

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важной проблемой является охрана природы, в том числе охрана водных ресурсов.

Решение этих задач невозможно без проведения комплексных мероприятий по защите воды, почвы, воздуха от сброса неочищенных сточных вод, т.е. без строительства канализационных сетей и сооружений.

В «Методических указаниях» приведены исходные данные, изложена методика расчета, особенности проектирования и конструирования канализационных сетей при неполной раздельной системе канализации, даны способы выполнения трассировки сети, определение расчетных расходов и гидравлического расчета главного коллектора.

Данные «Методические указания» предназначены для студентов Гидромелиоративного факультета специальностей «ЭиООС», «СХВ», «Водные ресурсы и водопользование»

Целью «Методических указаний» является оказание помощи студентам при выполнении практических занятий по дисциплине «Канализация и очистка сточных вод»

Практические занятия являются важным этапом учебного процесса, позволяют студентам приобрести практические навыки в решении многих технических вопросов, а также правильно пользоваться нормативными данными проектирования и другой технической литературой.

# СИСТЕМЫ И СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Вода, которая была использована для различных нужд и изменила при этом свой химический состав или физические свойства, называется сточной водой. К сточным водам относятся также дождевые и талые воды, стекающие с территорий населенных мест или промышленных предприятий.

Сточные воды делятся на три группы:

1. Бытовые - поступающие от раковин, ванн, унитазов и других санитарных приборов, установленных в жилых, общественных и промышленных зданиях.
2. Производственные - образующиеся при использовании воды при использовании воды в различных технологических процессах производства.
3. Атмосферные - образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков.

Канализация состоит из следующих основных элементов:

- 1) внутренних домовых канализационных устройств;
- 2) наружной канализационной сети;
- 3) насосных станций и напорных водоводов;
- 4) сооружений для очистки и утилизации сточных вод;
- 5) выпусков в водоем.

# ВЫБОР СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ.

В виду большого разнообразия местных условий трудно дать какие-либо типовые схемы канализационной сети. Можно выделить следующие схемы сети:

**1. Перпендикулярная схема (рис.1).** Такую схему применяют для отвода атмосферных и незагрязненных производственных вод, не требующих очистки.

**2. Пересеченная схема (рис.2).** Эта схема может применяться в местностях с резко выраженным уклоном к водоему в тех случаях, когда все сточные воды необходимо подвергать очистке.

**3. Веерная, или параллельная схема (рис.3).** Когда вследствие больших уклонов местности в направлении к водоему коллекторы прокладывают параллельно друг другу под некоторым углом к реке. Эти коллекторы также перехватываются

главным коллектором, отводящим сточные воды за пределы населенного пункта на очистные сооружения.

**4. Зонная, или поясная схема (рис.4).** При которой канализационная сеть разбивается на несколько зон. При двухзонной схеме, ввиду того что сточные воды нельзя транспортировать на очистные сооружения самотеком, на нижнем перехватывающем коллекторе устраивают насосную станцию, перекачивающую сточные воды из коллектора нижней зоны в коллектор верхней зоны, по которому сточные воды отводятся на очистные сооружения самотеком.

**5. Радиальная, или децентрализованная схема (рис.5).** При которой сточные воды поступают на отдельные очистные сооружения децентрализованным путем.

# ВЫБОР СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

В зависимости от условий поступления сточных вод в сеть и транспортирования по ней вод различных категорий применяют раздельную, неполную раздельную, общесплавную, комбинированную системы канализации.

Если в одну канализационную сеть поступают сточные воды всех трех категорий (бытовые, производственные и атмосферные), то такая система называется **общесплавной**. Если же все перечисленные вода отводят по самостоятельным сетям или устраивают две сети (бытовую и производственно-дождевую либо производственно-бытовую и дождевую), то систему носит название **раздельной**. Раздельные системы, в свою очередь, подразделяются на полные и неполные. Если одновременно строят все указанные сети, то система называется полной раздельной; если строят одну из них – сеть бытовых и промышленных вод, а атмосферные воды не организованно поступают в водоем, то систему называется **неполной раздельной**.

В связи с тем, что в Республике осадков выпадает в небольшом количестве, поэтому в задании рекомендуется принимать неполную раздельную систему канализации, когда бытовые и производственные сточные воды отводятся на очистные сооружения по подземной сети, а атмосферные воды – открытыми каналами в водоем или коллекторно-дренажную сеть.

