродуктов с высокими оценками эмульгирования.

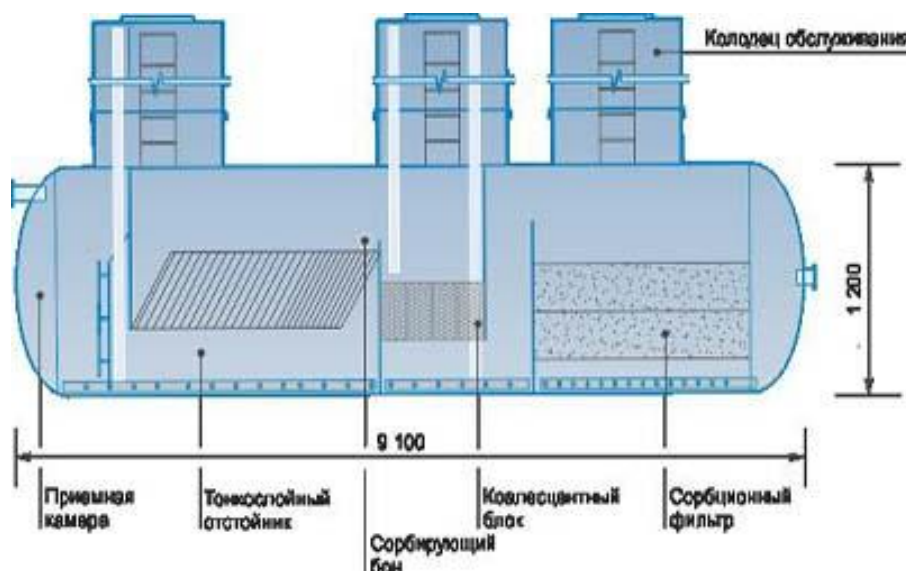


Рисунок 8 - Сорбционный фильтр

Слой твердого сорбента впитывает и поглощает все вредные вещества, и просачивает очищенную воду в водоприемный колодец. В этом слое присутствуют активные угли различных марок, поэтому сорбент является экологически чистым.



Очищенная вода сбрасывается в водоем.

***Ход работы:***

1. Выполнить подбор локальных очистных сооружений пользуясь ресурсами интернета.

***Исходные данные***

По известной производительности выполнить подбор локальных очистных сооружений.

**Контрольные вопросы**

1. Поясните основы расчета локальных очистных сооружений.
2. От чего зависит наличие решеток на очистных сооружениях?
3. Опишите принцип работы коалисцентного фильтра.

**Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М.:, 2012. – 72с.
2. Ресурсы интернета.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**НАЗВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ:** ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ПЛОЩАДЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ СНЕГА

### **Цель работы:**

1. установить количество фоновых загрязнений в поверхностном стоке по физико-химическим характеристикам снега.

### **Знания (актуализация):**

- методику определения pH талого снега;
- порядок определения количества органических примесей в снеге;
- порядок определения содержания ионов хлора;
- правила оценки содержания в снеге сульфатов.

### **умения:**

- устанавливать количество механических примесей в снеге (запыленности местности);
- определять pH талого снега;
- оценивать количество органических примесей в снеге;
- оценивать уровня окиси углерода в воздухе вблизи мест отбора проб снега;
- оценивать содержания ионов хлора на обследуемой территории;
- определять распределение содержания ионов кальция и магния на выбранной территории;
- оценивать содержания в снеге сульфатов.

### **Теоретический материал:**

Оценка загрязнения окружающей среды по степени загрязнения снежного покрова является широко используемым во всем мире приемом проведения мониторинга окружающей среды. Подобные исследования осуществляются во

многих странах и позволяют получать четкую картину экологической обстановки на значительных территориях в течение ряда лет. Результаты обследования по степени загрязнения снежного покрова имеют важное практическое значение и предоставляют учащимся возможность определить загрязнение поверхностного стока с селитебных территорий и площадей промышленных площадок.

*Фоновым загрязнением снега* являются пылевые загрязнения, неравномерно осаждающиеся в зависимости от уровня загрязнённости атмосферы и направления господствующих ветров. Осевшие частицы пыли во время оттепелей и весеннего снеготаяния смываются в водные объекты. Величина пылевого загрязнения является умеренной и не слишком загрязняет почву и воды.

*Локальные загрязнения снега* связаны с накоплением загрязняющих веществ при несвоевременной уборке мусора в местах его интенсивного образования (рынки и т.д.). Весной эти скопления медленно тают, интенсивно загрязняя почву и воду на локально ограниченных участках.

Наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где, как показывают измерения, снег загрязняется противогололёдными реагентами и особенно сильно, имеющими высокую токсичность, нефтепродуктами. Именно эти загрязнения оказывают дестабилизирующее влияние на водные экосистемы, делая их опасными для человека.

Загрязнение снега нефтепродуктами вызывается интенсивным движением транспорта и морозным выветриванием асфальтовых покрытий при воздействии противогололёдных смесей и отсутствии постоянного снежного покрова (большое количество ежегодных циклов замораживания и оттаивания, намного превышающее морозостойкость покрытия). Продукты выветривания асфальта осаждаются на дне водотоков и водоёмов, вызывая отравление токсикантами всей трофической цепи экосистемы.

**Оборудование:** фотоэлектроколориметр, плоскодонная колба, химическая воронка, бумажный фильтр, пробирки, фарфоровая чашка, стеклянная палочка, мерная колба (50 мл) и реактивы.

### **Ход работы:**

1. Перед началом исследования составляют схему обследуемой территории с указанием выбранных мест отбора снега, основных зданий и сооружений и их назначения. Мест отбора проб снега должно быть не менее 10.

2. Ориентируясь по схеме, отбирают образцы снега в выбранных местах на площадках размером не менее 1 м<sup>2</sup>. Количество снега должно составлять свыше 600-800 г. В качестве емкостей для сбора снега удобно пользоваться полиэтиленовыми бутылками на 1,5-2 л из-под питьевой воды, для чего у них отрезают ножницами верхнюю суживающуюся часть (снег в емкости должен быть плотно утрамбован). Каждая емкость должна быть пронумерована в соответствии с номерами мест отбора проб снега, номер закреплен на емкости скотчем (для нумерации может быть использован также лейкопластырь).

Для таяния снега собранные образцы оставляют при комнатной температуре до следующего занятия. В день сбора образцов снега студенты готовят к следующему занятию складчатые фильтры, плоскодонные колбы и химические воронки. Каждый складчатый фильтр взвешивают на аналитических весах. Вес бумажного фильтра и номер пробы записывают на краю фильтра карандашом. Параллельно нумеруют плоскодонные колбы в соответствии с номерами проб.

3. Во время отбора проб снега студенты определяют концентрацию окисиуглерода, используя газоанализатор «Элан». Работа прибора основана на изменении электропроводности раствора серной кислоты при пропускании анализируемого воздуха через электролитическую ячейку.

4. Определение запыленности территории. После того как снег растаял, его фильтруют через предварительно взвешенный складчатый фильтр, перенося осадок количественно на фильтр, для чего используют профильтрованный

раствор талого снега. Измеряют объем талого снега каждой пробы. Бумажные фильтры помещают в сушильный шкаф, нагретый до температуры 60-80 °С, или оставляют при комнатной температуре до следующего занятия. После высушивания фильтры взвешивают и определяют массу осадка. Поскольку объем талого снега во всех образцах разный, то, для того чтобы можно было провести сравнительную оценку запыленности территории, каждую величину пересчитывают на 1 л (кг) талого снега:

*Количество пыли на кг снега = масса осадка 1000/объем талого снега.*

5. Определение pH талого снега. В работе используют индикаторную бумагу (интервал pH 1 -14) или pH-метр; pH талого снега можно определить во время фильтрования.

6. Определение величины поглощения органических примесей.

Количество органических примесей можно определить, пока происходит фильтрование талого снега. Это значение оценивают по величине поглощения светового потока органическими веществами при 364 нм, которое происходит в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера

$$D = \lg I_0/I_c = \varepsilon Cl,$$

где  $D'$ -оптическая плотность раствора;  $I_0$ - интенсивность света, падающего на раствор;  $I_c$ - интенсивность света, прошедшего через раствор;  $\varepsilon$  - молярный коэффициент светопогашения;  $C$  - концентрация растворенного вещества, г-моль/л;  $l$  - толщина слоя раствора (толщина кюветы), см.

Данное исследование проводят при помощи фотоэлектроколориметра, принцип работы которого следующий. Колориметр имеет два кюветных отделения: одно - для исследуемого раствора, другое - для растворителя.

Первоначально в кюветное отделение для растворителя помещают дистиллированную воду и «зануляют» прибор (величина поглощения на табло должна быть равна нулю), благодаря чему при измерении величины поглощения светового потока исследуемым раствором поглощение

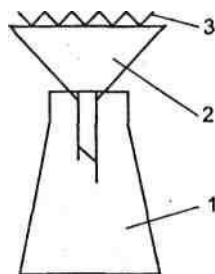
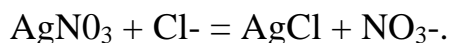


Рисунок 9 - Прибор для фильтрования талого снега:

1- плоскодонная колба; 2 – химическая воронка; 3- бумажный фильтр

самой водой автоматически вычитается, а регистрируемое значение соответствует только поглощению органических веществ.

7. Качественное определение ионов хлора [4]. Метод основан на осаждении хлорида серебра:



В пробирку наливают 5 мл пробы профильтрованного талого снега и добавляют 3 капли 10%-ного раствора азотнокислого серебра. Примерное содержание хлориона определяют по внешнему виду осадка:

- опалесцирующий (слабая муть) - содержание  $\text{Cl}^-$  1-10 мг/л;
- сильная муть - содержание  $\text{Cl}^-$  10-50 мг/л;
- хлопья, осаждающиеся не сразу,
- содержание  $\text{Cl}^-$  50 - 100 мг/л;
- белый объемный осадок - содержание  $\text{Cl}^-$  более 100 мг/л.

8. Определение общей жесткости в пробах снега и в пробах воды [3]. Метод представляет собой комплексометрическое титрование и основан на вытеснении эриохрома черного Т из комплекса с ионами кальция и магния этилендиаминтетрауксусной кислотой - процесс, сопровождающийся изменением цвета раствора с фиолетового на голубой (методику определения см. выше в разделе «Оценка качества питьевой воды»).