# Общесплавная система канализации

Рис. 6 Системы канализации

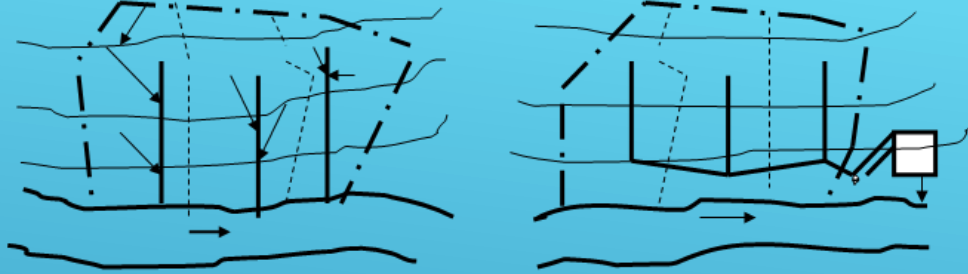


Рис.1

Рис.2

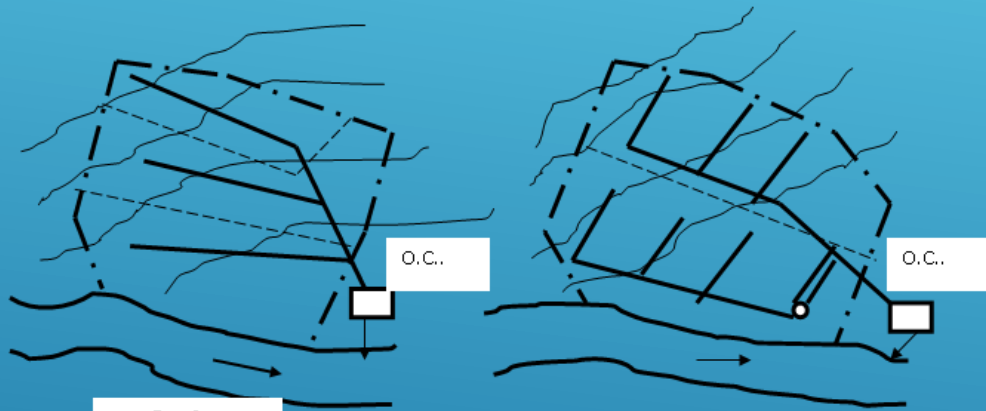


Рис.3

Рис.4

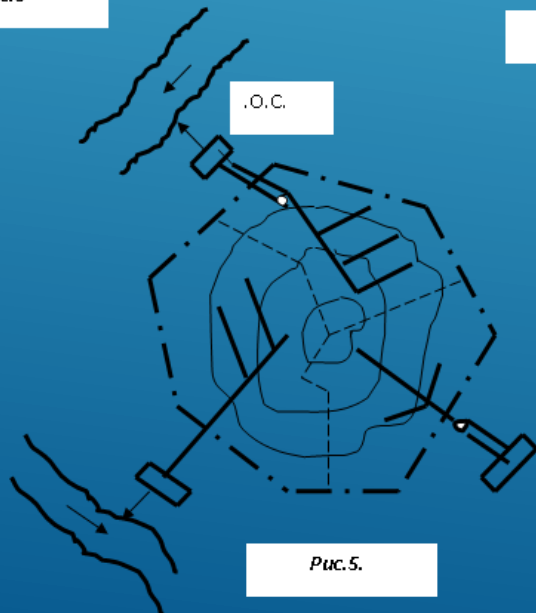
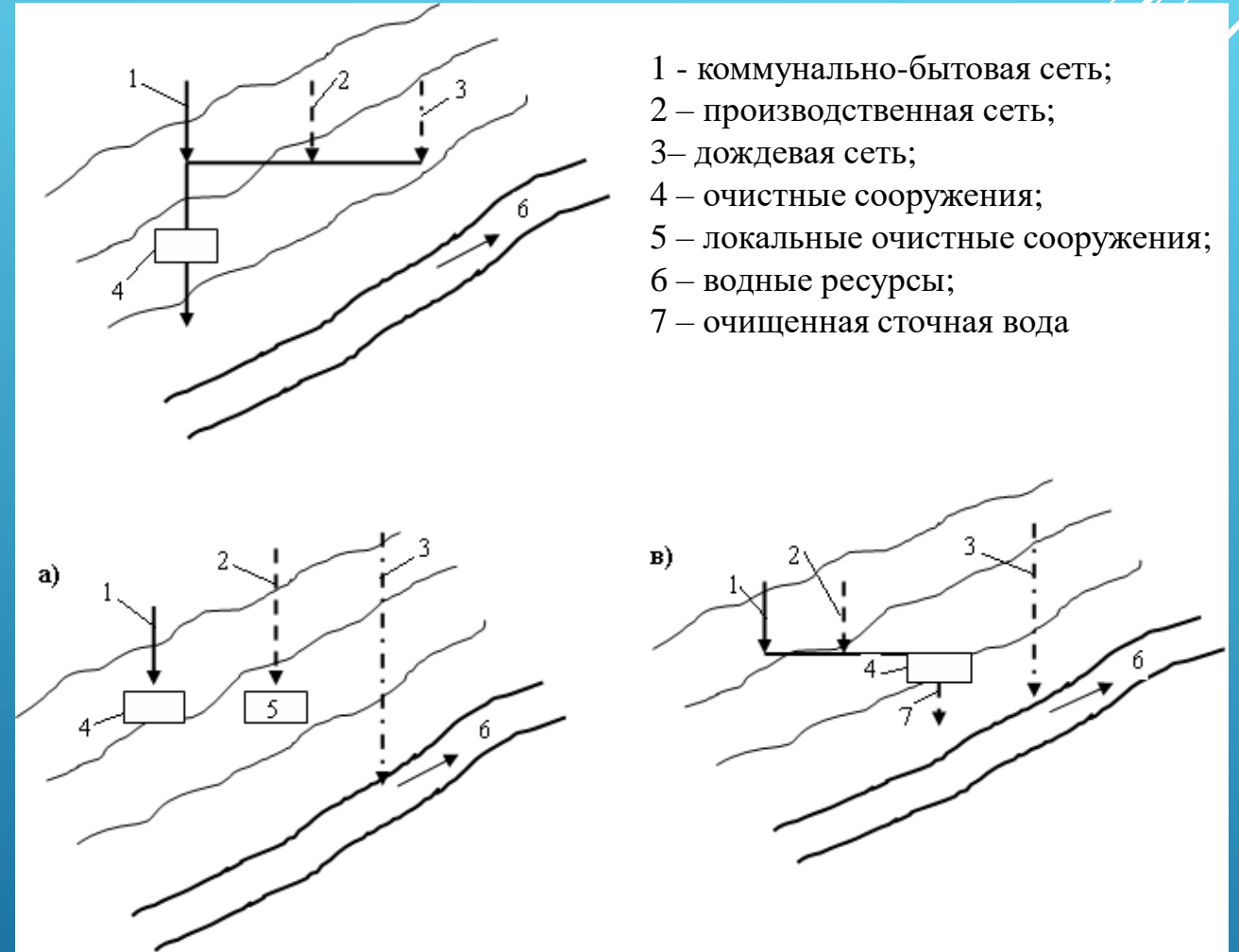


Рис.5.



а) полная раздельная система

б) не полная раздельная система



# Определение количества населения.

Расчетный расход сточных вод поселка складывается из суммы расходов бытовых сточных вод от жилых кварталов и расхода от промышленных предприятий.

Расчетными в канализационной сети являются максимальные расходы.

Исходными данными для определения расчетных расходов является: число жителей в населенном пункте, нормы и коэффициенты неравномерности водоотведения, характеристика работы промпредприятий.

Поэтому сначала определяем количество жителей по кварталам по формуле:

$$N = F \cdot P \cdot \beta$$

где N – количество жителей, проживающих в квартале, чел.

F – площадь квартала, га

P – плотность населения в заданном районе, чел/га.

$\beta$  - коэффициент учитывающий застройку кварталов, (0,8-0,9)

## Определение количества жителей по кварталам

Таблица 1

Номер района	Номер квартала	Площадь квартала, га, F	Плотность чел/га P	Количество жителей, чел. N
1	2	3	4	5
Район №-1	1			
	2			
	3			
	4			
По I-му району				
Район №-2	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
По II-му району				
Всего по населенному пункту				

## Определение расчетных расходов коммунально-бытовых сточных вод

Для определения расчетных расходов сточных вод всей канализуемой территории выбираем нормы водоотведения и коэффициенты неравномерности для хозяйственно-бытовых и промышленных предприятий.