9. Колориметрический метод определения нитратов с салицил-ловокислым натрием [5]. Метод основан на реакции нитратов с салицилловым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет.

## Приготовление реактивов

Для приготовления 0,5%-ного раствора салициловокислого натрия 0,5 г салициловокислого натрия растворяют в мерной колбе в 100 мл дистиллированной воды.

10 н. раствор едкого натра готовят растворением в мерной колбе 400 г едкого натра в 1 л дистиллированной воды.

*Для получения раствора виннокислого калия-натрия 30 г калия-натрия виннокислого растворяют в 70 мл дистиллированной воды.*

## Проведение анализа

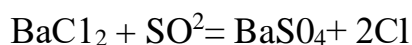
10 мл исследуемой воды помещают в фарфоровую чашку. Прибавляют 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают досуха. После охлаждения сухой остаток увлажняют 1 мл концентрированной серной кислоты, тщательно растирают его стеклянной палочкой и оставляют на 10 мин. Затем добавляют 5-10 мл дистиллированной воды и количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл. Прибавляют 7 мл 10 н. раствора едкого натра, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают. В течение 10 мин после прибавления едкого натра окраска не изменяется. Сравнение интенсивности окраски исследуемой пробы производят фотометрическим методом, измеряя оптическую плотность раствора (фиолетовый светофильтр).

Содержание нитратов определяют по калибровочному графику в мг/л (в работе желательно пользоваться готовой предварительно полученной стандартной кривой\*).

\* Калибровочную кривую можно получить, используя стандартные растворы, для приготовления которых отбирают в пробирки 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 10 мл рабочего стандартного раствора азотнокислого калия (в 1 мл - 0,01 мг азота) и доводят дистиллированной водой до 10 мл. Полученные растворы соответствуют содержанию нитратного азота 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 10 мг/л. Растворы переносят в фарфоровые чашки, прибавляют по 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают на водяной бане досуха. Сухой

осадок обрабатывают, как описано выше, и измеряют оптическую плотность стандартных растворов. Для построения калибровочного графика из полученных величин вычитают оптическую плотность нулевой пробы и результаты наносят на график.

10. Определение сульфат-ионов [6]. Метод основан на определении сульфат-иона в виде  $\text{BaSO}_4$  в солянокислой среде с помощью гликолевого реагента:



Гликоль, введенный в реакционную смесь при осаждении сульфата бария, стабилизирует образующуюся суспензию  $\text{BaSO}_4$  и делает возможным турбидиметрическое определение сульфатов.

#### Приготовление реактивов

Для получения гликолевого реагента смешивают в мерной колбе один объем 5%-ного водного раствора хлористого бария с тремя объемами этиленгликоля и тремя объемами 96%-ного этанола. Добавляют разбавленную соляную кислоту (1:1) до  $\text{pH} = 2,5-2,8$  и оставляют раствор на 1-2 суток. Раствор устойчив в течение 3-6 месяцев.

#### Проведение анализа

К 5 мл талого снега после фильтрования добавляют 1-2 капли соляной кислоты (1:1), 5 мл гликолевого реагента и тщательно перемешивают. Через 30 мин измеряют оптическую плотность полученного раствора на фотоэлектроколориметре или спектрофотометре в кюветах толщиной 20 мм при  $\lambda = 364$  нм. В качестве раствора сравнения используют исследуемую пробу с добавлением гликолевого реагента, приготовленного без хлорида бария. Содержание сульфатов находят по калибровочной кривой (в работе желательно пользоваться готовой предварительно полученной калибровочной кривой\*).

\* Для построения калибровочной кривой в мерные колбы на 50 мл вносят 0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,4; 2,0 мл стандартного раствора сульфата калия (0,5 мг в 1 мл) и доводят объем раствора до метки дистиллированной водой. Полученные растворы соответствуют концентрациям сульфат-иона 0; 1; 2; 4; 6; 10; 14; 20 мг/л. Отмеривают по 5 мл из каждого раствора в мерные цилиндры на 10 мл и



добавляют по 1-2 капли разбавленной соляной кислоты (1:1) и 5 мл гликолевого реагента, перемешивают и через 30 мин измеряют оптическую плотность полученных растворов, по значениям которой строят калибровочный график. Оптимальные интервалы концентраций для турбидиметрического определения сульфат-иона находятся в интервале 2—25 мг/л.

### *Оформление результатов исследования*

Все результаты определений записывают в таблицу.

№ пробы	Объем талого снега, мл	Масса пыли, г		Величина поглощения органических примесей	Жесткость талого снега, мг-экв/л	Содержание сульфат-ионов, мг/л	Содержание ионов хлора, мг/л	Содержание нитратов, мг/л	Содержание СО, мг/м <sup>3</sup>
		в проб	в л						

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите проблемы уборки и удаления снега с городских улиц и проездов.
2. Назовите основные фоновые и локальные загрязнения снега.

### **Литература:**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М., 2012. – 72с.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М.:, 2012. – 72с.
2. СНиП II - 60 - 75. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов / ФГУП ЦПП, 2004
3. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и дюкеров по формуле акад.. Н.Н.Павловского -М.: Стройиздат.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

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

### ОТЧЕТ

по выполнению практических (или лабораторных) работ  
по теме **2.2 «Формирование и очистка поверхностных и сточных  
вод»**

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

Выполнил: студент группы ВВ-325/б

Иванов В.И.

Проверил: преподаватель Хидиятуллина А.А.

Челябинск, 201\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОЖНЯ

- 1.1** Среднее значение коэффициента стока  $z_{mid}$  следует определять как средневзвешенную величину в зависимости от коэффициентов  $z$ , характеризующих поверхность и принимаемых по табл. 1 и 2.

Таблица 1

Поверхность	Коэффициент $z$
Кровля зданий и сооружений, асфальто-бетонные покрытия дорог	Принимается по табл. 2
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

Примечание. Указанные значения коэффициента  $z$  допускается уточнять по местным условиям на основании соответствующих исследований.

Таблица 2

Параметр $A$	Коэффициент $z$ для водонепроницаемых поверхностей
300	0,32
400	0,30
500	0,29
600	0,28
700	0,27
800	0,26
1000	0,25
1200	0,24
1500	0,23

- 1.2** При расчете стока с бассейнов площадью свыше 50 га с разным характером застройки или с резко различными уклонами поверхности земли следует производить проверочные определения расходов дождевых вод с разных частей бассейна и наибольший из полученных расходов принимать за расчетный. При этом, если расчетный расход дождевых вод с данной части бассейна окажется меньше расхода, по которому рассчитан коллектор на выше-

лежащем участке, следует расчетный расход для данного участка коллектора принимать равным расходу на вышележащем участке.

Территории садов и парков, не оборудованные дождевой закрытой или открытой канализацией, в расчетной величине площади стока и при определении коэффициента  $\alpha$  не учитываются. Если территория имеет уклон поверхности 0,008-0,01 и более в сторону уличных проездов, то в расчетную площадь стока необходимо включать прилегающую к проезду полосу шириной 50-100 м.

Озелененные площади внутри кварталов (полосы бульваров, газоны и т. п.) следует включать в расчетную величину площади стока и учитывать при определении коэффициента поверхности бассейна стока.

**1.3** Расчетную площадь стока для рассчитываемого участка сети необходимо принимать равной всей площади стока или части ее, дающей максимальный расход стока.

В тех случаях, когда площадь стока коллектора составляет 500 га и более, в формулы (2) и (3) следует вводить поправочный коэффициент  $K$ , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади и принимаемый по табл. 3.

Таблица 3

Площадь стока, га	800	1000	2000	4000	6000	8000	10000
Значение коэффициента $K$	0,95	0,90	0,85	0,8	0,7	0,6	0,55

Расчетные расходы дождевых вод с незастроенных площадей водосборов свыше 1000 га, не входящих в территорию населенного пункта, следует определять по соответствующим нормам стока для расчета искусственных сооружений автомобильных дорог согласно ВСН 63-76 Минтрансстроя.

**1.4** Расчетную продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам  $t_r$ , мин, следует принимать по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (1)$$

где  $t_{con}$  - продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин, определяемая согласно п.1.5;

$t_{can}$  - то же, по уличным лоткам до дождеприемника (при отсутствии их в пределах квартала), определяемая по формуле(2);

$t_p$  - то же, по трубам до рассчитываемого сечения, определяемая по формуле(3),

**1.5** Время поверхностной концентрации дождевого стока следует определять по расчету или принимать а населенных пунктах при отсутствии внутри-квартальных закрытых дождевых сетей равным 5-10 мин или при наличии их равным 3-5 мин.

При расчете внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации надлежит принимать равным 2-3 мин.

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам  $t_{can}$ , мин, следует определять по формуле

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{v_{can}}, \quad (2)$$

где  $l_{can}$  - длина участков лотков, м;

$v_{can}$  - расчетная скорость течения на участке, м/с.

Продолжительность протекания дождевых вол по трубам до рассчитываемого сечения  $t_p$ , мин, следует определять по формуле

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{v_p}, \quad (3)$$

где  $l_p$  - длина расчетных участков коллектора, м;

$v_p$  — расчетная скорость течения на участке, м/с.

Чертеж 1. Значения величин интенсивности дождя  $q_{20}$

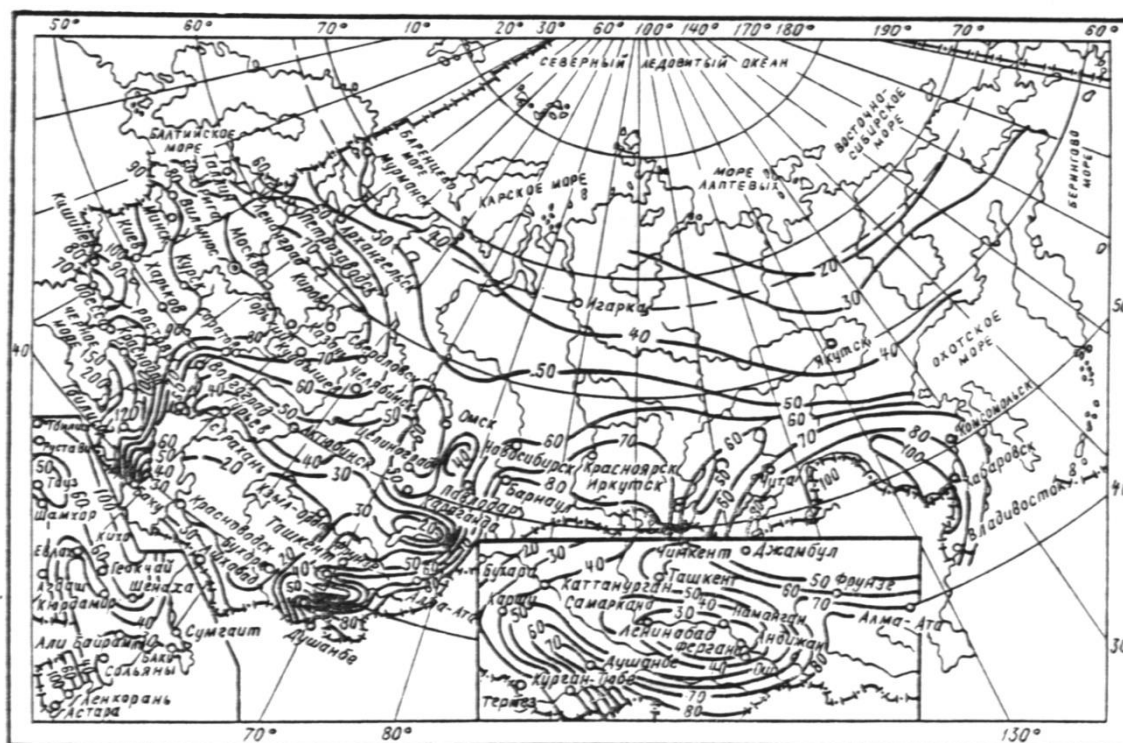


Таблица 4

Район	Значение $n$ при		$m_r$	$\gamma$
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Побережья Белого и Баренцева морей	0,4	0,35	130	1,33
Север европейской части СССР и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части СССР	0,71	0,59	150	1,54
Равнинные области Украины	0,71	0,64	110	1,54
Возвышенности европейской части СССР. западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Восток Украины, низовье Волги и Дона, Южный Крым	0,67	0,57	60	1,82
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2
Наветренные склоны возвышенностей европейской части СССР и Северное Предкавказье	0,7	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82
Южная часть Западной Сибири, среднее течение р. Или, район оз. Але-Куль	0,72	0,58	80	1,54
Центральный и Северо-Восточный Казахстан, предгорья Алтая	0,74	0,66	80	1,82
Северные склоны Западных Саян, Заилийского Алатау	0,57	0,57	80	1,33
Джунгарский Алатау, Кузнецкий Алатау, Алтай	0,61	0,48	140	1,33
Северный склон Западных Саян	0,49	0,33	100	1,54
Средняя Сибирь	0,69	0,47	130	1,54
Хребет Хамар-Дабан	0,48	0,35	130	1,82
Восточная Сибирь	0,6	0,52	90	1,54
Бассейны Шилки и Аргуни, долина Среднего Амура	0,65	0,54	100	1,54
Бассейны Колымы и рек Охотского моря, северная часть Нижнеамурской низменности	0,36	0,48	100	1,54
Побережье Охотского моря, бассейны рек Берингова моря, центр и запад Камчатки	0,35	0,31	80	1,54
Восточное побережье Камчатки южнее 56° с. ш.	0,28	0,26	110	1,54
Побережье Татарского пролива	0,35	0,28	110	1,54
Район оз. Ханка	0,65	0,57	90	1,54
Бассейны рек Японского моря, о. Сахалин, Курильские о-ва	0,45	0,44	110	1,54
Юг Казахстана, равнина Средней Азии и склоны гор до 1500 м, бассейн оз. Иссык-Куль до 2500 м	0,44	0,4	40	1,82
Склоны гор Средней Азии на высоте 1500-3000 м	0,41	0,37	40	1,54
Юго-Западная Туркмения	0,49	0,32	20	1,54
Черноморское побережье и западный склон Большого Кавказа до Сухуми	0,62	0,58	90	1,54
Побережье Каспийского моря и равнина от Махачкалы до Баку	0,51	0,43	60	1,82
Восточный склон Большого Кавказа, Кура-Араксинская низменность до 500 м	0,58	0,47	70	1,82
Южный склон Большого Кавказа выше 1500 м, южный склон выше 500 м, ДагАССР	0,57	0,52	100	1,54
Побережье Черного моря ниже Сухуми, Колхидская низменность, склоны Кавказа до 2000 м	0,54	0,5	90	1,33
Бассейн Куры, восточная часть Малого Кавказа, Талышский хребет	0,63	0,52	90	1,33
Северо-западная и центральная части Армении	0,67	0,53	100	1,33
Ленкорань	0,44	0,38	171	2,2

**1.6** Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя необходимо выбирать в зависимости от характера объекта канализования, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные, и принимать по табл. 5 и 6 или определять расчетом в зависимости от условий расположения коллектора, интенсивности дождей, площади бассейна и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

При проектировании дождевой канализации у особых сооружений (метро, вокзалов, подземных переходов и др.), а также для засушливых районов, где значение  $q_{20}$  менее 50 л/(с·га), при  $P$ , равном единице, период однократного

превышения расчетной интенсивности дождя следует определять только расчетом с учетом предельного периода превышения расчетной интенсивности дождя, указанного в табл. 7. При этом периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя, определенные расчетом, не должны быть менее указанных в табл. 5 и 6.

При определении периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя расчетом следует учитывать, что при предельных периодах однократного превышения, указанных в табл. 6, коллектор дождевой канализации должен пропускать лишь часть расхода дождевого стока, остальная часть которого временно затопляет проезжую часть улиц и при наличии уклона стекает по ее лоткам, при этом высота затопления улиц не должна вызывать затопления подвальных и полуподвальных помещений; кроме того, следует учитывать возможный сток с бассейнов, расположенных за пределами населенного пункта.

Таблица 5

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P$ , годы, для населенных пунктов при значениях $q_{20}$			
местного значения	на магистральных улицах	до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 120	св. 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33—0,5	0,33—1	0,5—1	1—2
Неблагоприятные	Средние	0,5—1	1—1,5	1—2	2—3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2—3	2—3	3—5	5—10
—	Особо неблагоприятные	3—5	3—5	5—10	10—20

Примечания: 1. Благоприятные условия расположения коллекторов:

бассейн площадью не более 150 га имеет плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и менее; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м,

2. Средние условия расположения коллекторов:

бассейн площадью свыше 150 га имеет плоский рельеф с уклоном 0,005 м и менее;

коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном склонов 0,02 м и менее, при этом площадь бассейна не превышает 150 га.

3. Неблагоприятные условия расположения коллекторов:

коллектор проходит в нижней части склона, площадь бассейна превышает 150 га;

коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами при среднем уклоне склонов свыше 0,02.

4. Особо неблагоприятные условия расположения коллекторов: коллектор отводит воду из замкнутого пониженного места (котловины).



Таблица 6

Результат кратковременного переполнения сети	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P$ , годы, для территории промышленных предприятий при значениях $q_{20}$		
	до 70	св. 70 до 100	св. 100
Технологические процессы предприятия:			
не нарушаются	0,33—0,5	0,5—1	2
нарушаются	0,5—1	1—2	3—5

Примечание. Для предприятий, расположенных в замкнутой котловине, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя следует определять расчетом или принимать равным не менее чем 5 годам.

Таблица 7

Характер бассейна, обслуживаемого коллектором	Значение предельного периода превышения интенсивности дождя $P$ , годы, в зависимости от условий расположения коллектора			
	благоприятных	средних	неблагоприятных	особо неблагоприятных
Территории кварталов и проезды местного значения	10	10	25	50
Магистральные улицы	10	25	50	100

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### СХЕМЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

В табл. 8 приведена ориентировочная стоимость очистной станции, включающей узлы осветления воды, механического и сорбционного фильтрования, обезвоживания осадка. Стоимость узлов принята по укрупненным показателям аналогичных по конструкции типовых очистных сооружений.

Таблица 8

#### Ориентировочная относительная стоимость и показатели очистки поверхностного стока с городских территорий

Стадия очистки	Относительная стоимость при $p^*$		Показатели качества очистки воды					
	1 год	0,33 года	Взвешенные вещества		БПК <sub>5</sub>		Нефтепродукты	
			Эффект очистки, %	Остаточная концентрация	Эффект очистки, %	Остаточная концентрация	Эффект очистки, %	Остаточная концентрация
Отстаивание: без реагентов с реагентами	40-50 -	30-35 70-80	40-50 70-80	- -	до 25 до 50	- -	до 50 до 80	- -
Фильтрование: 1-я ступень 2-я ступень	15-20 15-20	12-17 12-17	- -	до 5 до 2	- -	5-10 до 5	- -	1 0,3-0,5
Сорбционное фильтрование: алюмосиликат-ный сорбент углеродосодержащий сорбент	10-15 - -	8-12 - -	- - -	- 1 1	- - -	- 4-5 2-3	- - -	- до 0,3 до 0,05
Обработка осадка	18-23	15-20	-	-	-	-	-	-
Средняя общая стоимость	100	72-77	-	-	-	-	-	-

\* Значения стоимости приведены в % от общей стоимости очистных сооружений

Таблица 9

**Стандарты на сброс городских сточных вод по взвешенным веществам и БПК в разных странах**

Показатель	Германия	Бельгия	Франция	Великобритания	Швейцария	США
Взвешенные вещества, мг/л	20	100	-	30	20	30
БПК <sub>5</sub> , мг/л	25	15-50	20-40	20	20	20

При разработке схемы отведения и очистки поверхностного стока с промышленных площадок необходимо учитывать источники, характер и степень загрязнения территории и атмосферы, размеры, конфигурацию и рельеф водосборного бассейна, наличие свободных площадей для строительства очистных сооружений и др. Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока должен осуществляться на основе оценки технической возможности и экономической целесообразности следующих мероприятий:

- использования неочищенного поверхностного стока в системах технического водоснабжения;
- локализации тех участков производственных территорий, на которых возможно попадание на поверхность специфических загрязнений, с отводом стока в производственную канализацию или после их предварительной очистки - в дождевую сеть;
- раздельного отведения поверхностного стока с водосборных площадей, отличающихся по характеру и степени загрязнения территории;
- самостоятельной очистки поверхностного стока;
- подачи поверхностного стока на общезаводские очистные сооружения для совместной с производственными сточными водами очистки.