При проектировании систем канализации населенных пунктов расчетное удельное среднесуточное (за год) водоотведение бытовых сточных вод следует принимать равным расчетному удельному среднесуточному (за год) водопотреблению согласно СНиП [10] и дано в таблица 2.

### Нормы водоотведения бытовых сточных вод населенных мест

Таблица 2

Степень благоустройства района жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя (среднесуточное) л/сут
Застройка зданий оборудованные внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	95 – 120
с ванными и местными водонагревателями	150 – 200
с централизованным горячим водоснабжением	230 – 290

Общий коэффициент неравномерности притока хозяйственно-бытовых сточных вод принимается в зависимости от средних расходов сточных вод согласно СНиП [10] табл.2 или по таблице 3.

Таблица 3

Общий коэффициент неравномерности водоотведения ( $K_{общ}$ )	Средний расход сточных вод, л/сек						
	5	10	20	50	100	300	500
Максимальный	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5
Минимальный	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66

Для остальных расходов значение  $K_{общ}$  - определяется интерполированием.

Расходы сточных вод, поступающие в канализационную сеть от населения подразделяются на суточные, часовые и секундные. Расчетные расходы с каждого квартала определяются по следующим формулам, а результаты расчетов вносятся в таблицу 4.

Средне-суточные расходы сточных вод

$$Q_{\text{ср.сут.}}^I = \frac{N \cdot n}{1000}, \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Максимально- суточные расходы сточных вод  $Q_{\text{мах.сут}}^I = Q_{\text{ср.сут.}}^I \cdot K_{\text{сут.нер.}}, \text{ м}^3 / \text{сут}$

Средне-часовые расходы  $Q_{\text{ср.час.}}^I = \frac{Q_{\text{ср.сут.}}^I}{24} \text{ м}^3 / \text{час}$

Максимально-часовые расходы  $Q_{\text{мах. час.}}^I = Q_{\text{ср.час.}}^I \cdot K_{\text{общ.нер.}} \text{ м}^3 / \text{час}$

Средне-секундные расходы  $q_{\text{ср.сек.}}^I = \frac{Q_{\text{ср.час.}}^I}{3,6} \text{ л/сек}$

Максимально-секундные  $q_{\text{мах.сек}}^I = q_{\text{ср.сек.}}^I \cdot K_{\text{общ.нер.}} \text{ л/сек}$

где: N-количество жителей данного района; n-норма водоотведения  $K_{\text{сут.нер.}}$  - коэффициент суточной неравномерности, принимается согласно СНиП  $K_{\text{сут.нер.}} = 1,1 - 1,3$   
 $K_{\text{общ.нер.}}$  - коэффициент общей неравномерности притока сточных вод, принимается по таблице 3.





## Определение расчетных расходов производственных вод

Расходы от промышленных предприятий включают в себя производственно-загрязненные и условно-чистые сточные воды.

Суточный расход сточных вод можно определить по формуле:  $Q_{сут} = \frac{M \cdot m}{K}, \text{ м}^3 / \text{сут}$

где:  $M$  – объем продукции, выпускаемой в сутки, принимается по бланку задания,  
 $m$  – среднегодовая норма водоотведения на единицу продукции, принимается по укрупненным нормам [11],  
 $K$  – количество рабочих дней в году

Сменные расходы сточных вод определяются следующим образом:

- а) если предприятие работает в одну смену –  $Q_{смены} = Q_{сут}$
- б) если предприятие работает в две смены –  $Q_{смены} = Q_{сут} \times 0,6$
- в) если предприятие работает в три смены –  $Q_{смены} = Q_{сут} \times 0,4$

Средний часовой расход сточных вод определяется по формуле:  $Q_{ср.час.} = Q_{сут} / T, \text{ м}^3 / \text{час}$

где:  $T$  – число часов работы смены,  $T_{смены} = 8$  часов

Максимально часовой расход сточных вод равен:  $Q_{мах.час.} = Q_{ср.час} \times K_{час.нер.}, \text{ м}^3 / \text{час}$

Средне секундный расход сточных вод:  $q_c^{ср} = \frac{Q_{ср.час}}{3,6} \text{ л/сек}$

Максимально секундный расход сточных вод:  $q_{мах.сек} = q_{ср.сек} \cdot K_{час.нер.} \text{ л/сек}$

Расчеты сводятся в таблицу 5



## Определение общего расхода сточных вод по поселку

Общий расход сточных вод состоит из суммы коммунально-бытовых, промышленных сточных вод и неучтенных расходов местной промышленности (допускаемых в размере 5% от суммарного расхода района)

Все расчетные расходы по поселку вносятся в сводную таблицу 6

### Общий расход сточных вод

Таблица 6

Виды сточных вод	С уточный расход м <sup>3</sup> /сут		Часовой расход м <sup>3</sup> / час		Секундный расход м <sup>3</sup> /сек	
	$Q_{cp}$	$Q_{max}$	$Q_{cp}$	$Q_{max}$	$q_{cp}$	$q_{max}$
Коммунально -бытовые						
Производственные						
Итого						
5-% для местной промышленности						
Всего						

# Трассировка сети

После того как выбрана схема канализации приступаем к трассировке сети. Трассировка сети – вычерчивание на плане населенного пункта, в каждом отдельном квартале, зависит от принятой схемы канализации и рельефа местности и места очистных сооружений и сброса сточных вод.

Трассировку канализационной сети осуществляют в определенной последовательности: сначала трассируют главный коллектор, затем коллекторы бассейнов канализования и наконец, остальную уличную сеть. Уличные коллекторы обычно прокладывают перпендикулярно горизонталям местности в направлении по пониженным местам бассейнов.

Существуют три схемы трассировки канализационной сети:

1) объемлющая схема, применяемая при плоском рельефе местности, при отсутствии застройки внутри квартала и больших его размерах, когда уличные сети и второстепенные коллекторы прокладывают по проездам, опоясывающим квартал со всех четырех сторон.

2) схема по пониженным граням, используемая при более или менее крутом рельефе, когда длинные дворовые участки канализационной сети не требуют значительного заглубления уличных коллекторов. При этой схеме уличные сети и второстепенные коллектора прокладывают только с пониженной стороны обслуживаемого ими квартала.

3) внутриквартальная схема, применяемая в том случае, если имеется подробно разработанный проект размещения внутриквартальных зданий.

При вычерчивании сети руководствуются основным принципом - обеспечить движение сточных вод по трубам на всей территории самотеком. Однако при больших заглублениях коллекторов возникает необходимость в устройстве насосных станций перекачки для подъема сточных вод на более высокие отметки, откуда они самотеком поступают на очистные сооружения.



# Определение расходов сточных вод на расчетных участках сети

На рабочей схеме канализационной сети намечается трасса главного коллектора. На трассе нумеруются участки главного коллектора, затем приступают к определению расчетных расходов в них. Расчетный расход на участке считают постоянным по длине и поступающим в начало участка, определяется по формуле:

$$\begin{array}{l} \text{для первого района} \quad q_o^I = \frac{P \cdot n \cdot \beta}{86400} = \text{л./с.га} \\ \text{для второго района} \quad q_o^{II} = \frac{P \cdot n \cdot \beta}{86400} = \text{л./с.га} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{где: } P - \text{плотность населения,} \\ n - \text{принятая норма водоотведения,} \\ \beta - \text{коэффициент} \end{array}$$

Попутный и боковой расход определяются по формуле :

$$q_{\text{попут}} = q_o \cdot F, \text{ л/сек}$$

$$q_{\text{бок}} = q_o \cdot F, \text{ л/сек}$$

Общий средний расход сточных вод для каждого расчетного участка определяют как сумму расходов:

$$q^{cp} = (q_{\text{попут.}} + q_{\text{бок}} + q_{\text{транз}})$$

Затем определяем максимально-секундный расход сточных вод по участкам сети по формуле :

$$q_{\text{расч}} = (q_{\text{попут.}} + q_{\text{бок}} + q_{\text{транз}}) \cdot K_{\text{общ}} + q_{\text{ср.}}$$

$q_{\text{попут}}$  - расход, поступающий в расчетный участок от жилой застройки расположенной по его длине.