Наиболее перспективным следует считать вариант использования очищенного поверхностного стока в системах производственного водоснабжения. В этом случае целесообразно после аккумуляции и отстаивания направлять поверхностный сток для дальнейшей очистки и корректировки ионного состава на сооружения водоподготовки.

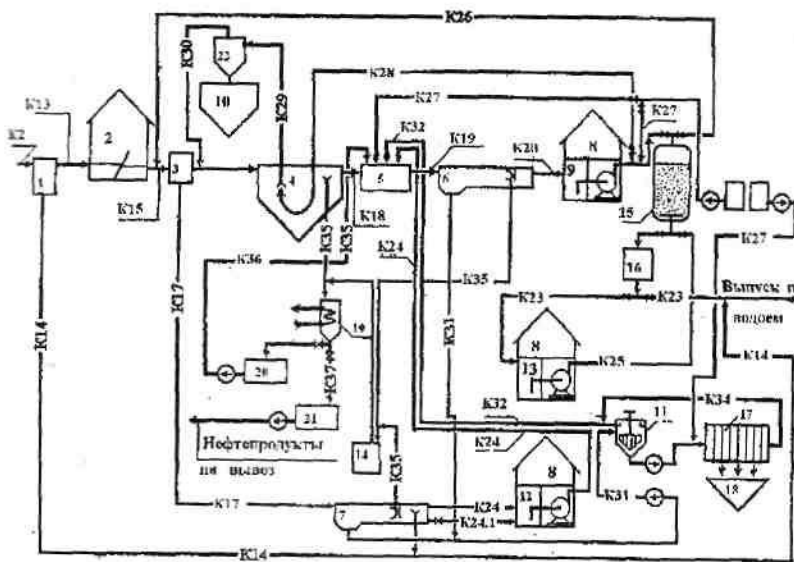
На рис. 2 дана технологическая схема очистки дождевого стока с территории Самары. Очистные сооружения располагаются на 4 площадках. Для транспортировки сточных вод на площадки очистных сооружений планируется построить 7 перекачивающих насосных станций и 7 регулирующих резервуаров. В основу технологических схем положены современные физико-химические методы очистки сточных вод. В них учитывается также непрерывное поступление на сооружения сосредоточенных расходов сточных вод (дренажных вод, теплосетей, грунтовых вод и условно-чистого промстока). В таких случаях очистные сооружения будут работать круглосуточно на

пропуск расхода сточных вод в "сухой" период, а в "мокрый" - и на расход от выпадения атмосферных осадков и таяния снега.

Использование на очистных сооружениях дождевых вод технологических методов, позволяющих извлекать соли тяжелых металлов и уменьшать общее солесодержание, считается нецелесообразным и не применяется в мировой практике. Для снижения загрязнения водных объектов стоками дождевой канализации, наряду со строительством современных очистных сооружений, требуется:

- строительство сооружений очистки сточных вод на промышленных предприятиях и промплощадках, в составе дождевого стока которых имеются специфические загрязнения. Особое внимание следует уделять вопросу подключения к дождевой канализации систем отведения поверхностного стока с территории автозаправочных станций, автостоянок и гаражей;
- осуществлять своевременную уборку территории города.

При самостоятельной очистке поверхностного стока с городских территорий в состав очистных сооружений рекомендуется включать решетки, песколовки и отстойники с механизированным удалением осадка (горизонтальные или радиальные). Для обеспечения более высокой степени очистки могут применяться тонкослойные отстойники торцевого типа или радиальные отстойники с встроенной камерой флокуляции.



**Рисунок 2 - Технологическая схема очистки дождевого стока для г. Самара:**

- 1 - разделительная камера № 1; 2 - здание решеток; 3 - разделительная камера № 2; 4 - песколовка;  
 5 - смеситель; 6 - отстойник; 7 - аккумулирующий резервуар-отстойник; 8 - насосная станция; 9 - приемный резервуар осветленной воды; 10 - бункер для песка; 11 - уплотнитель осадка; 12 - приемный резервуар сточных вод из аккумулирующих резервуаров-отстойников; 13 - резервуар фильтрованной сточной воды для промывки фильтров; 14 - камера насосов перекачки плавающих веществ; 15 - напорный зернистый фильтр; 16 - установка УФ-обеззараживания; 17-фильтр-пресс; 18 - бункер для обезвоженного осадка; 19 - разделочный бак; 20 - приемный бак подтоварной воды; 21 - бак обезвоженных нефтепродуктов; 22 - гидроциклон.

*Трубопроводы:* К 2 – городской коллектор дождевой канализации; К13- дождевая вода, поступающая на очистные сооружения; К 14 - сброс дождевой воды без очистки в водоем; К 15 - сточная вода решеток; К 16 - сточная вода, поступающая по дождевой сети на очистные сооружения в сухой период; К 17 – сточная вода, направляемая в аккумулирующий резервуар-отстойник; К 18 - сточная вода после песколовки; К19 - сточная вода после смесителя; К 20 - сточная вода после отстойника; К 21 - подача сточной воды на доочистку фильтрованием; К 22 – фильтрованная вода; К 23 - очищенная вода; К 24 - подача сточной воды из аккумулирующего резервуара накопителя на доочистку; К 24.1 - то же при опорожнении; К 25 - подача очищенной воды на промывку фильтров; К 26 - загрязненная промывная вода; К 27 - подача коагулянта (флокулянта); К 28 - подача рабочей жидкости к гидроэлеватору песка; К 29 - пескопровод; К32 - надосадочная вода; К 33 - сгущенный осадок; К 34 - фильтрат; К 35 - обводненные нефтепродукты; К 36 - подтоварная вода; К 37 - нефтепродукты; К 38 - аварийный перелив

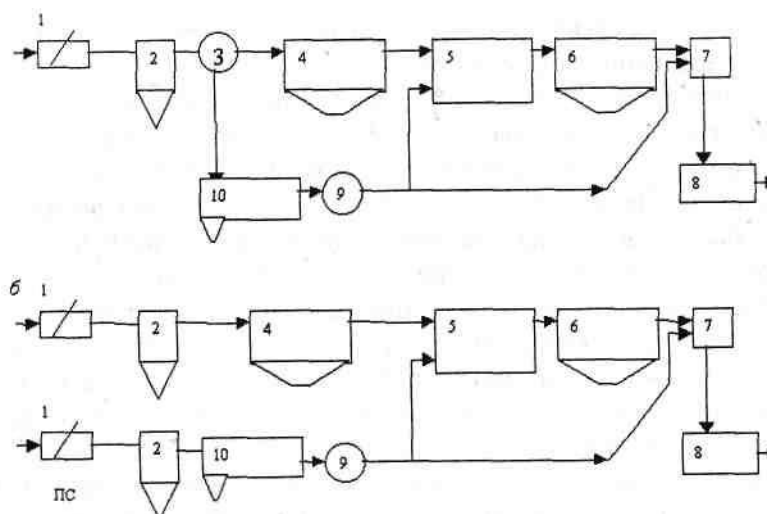
Для станций большой производительности целесообразно устраивать пруды-отстойники или аккумулирующие емкости, оборудованные решетками и специальными секциями для удаления песка и плавающего мусора.

Отстойные сооружения должны иметь устройства для задержания и периодического удаления всплывающих нефтепродуктов и осадка. Для удаления нефтепродуктов с поверхности при переменном уровне воды в конце секций рекомендуется предусматривать нефтесборные лотки, оборудованные щитовыми затворами с верхним переливом, а при постоянном уровне воды в отстойных сооружениях - щелевые поворотные трубы или другие нефтесъемные устройства. Должны быть предусмотрены устройства для сбора и сгона всплывших нефте- и маслопродуктов. Всплывшие продукты удаляются по мере накопления в специальные резервуары для обезвоживания и затем вывозятся на утилизацию.

Более глубокая степень очистки воды достигается фильтрованием ее через различные загрузки из природных и синтетических материалов. В настоящее время применяют фильтры из песка, керамзита, пенополиуретана, пенополистирола, сипрона, древесной стружки, вулканических шлаков, аглопорита, торфа, цеолитов и др.

При благоприятных гидрогеологических условиях и расходах до 300 л/с используются очистные сооружения закрытого типа. В состав каждой секции таких сооружений, а их должно быть не менее двух, входят решетка, песколовка, горизонтальный отстойник с бункером для накопления осадка и системой нефтемаслосбора и встроенные или сблокированные с отстойником каскадные фильтры. Эффект осветления воды при скорости фильтрования 5-7 м/ч через загрузку из синтетических или нетканых материалов каскадных фильтров высотой 0,5 м составляет 60-80 % в зависимости от исходной концентрации.

При совместной очистке поверхностного стока с селитебной территории города и городских сточных вод в технологическую схему станции аэрации добавляются регулирующие емкости, а в ряде случаев применяется контактно-стабилизационный метод (рис 3).



**Рисунок 3 - Принципиальная схема совместной очистки  
поверхностного стока и городских сточных вод:**

*а* – подача сточных вод по одному коллектору; *б* – подача сточных вод по отдельным коллекторам: 1- решетки; 2 - песколовки; 3 - разделительная камера; 4 – первичные отстойники; 5 - аэротенки; 6 - вторичные отстойники; 7 - узел обеззараживания; 8 - контактный резервуар; 9 - насосная станция; 10 - регулирующий резервуар; ПС – поверхностные сточные воды

Схема совместной очистки зависит от способа подачи сточных вод на станцию аэрации. При подаче городских сточных вод и поверхностного стока по единому коллектору разделительную камеру устанавливают после песколовок. Время пребывания смеси сточных вод в первичных отстойниках должно быть не менее 1 ч.