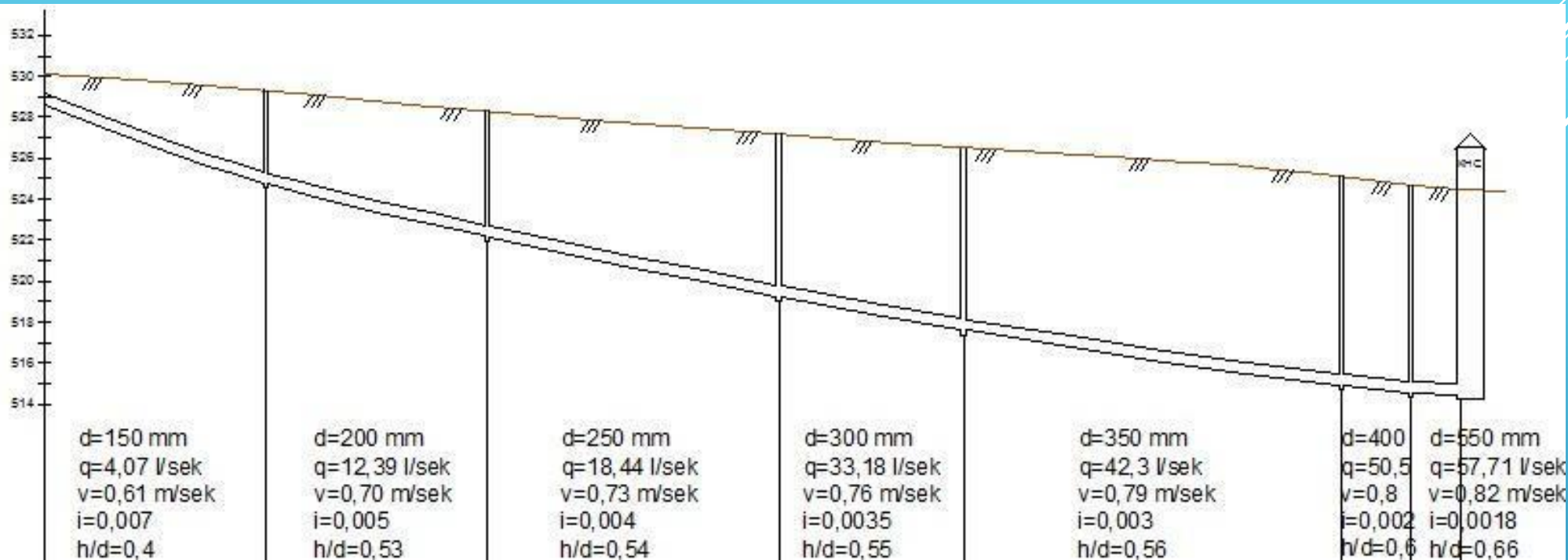
$q_{\text{бок}}$  - расход от присоединенных боковых линий сети.

$q_{\text{транз}}$  - расход, поступающий от выше расположенных участков и равен по величине общему среднему расходу предыдущего участка.

$q_{\text{ср}}$  - максимально-секундный расход промпредприятий



# Продольный профиль главного коллектора



Узлы	1	2	3	4	5	6	7	TI
Уклон		0,007	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,002	0,0018
Расстояние	540	540	710	450	920	170	120	
Отметка земли	530,1	529,3	528,3	527,2	526,5	525,1	524,7	524,5
Отметка дна коллектора	528,6	524,82	522,12	519,28	517,71	514,95	514,61	514,39
Глубина заложения труб	1,5	4,48	6,18	7,92	8,79	10,15	10,09	10,11

## Гидравлический расчет канализационной сети

Целью гидравлического расчета является определение диаметров труб, скоростей, наполнения и уклонов при пропуске расчетных расходов.

Движение сточных вод в канализационной сети может быть равномерным, неравномерным установившимся и неравномерно неустановившимся. В канализационных сетях, работающих самотеком, равномерное движение наблюдается на прямых участках без боковых присоединений, при незаиливающих скоростях движения сточных вод.

В соответствии с СНиП [ 10 ] гидравлический расчет канализационной сети может производиться по формулам равномерного турбулентного движения сточных вод. Для расчета сетей используют таблицы и номограммы, составленные по формуле [ 7 ].