В качестве регулирующей емкости применяются горизонтальные или радиальные первичные отстойники. Объем регулирующей емкости определяется из условия опорожнения ее в течение 24 ч с момента начала дождя. Из регулирующей емкости сточная вода после отстаивания подается в аэротенки в количестве не более 50% от расхода, на который они рассчитаны. Суммарный расход обрабатываемой в аэротенках сточной воды не должен превышать 1,5 расхода в сухую погоду. Контактно-стабилизационный метод применяется при наличии на станции аэрации аэробных стабилизаторов для обработки избыточного активного ила. Время контакта при очистке смеси ГСВ и ПС при дозе ила в контактном резервуаре 3 г/л должно составлять 30 мин, а при самостоятельной очистке поверхностного стока (ПС) и дозе ила 4 г/л достаточно 15 мин. При расчете сооружений исходят из условия, что весь стабилизированный избыточный активный ил станции аэрации используется 1 раз в течение одного дождя. Расход воздуха в контактном резервуаре принимается 5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточной воды.

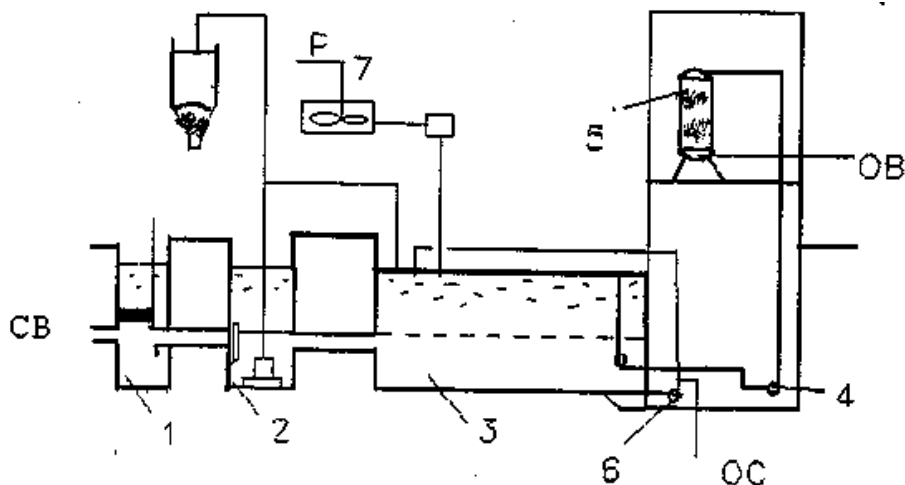
Если очистить весь объем поверхностного стока за счет форсированной работы аэротенков или контактнo-стабилизационным методом невозможно, то дополнительно предусматривается устройство накопительного резервуара. Из этого резервуара в период снижения поступления общего расхода на станцию аэрации сточные воды попадают в аэротенк. Сооружения по первичной очистке

поверхностного стока необходимы для защиты емкостных сооружений от нефти и других плавающих примесей, крупных тяжелых предметов, уплотняющихся и цементирующихся материалов. Извлечение указанных примесей позволит сохранить чистоту поверхности емкостных сооружений, взрыво- и пожаробезопасность, удаление выпадающего осадка средствами гидросмыва. В качестве сооружений первичной очистки могут быть песколовки либо нефтеловушки на краткосрочное отстаивание воды.

Аккумулирование и осветление поверхностного стока целесообразно совмещать. Осветление повышается при введении реагентов перед отстойниками-аккумуляторами. За сутки отстаивания с добавкой реагентов концентрация взвешенных веществ уменьшается до 15-20 мг/л, БПК<sub>5</sub> воды снижается до 5-10 мг/л, концентрация нефти - до 0,3-0,5 мг/л. Если одновременно вводить реагент-дезинфектант, то можно сократить до минимума санитарные разрывы вокруг сооружений. Вероятно, для относительно небольших бассейнов стока следует применять безреагентное аккумулирование-отстаивание дождевых вод. Возведение отстойников-аккумуляторов позволяет поставить вопрос о приеме снега для таяния в зимний период, когда нагрузка на систему резко падает. В таком случае целесообразно изучить возможности использования низкопотенциального тепла сбросных вод ТЭЦ и промпредприятий. Комплекс очистки дождевых вод и установок по таянию снега решает проблему загрузки сооружений и персонала круглый год.

Синтезированные полиреагенты помогут устранить затруднения, возникающие при изменении качества поверхностных вод в различные сезоны года. Фильтрация сточных вод необходимо не только в тех случаях, когда требуется снижение концентрации взвешенных веществ. В составе частиц взвеси либо на их поверхности содержатся примеси, количество которых жестко лимитируется независимо от агрегатного состояния и вида связи с другими загрязнениями: нефтепродукты, соли тяжелых металлов, пестициды и другие токсические вещества. Для фильтрации могут применяться самые разнообразные загрузочные материалы. При их выборе следует учитывать условия отстаивания воды и свойства поверхности материалов. При безреагентном отстаивании образуются пленки нефтепродуктов и флоккулы из эмульгированных примесей, которые затем прилипают к поверхности гидрофобных либо гидрофобизированных загрузок фильтров. Предварительная коагуляция воды до отстаивания приводит к включению в хлопья образующихся гидроксидов эмульгированной нефти и предотвращению ее налипания на поверхности загрузки. Дополнительный эффект очистки достигается при использовании загрузок, обладающих сорбционными и ионообменными свойствами, например, алюмосиликатного сорбента, активизированного добавками различных веществ, избирательно либо коллективно изымающих вредные примеси из жидкости. Преимущества искусственных материалов особенно сильно проявляются при извлечении железа, марганца, фтора и других компонентов загрязнений в дренажных и поверхностных водах. Сорбция загрязнений обычно обеспечивает глубокую очистку воды. Большое значение в этом случае имеет характер состояния

загрязнений в воде. На рис. 4 изображена схема отведения и очистки дождевых вод относительно небольшого объекта (площадки асфальтобетонного завода).



**Рисунок 4 - Схема узла очистки поверхностного стока малой производительности:**

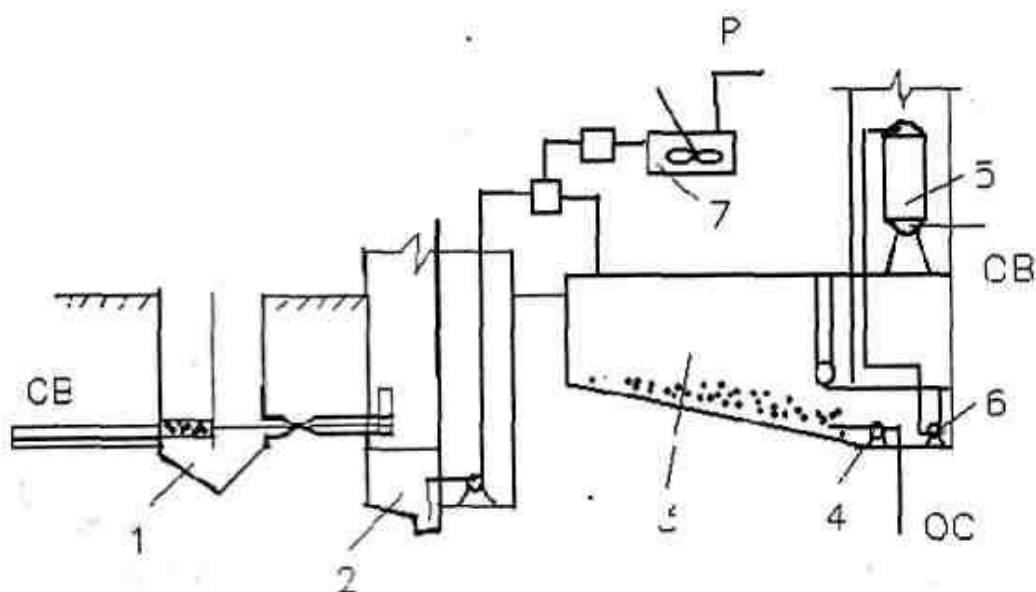
1 - камера улавливания нефти; 2 - камера для насоса и решетки; 3 – отстойник-аккумулятор; 4 - насос для осветленной воды; 5 - фильтры механические и сорбционные; 6 - насос для осадка и перемешивания; 7 - реагентное хозяйство; СВ - сточные воды; ОВ - очищенная вода; Р - реагент; ОС – осадок

Поступление сточных вод самотечное. По ходу движения стоки проходят нефтеуловительную камеру 1 с гидрозатвором, камеру 2 для погружного насоса (в камере установлена решетка корзиночного типа) и поступают в отстойник-аккумулятор 3. Коагуляция воды осуществляется в контактном режиме (разовая подача реагента, перемешивание воды с насосом и затем отстаивание). Осветленная вода подается на фильтры с загрузкой, позволяющей очищать воду механически и извлекать нефть сорбцией. Установка может эксплуатироваться в режиме поступления больших расходов воды (ливневый сток) при уровне  $Z_1$  и малых расходов (дренажный сток) при уровне  $Z_2$ . Возможна безреагентная схема очистки слабо концентрированных сточных вод.

Насос используется для очистки сети от песка и осадка через бункер, либо для перекачки воды при средних расходах с целью рационального использования объема отстойника (уровень  $Z$  при средних расходах воды).

На рис.5 показана схема относительно большой промзоны (более 50 га) с глубоко уложенной сетью.

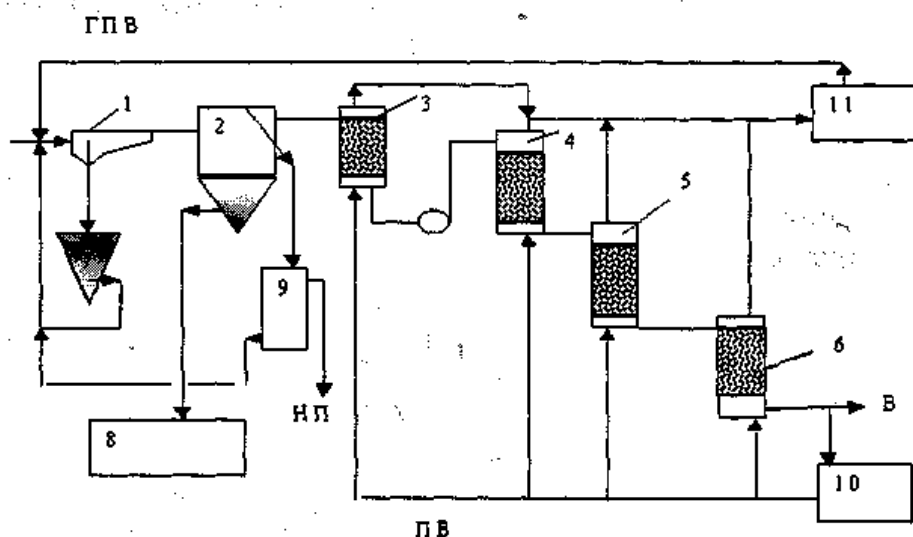




**Рисунок 5 - Схема узла очистки поверхностного стока большой и средней производительности:**

1 - камера улавливания нефти; 2 - насосная станция; 3 - отстойник-аккумулятор; 4 - насос для осадка; 5 - фильтры механические и сорбционные; 6 - насос для осветленной воды; 7 - реакгентное хозяйство; СВ - сточные воды; ОВ - очищенная вода; Р - реагент; ОС - осадок

Сточные воды поступают в камеру 1 для улавливания нефти и песка, далее в насосную станцию 2, а затем в отстойник-аккумулятор 3. Реагентное (либо безреагентное) осветление и фильтрование воды осуществляется аналогично. На основе данных лабораторных и промышленных исследований СПбГАСУ рекомендована принципиальная схема очистки (рис. 6), позволяющая очищать стоки до требуемых концентраций при исходной загрязненности, близкой к максимальной.

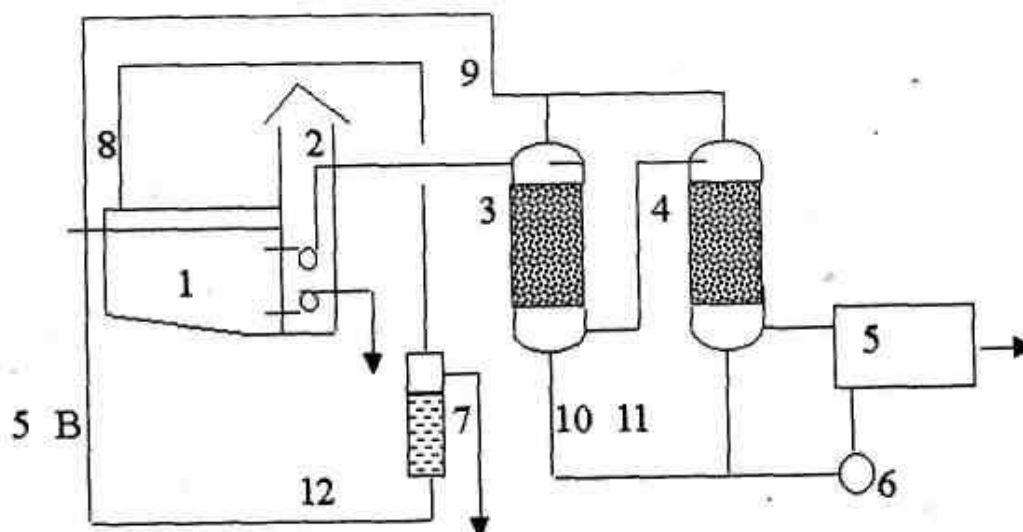


**Рисунок 6 - Схема очистки дождевых стоков**

1 - песколовка; 2 - отстойник; 3 - фильтры с песчаной загрузкой; 4 - фильтры с керамзитовой загрузкой; 5 - фильтры с пенополиуретановой загрузкой; 6 - фильтры с углеродсодержащим волокном; 7 - песчаный бункер; 8 - узел обезвоживания осадка; 9 - сборник нефтепродуктов; 10 - резервуар промывных вод; 11 - резервуар промывных вод; ПС - поверхностный сток; В - выпуск очищенных вод; ПВ - вода на промывку фильтров; ГПВ - вода после промывки фильтров; НП - отвод нефтепродуктов

При исходных концентрациях загрязнений в дождевом стоке, близких к средним значениям, из состава очистных сооружений может быть исключена ступень сорбции 5. При более низких значениях исходной загрязненности могут исключаться ступени 5 и 3 или 4 (в зависимости от конкретных значений загрязнений). Кроме того, предлагаемая схема очистки позволяет исключать ступени глубокой обработки воды при снижении требований к качеству очищенных вод и компоновать состав очистных сооружений из отдельных модулей.

Для очистки поверхностных сточных вод с городской территории предлагается технологическая схема, приведенная на рисунке 7.



**Рисунок 7 - Технологическая схема очистки поверхностных стоков:**

1 – аккумуляющая емкость; 2 – насосная станция; 3 – механический фильтр; 4 – сорбционный фильтр; 5 – емкость для сбора очищенных вод; 6 – насосы; 7 – нефтеразделитель; 8 – трубопровод нефтепродуктов; 9 – трубопровод грязных промышленных вод; 10 – отвод отделенных нефтепродуктов; 11 – трубопровод чистой воды на промывку фильтров; 12 – трубопровод возвратных вод

Технология очистки предполагает сбор всего объема выпавшего дождя в аккумуляющей емкости, пребывание в которой обеспечивает удаление взвешенных веществ до 100 мг/л и нефтепродуктов - до 30 мг/л, а также фильтрацию через две и более ступеней пористых материалов - мезопористых ископаемых углей (МИУ). Одна ступень МИУ обеспечивает удаление взвешенных веществ до ПДК рыбохозяйственных водоемов нефтепродуктов - до 0,3-1,2 мг/л. При необходимости более глубокой очистки на последней ступени рекомендуется использовать материалы, обладающие высокой сорбционной способностью (в частности, березовый активированный уголь - БАУ). При высоких исходных концентрациях нефтепродуктов возможна пятиступенчатая фильтрация через керамзит, МИУ и БАУ.

Основными недостатками последних двух схем являются высокая стоимость сорбционных материалов и дефицитность угольных загрузок, а также практическая невозможность регенерации последних в производственных условиях и, следовательно, необходимость периодической их замены.

Для регулирования расхода поверхностного стока с селитебных территорий с точки зрения последующей очистки целесообразно использовать аккумулирующие резервуары, позволяющие одновременно усреднять расход стока, концентрацию загрязнений и очищать стоки от основной массы нерастворимых примесей.

Строительство автозаправочных станций в стране, а также усиление контроля со стороны экологических органов вызвали повышенный спрос на компактные быстровозводимые (3-4 дня) очистные сооружения полной заводской готовности для очистки дождевых сточных вод с территории станции, содержащих нефтепродукты, и хозяйственно-бытовых сточных вод от санузлов. Торговый дом "Инженерное оборудование" разработал и организовал производство установок "Свирь-1,5" для очистки дождевых сточных вод с территории 0,12 га с расчетным расходом стока, отводимого в резервуар насосной станции, 1,5 л/с (период однократного превышения интенсивности дождя принят 0,33 года).

Сточные воды, содержащие взвешенные вещества (в основном песчаные и глинистые частицы, а также нефтепродукты в количестве соответственно 300-500 и 10-50 мг/л), собираются в дождеприемном колодце, а затем поступают в насосную установку. На входе в установку они проходят контейнер для задержания крупных включений, далее с помощью погружного насоса перекачиваются в блок очистки, где поступают в пескоулавливающий бункер, затем - в отстойник (вначале в зону предварительного отстаивания, затем - в тонкослойный блок). В пескоулавливающем бункере за счет тангенциального подвода воды выделяются крупнодисперсные частицы (свыше 0,2 мм). В зоне предварительного отстаивания задерживается: основная часть песчаных частиц крупностью 0,05-0,2 мм, агломерированные частицы глины и мелкие отбросы, поступающие в приямок отстойника. Крупные частицы эмульгированных нефтепродуктов всплывают на поверхность воды. Предварительно осветленная вода поступает в тонкослойный блок отстойника, протекая от верхней входной зоны до нижней выпускной. При этом в каждом ярусе частицы с массой больше, чем масса воды, выпадают на дно яруса, легкие частицы движутся вверх вдоль "потолочной" части. Тяжелые частицы с полок попадают во второй приямок отстойника, а легкие присоединяются к пленке на поверхности воды. Наличие зоны предварительного отстаивания снижает интенсивность зарастания межполочного пространства зоны тонкослойного отстаивания, упрощающая эксплуатацию. Осветленная вода сливается в фильтр. Осадок из приямков периодически удаляется ассенизационной машиной, нефтепродукты с поверхности воды собираются поворотной трубой в емкость, из которой периодически направляются в котельную после дополнительного отделения воды. Осадок рекомендуется вывозить на иловые площадки близрасположенных канализационных очистных сооружений.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

#### Отстойные сооружения

Выделение из сточных водоседающих и всплывающих механических примесей в основном производится с помощью отстаивания. Для улавливания плавающего мусора в головной части очистных сооружений предусматриваются решетки с прозорами 50мм. При площади водосбора более 100 га рекомендуются решетки с механизированной очисткой, а при площади менее 100 га допускается использовать решетки с ручной очисткой. Скорость движения сточных вод в прозорах решеток при максимальном притоке следует принимать равной 0,8-1 м/с. Количество плавающего мусора на 1000 га для дождевых и поливочных вод в среднем составляет 0,2 м<sup>3</sup>, а для талых 0,3 м<sup>3</sup>.

В дождевом стоке содержание песка с гидравлической крупностью более 15 мм/с колеблется от 10 до 15%. а в талом стоке - до 20%. Для выделения крупных механических примесей из поверхностного стока предусматривают песколовки. Число песколовок или их отделений должно быть не менее двух, причем все они должны быть рабочими. Для очистки поверхностного стока устраивают горизонтальные или тангенциальные песколовки. Длина горизонтальных песколовок  $L$  (м), определяется по формуле:

$$L = 1000 \cdot k \cdot H \cdot v / w_o (4)$$

где  $k=1,7$ - коэффициент, учитывающий неполное использование зоны отстаивания;  $H$ - глубина песколовки, принимается от 0,5 до 2,0 м;  $v= 0,3$  м/с - скорость движения сточных вод при максимальном притоке;  $w_o$  - гидравлическая крупность частиц, на содержание которых рассчитывается песколовка. Обычно принимается  $w_o = 18,7$  мм/с (для песка диаметром 0,2мм).

Продолжительность протекания сточных вод в горизонтальной песколовке должна быть не менее 30 с.

При расчете тангенциальных песколовок исходя из удельной гидравлической нагрузки, равной 110 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч при максимальном притоке сточных вод диаметр песколовки не более 6м. Впуск воды должен быть по всей расчетной глубине, равной половине диаметра. Количество задержанного песка в среднем составляет 15% от массы взвешенных веществ. Для расчета песковых бункеров принимают:

влажность песка - 60-70%, объемную массу шламовой пульпы - 1,2-1,5 т/м<sup>3</sup>, зольность задержанного песка - 80-90%, содержание нефтепродуктов в обезвоженном песке - не более 3%.

Для удаления основной массы взвешенных веществ и нефтепродуктов из поверхностного стока применяются отстойные сооружения различных

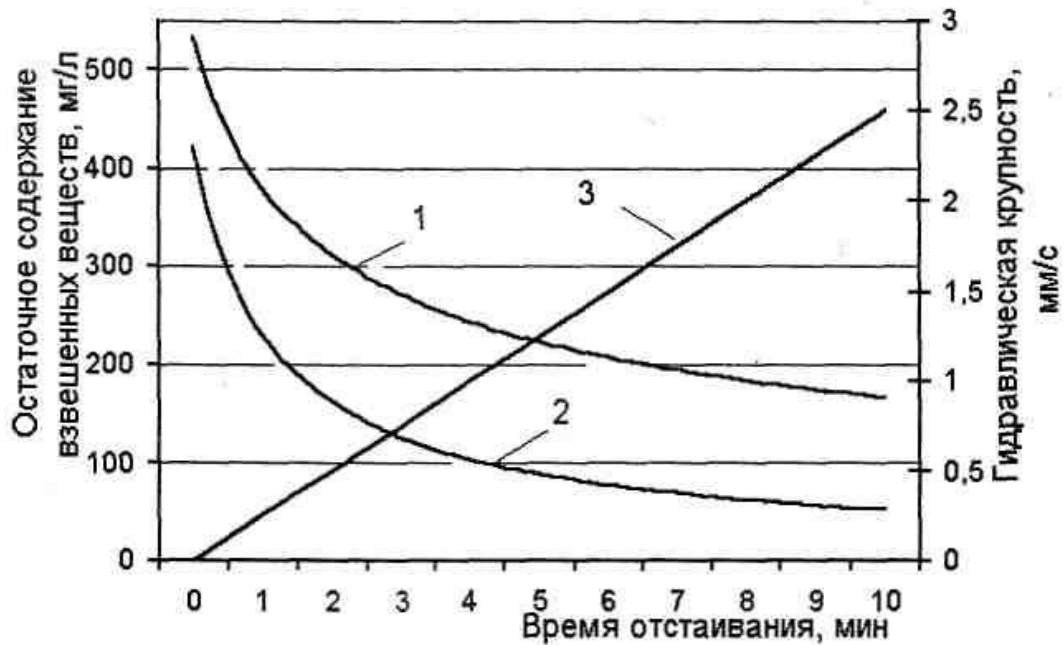
конструкций: горизонтальные и радиальные отстойники, тонкослойные полочные отстойники, нефтеловушки, пруды, накопители, тонкослойные блоки для интенсификации работы прудов-отстойников и т.п. В прошлом широко использовались пруды-отстойники, сооружения закрытого типа (подземные) и стационарные щитовые заграждения в акватории водоема. Эффективность очистки в них относительно невелика. Концентрация взвешенных веществ в воде, выходящей из прудов-отстойников, колеблется от 20 до 70 мг/л, а содержание нефтепродуктов - от 3 до 7,2 мг/л. Эти сооружения громоздки, удаление осадков и всплывших нефтепродуктов из них вызывает большие трудности. Пруды-отстойники обычно устраивают в естественных понижениях местности, оврагах, карьерах, руслах пересыхающих ручьев и т.д. Под отстойником-накопителем понимается очистное сооружение с переменным уровнем воды, причем объем, необходимый для заполнения сооружения от минимального уровня до максимального, равен аккумулируемому объему поверхностного стока.

Под отстойником понимается очистное сооружение с постоянным уровнем воды, не имеющее буферного объема для приема дождевых и талых вод. Отстойники-накопители оборудованы устройствами для улавливания плавающего мусора и нефтепродуктов. Из накопителя через водозаборное устройство постоянно отбираемый расход поступает на вторичные отстойники и далее на фильтры; шламы накопителей и отстойников гидроэлеватором направляется на шламовые площадки. После накопления на площадках достаточного количества шлама его вывозят в течение теплого периода года. Вместо шламовых площадок возможны: применение стационарного грейферного крана и бункеров обезвоживания или же погрузка шлама непосредственно из отстойников в автотранспорт при очередном опорожнении секций. Отстойник рекомендуется выполнять двухсекционным. Передним устраивается разделительная камера с водосливом для сброса расхода воды, превышающего максимальный расчетный объем ее.

Содержание взвешенных веществ в поверхностном стоке с территории металлургических производств после отстаивания в покое без реагентной обработки при средней исходной концентрации взвеси в зависимости от гидравлической крупности приведено в прил. 18.

Содержание взвешенных веществ при отстаивании в покое и реагентной обработке можно принимать по рис. 10.

Чистка прудов-отстойников производится в сухое время года бульдозерами или многочерпаковой землеройной машиной, осадок грузится в шаланды и отвозится к месту свалки. Выпавший в прудах осадок можно перекачивать насосами в расположенные поблизости канализационные коллекторы. Для удаления всплывших примесей целесообразно применять маслонефтьесборные карманы, так как опыт эксплуатации прудов-отстойников показал, что щелевые трубы для сбора нефтепродуктов неэффективны.



**Рисунок 8 - Зависимость остаточного содержания взвешенных веществ и гидравлической крупности от времени отстаивания при реагентной обработке поверхностных сточных вод:**

1 - зависимость остаточной концентрации взвешенных веществ от времени отстаивания при обработке воды  $Al_2(SO_4)_3$  дозой 30 мг/л; 2 - зависимость остаточной концентрации взвешенных веществ при обработке воды  $Al_2(SO_4)_3$  (20 мг/л) и ПАА (1 мг/л), 3 - зависимость гидравлической крупности (охватывающей скорости) от времени отстаивания

Из условия седиментационного подобия эффект осветления будет одинаковым ( $\Xi = idem$ ), если выдерживается соотношение

$$T_2/T_1 = (H_2/H_1)^n \quad (5)$$

где  $T_1$  - продолжительность осаждения при высоте отстаиваемого слоя  $H_1$ ;  $T_2$  - то же при  $H_2$ ;  $n$  - показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, изменяется от 0,3 до 0,85.

Расчет отстойников производят по гидравлической крупности частиц взвеси, выделение которых обеспечивает необходимый эффект очистки. Длину  $L$  (м) горизонтального отстойника определяют по формуле

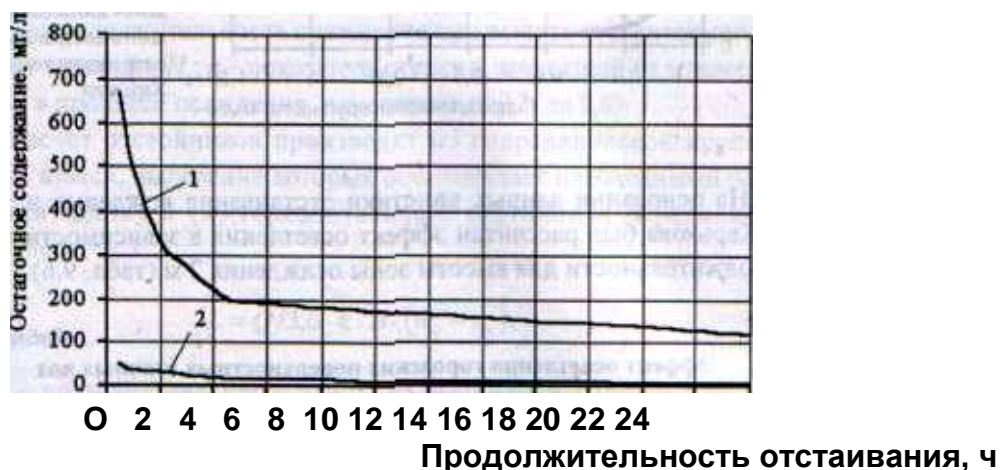
$$L = Q / 3,6 \cdot k \cdot B \cdot (w_o - u_T) \quad (6)$$

где  $Q$  - производительность одного из отстойника,  $m^3/ч$ ;  $k = 0,5$  - коэффициент использования объема;  $B$  - ширина секции отстойника, м;  $w_o$  - гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с;  $u_T$  - турбулентная составляющая, принимается при скорости потока 5, 10, 15 мм/с соответственно 0; 0,05 и 0,1 мм/с.

Расчетная гидравлическая крупность определяется по кинетике отстаивания сточной воды в статических условиях.

Поверхностный сток представляет собой чрезвычайно нестабильную полидисперсную систему со значительными колебаниями состава концентрации загрязнений.

С целью интенсификации процесса осветления дождевых вод исследовалось их отстаивание в присутствии коагулянтов и флокулянтов различных типов. Наиболее доступным коагулянтом является сернокислый алюминий. В качестве флокулянтов из этих же соображений были выбраны полиакриламид (ПАА, анионный флокулянт) и ВПК-402 (катионный флокулянт).



**Рисунок 9 - Кинетика осаждения взвешенных веществ и удаления нефтепродуктов из городских дождевых вод:**

1 - остаточное содержание взвешенных веществ, мг/л;  
2- то же нефтепродуктов, мг/л

Расчетные данные о необходимой продолжительности отстаивания дождевого и талого стоков с городской территории при различной глубине проточной зоны отстаивания  $H$  для достижения заданного эффекта осветления приведены в табл. 11.

Согласно полученным в Санкт-Петербурге данным, при добавлении реагентов достаточная степень осветления достигается за 2 ч отстаивания. При этом наиболее целесообразными являются дозы: коагулянта (сернокислого алюминия) - 20 мг/л и флокулянта (ПАА) - 1 мг/л, при которых эффект очистки по взвешенным веществам при двухчасовом отстаивании составлял в среднем 98 %. При дозе коагулянта 10 мг/л эффект очистки был несколько ниже (примерно 95 %).

Сравнивая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что применение коагулянта и флокулянта значительно интенсифицирует очистку стока; при безреагентном отстаивании концентрация нефтепродуктов снижалась до 1,3-1,98 мг/л, в то время как в присутствии реагентов в этих же стоках достигалось снижение нефтепродуктов до 0,6-0,9 мг/л. Содержание взвешенных веществ снижалось при безреагентном отстаивании до 8-360 мг/л, а при использовании реагентов в этих же стоках - до 40 мг/л. Нефтепродукты,

как известно, присутствуют в стоках в виде эмульгированных и растворенных примесей. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при безреагентном отстаивании частично извлекаются эмульгированные нефтепродукты, а при реагентном - в стоках остаются только растворенные нефтепродукты.

Таблица 11

**Продолжительность отстаивания дождевого стока (в числителе) и талого стока (в знаменателе)**

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания (ч) при глубине проточной зоны, м				
	2	2,5	3	3,5	4
20	$\frac{0,77}{0,32}$	$\frac{0,8}{0,34}$	$\frac{0,83}{0,35}$	$\frac{0,86}{0,36}$	$\frac{0,8}{8}$
30	$\frac{1,27}{0,52}$	$\frac{1,32}{0,54}$	$\frac{1,37}{0,56}$	$\frac{1,41}{0,58}$	$\frac{1,4}{5}$
40	$\frac{1,64}{0,79}$	$\frac{1,72}{0,83}$	$\frac{1,79}{0,85}$	$\frac{1,84}{0,88}$	$\frac{1,89}{0,91}$
50	$\frac{2,30}{1,17}$	$\frac{2,40}{1,23}$	$\frac{2,48}{1,27}$	$\frac{2,57}{1,31}$	$\frac{2,63}{1,35}$
60	$\frac{3,03}{1,59}$	$\frac{3,16}{1,67}$	$\frac{3,26}{1,72}$	$\frac{3,37}{1,78}$	$\frac{3,48}{1,83}$
70	$\frac{4,55}{2,3}$	$\frac{4,81}{2,4}$	$\frac{5,0}{2,48}$	$\frac{5,15}{2,57}$	$\frac{5,26}{2,63}$
80	$\frac{6,90}{3,64}$	$\frac{7,14}{3,85}$	$\frac{7,50}{3,95}$	$\frac{7,61}{4,12}$	$\frac{7,48}{4,21}$

Использование реагентов для интенсификации осветления значительно увеличивает объема образующегося осадка и частично меняет его структуру. Количество осадка, образующегося при безреагентном отстаивании, составляет в среднем 2-4 % от объема отстаиваемого стока при зольности 60-70 %, в то время как объем осадка при реагентном отстаивании составляет около 10 %, а зольность осадка - не более 60 %.

Характерные кривые кинетики отстаивания дождевых, талых и поливомоечных вод, полученные ВНИИ ВОДГЕО на промышленных предприятиях при высоте зоны отстаивания 200 мм, представлены на рис. 9.12.





**Рисунок 10 - Кинетика отстаивания поверхностного стока промышленных предприятий: 1 - дождевой сток нефтехимических предприятий; 2 - то же машиностроительного завода; 3 - талого стока нефтехимических предприятий**

Так как поверхностный сток содержит значительное количество мелкодисперсной примеси, при выделении частиц с гидравлической крупностью более 0,2 мм/с остаточная концентрация взвешенных веществ составляет 100-500 мг/л. Для достижения требуемого эффекта осветления  $\mathcal{E}$  рекомендуются следующие значения гидравлической крупности частиц взвеси  $w_0$  для высоты зоны отстаивания 2 м;

$\mathcal{E}, \%$ ...	50	60	70	80	85	90	95
$w_0$ мм/с,..	0,62	0,32	0,12	0,045	0,027	0,012	0,008

Пропорционально эффекту осветления снижается содержание органических веществ, выраженных ХПК. При продолжительности отстаивания 1-2 сут эффект снижения содержания взвешенных веществ и показателей ХПК колеблется от 80 до 90%, а показателя БПК - от 60 до 80%. Остаточное содержание взвешенных веществ в отстоянной воде может достигать 50-100 мг/л, нефтепродуктов - 0,5-3, а органических веществ в пересчете на ХПК и БПК<sub>20</sub> - соответственно 50-80 и 15-20 мг/л.

Использование метода отстаивания в тонком слое позволяет значительно интенсифицировать процесс выделения механических примесей и обеспечить высокую степень осветления в тонкослойных отстойниках, занимающих малые площади и объемы. Но для этого требуется определенная подготовка поступающей воды, чтобы обеспечить стабильную работу полочных отстойников без засорения крупными примесями. Тонкослойное отстаивание широко применяется при доочистке поверхностного стока. Для этой цели различные конструкции очистных сооружений оборудуются тонкослойными модулями. Оптимальный угол наклона пластин составляет 60-70 °, а расстояние между ними - 50-10 мм. Основная масса загрязнений осаждается за 10-30 мин. Эффект задержания взвеси в тонкослойном отстойнике в течение 30 мин достигает 85-90 %, в то время как, в горизонтальном, отстойнике глубиной 3 м даже при 5 ч отстаивания эффект очистки от взвешенных веществ составляет 60-62 % (при одной и той же исходной концентрации). Площади

для размещения тонкослойного отстойника могут быть снижены в 6-10 раз, а капитальные затраты - в 2,5-3 раза по сравнению с затратами на существующие сооружения. Основные конструктивные размеры этих отстойников определяются по формулам:

- площадь сечения отстойника  $w$ ,  $m^2w = Q / 3,6 v_{mc}$ , (7)

- общая ширина отстойника  $B$ , м  $B = w/H_{tc}$ , (8)

- общая длина отстойника  $L$ ,  $mL = l_1 + l_{tc} + l_2$  (9)

Здесь  $Q$  - расчетный расход,  $m^3/ч$ ;  $v_{tc}$  - средняя скорость рабочего потока,  $mm/c$ ;  $l$  - длина приемной камеры,  $l = 1 - 1,5m$ ;  $l_{tc}$  - длина тонкослойных элементов,  $l_{tc} = 1,5-3m$ ;  $l_2$  - длина выходной части отстойника,  $l_2 = 0,5 - 1m$ ;  $H_{tc}$  - высота тонкослойных блоков,  $H_{tc} = 1 - 1,5m$ . Средняя скорость рабочего потока в зависимости от требуемой степени очистки поверхностного стока городских территорий от взвешенных веществ при принятой длине тонкослойных элементов принимается по табл. 12.

Определив конструктивные размеры тонкослойного отстойника, исходя из обеспечения необходимой степени очистки по взвешенным веществам, проводят проверочный расчет по эффективности очистки поверхностного стока от нефтепродуктов. При этом эффективность задержания нефтепродуктов в тонкослойном отстойнике в зависимости от длины тонкослойных элементов и скорости движения жидкости проверяется по табл. 13.

Количество осадка  $P_{oc}$  ( $m/ч$ ), выделяемого в отстойных сооружениях, следует определять исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающем стоке  $C_0$  отстойном стоке  $C_{oc}$ :

$$P_{oc} = \frac{Q \cdot (C_0 - C_{oc})}{(100 - b) \cdot \rho_{oc} \cdot 10^4} \quad (10)$$

где  $Q$  - расход сточных вод,  $m^3/ч$ ;  $b$  - влажность осадка, %;  $\rho_{oc}$  - плотность осадка,  $г/см^3$ .

Исходя из объема образующегося осадка и вместимости зоны его накопления в отстойном сооружении определяется интервал времени между выгрузками осадка.

В зависимости от принятого типа отстойного сооружения удаление осадка предусматривается самотеком, под гидростатическим давлением, насосами, гидроэлеваторами, ковшовыми элеваторами, грейфером, бульдозерами, экскаваторами и другими машинами.

Таблица 12

**Скорость рабочего потока в зависимости от эффекта удаления взвешенных веществ для дождевого стока (в числителе) и талого стока (в знаменателе)**

Эффект осветления, %	Скорость течения (мм/с) при длине тонкослойных элементов, м		
	1,5	2	3
55	10/-	-	-
60	6,1/-	9/-	-
65	4,2/-	6/-	8,5/-
70	2,9/-	4,3/-	6,0/-
75	2,0/-	3/-	4,3/-
80	1,4/-	2/-	3/-
85	0,9/8	1,2/10	1,8/-
90	0,5/4,3	0,65/6	1/9,6
95	0,2/2	0,2/3	0,2/4

Таблица 13

**Скорость рабочего потока в зависимости от эффекта очистки поверхностного стока от нефтепродуктов для дождевого стока (в числителе) и талого стока (в знаменателе)**

Эффект очистки, %	Скорость течения (мм/с) при длине тонкослойных элементов, м		
	1,5	2	3
60	4,4/-	6,2/-	9,2/-
65	3,5/-	4,5/-	6,0/-
70	2,3/-	3,4/-	4,3/-
75	1,7/9,1	2,5/10,2	3,0/-
80	1,0/5,5	1,8/7,1	2,0/9,9
85	0,8/4,0	1,0/5,5	1,2/6,8
90	0,5/2,6	0,8/3,9	0,65/5,3
95	0,2/1,0	0,2/2,5	0,2/3,2

Тип отстойных сооружений следует выбирать на основании технико-экономических расчетов с учетом производительности и схемы очистных сооружений, очередности строительства, характеристики грунтов, рельефа

площадки, уровня грунтовых вод, требуемой степени очистки и др. Отстойные сооружения могут быть железобетонными или земляными.

Железобетонные отстойники целесообразны при расходах сточных вод до 500 л/с, а также при неблагоприятных гидрогеологических условиях. При расходе до 300 л/с возможно применение отстойников закрытого типа, т.е. подземных железобетонных сооружений. При больших расходах экономически целесообразно устраивать пруды-отстойники.