При гидравлическом расчете сети необходимо учитывать нормативные требования, согласно СНиП 2 п.2.33; 2.34; 2.41. [10]

1. Наименьшие диаметры труб самотечных сетей следует принимать: для внутриквартальной сети бытовой и производственной канализации  $d=150\text{мм}$ ,  $i=0,008$ , а уличные сети  $d=200\text{мм}$ .,  $i=0,007$  (0,005)

Расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения и диаметра труб по таблице 8, [10]

Диаметр	Наполнение $h/d_{\max}$	Скорость $v_{\min}$	Уклон I
200	0.60	0.7	0.0046
300	0.6	0.8	0.0033
400	0.7	0.9	0.0021
500	0.75	1.0	0.002
600	0.75	1.0	0.0019
800	0.75	1.15	0.0013
1000	0.8	1.15	0.0013
1200	0.8	1.15	0.001
1400	0.8	1.3	0.001
2000	0.8	1.5	0.0009

Наибольшую расчетную скорость движения сочных вод следует принимать в м/сек :

- для металлических труб  $V = 8$  м/сек

- для неметаллических труб  $V = 4$  м/сек т.е. скорость в сети должна быть:

$$V_{\min} \leq V_i \leq V_{\max}$$



# Гидравлический расчет главного коллектора

Таблица 8

№ участков сети	Длина, м	Расход q, м <sup>3</sup> /с	Диаметр d	Уклон, i	Скорость, V, м/сек	Наполнение, n/d	Высота (h) воды	Потери по длине $\Delta h = i \cdot l$	Отметки земли		Отметка дна в коллекторе		Отметки уровня воды		Глубина заложения труб	
									в начале -1,5	в конце	в начале злат1	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-2																
2-3																
3-4																
4-5																
5-6																
6-7																
7-ОС																

Допустимые масштабы для профиля принимаются :  
 горизонтальный - 1 : 500; 1 : 1000 ; вертикальный - 1: 100 ; 1 : 200.

На продольном профиле коллектора наносят канализационную линию между колодцами. Под проектной линией выписываются основные данные : диаметр, уклон, длина, причем для одинакового диаметра и уклона, указывается сразу общая длина. Ниже на профиле для каждого участка выписываются расчетный расход, скорость и наполнение.

Номера расчетных участков проставляются внизу под профилем. Отметка лотка, отметка поверхности земли и глубина колодцев выписываются с двумя десятичными знаками. Все относящиеся к проекту линии ( проектная линия отметки трубы, глубина колодца) наносятся красным цветом.

## Подбор насоса

Во всякой системе канализации имеются насосные станции, которые служат для перекачки сточных вод и осадков, образующихся на очистных сооружениях. Станции перекачки устанавливаются на канализационной сети для подкачки сточных вод из коллекторов, имеющих заложение в сухих грунтах 7-8 м, а в мокрых – 5-5,5 м, в коллекторы с меньшим заглублением, а также для подкачки сточных вод на очистные сооружения.

Насосы, оборудование и трубопроводы следует принимать в зависимости от расчетного расхода и высоты подъема.

Насосные станции для перекачки вод следует расположить в отдельно стоящих зданиях или колодцах. Выбор насосов производится по максимальной подаче и при требуемом напоре, которые вычисляются по формулам;

$$Q_{\text{н.с.}} = q \cdot 3,6 = (\text{м}^3 / \text{час})$$

где  $q$  - расчетный расход главного коллектора на последнем участке.

Как правило, принимается не менее двух насосов, включая резервный. По каталогу принимаем марку насоса относительно вычисленных  $Q$  и  $H$

## Определение концентрации загрязнения сточных вод.

Концентрация загрязнений коммунально-бытовых сточных вод зависит от нормы водоотведения и количества загрязняющих веществ в сутки на 1 человека. И принимается согласно СНиП [[10] таблица 25.

Из таблицы видны основные загрязняющие вещества (взвешенные вещества и БПК), поэтому определяем концентрацию загрязнений по взвешенным веществам и по БПК.

а) Концентрация загрязнений коммунально-бытовых сточных вод определяется по формуле :

1) по взвешенным веществам: 
$$K = \frac{a \cdot 1000}{N} = \text{мг} / \text{л}$$

2) по БПК: 
$$L = \frac{b \cdot 1000}{N} = \text{мг} / \text{л}$$

где  $a$ - количество загрязнений на 1 чел. В сутки по взвешенным веществам и равно  $a = 65$  мг/л согласно СНиП [10],

$N$  – норма водоотведения,

$b$  - количество загрязняющих веществ по БПК на 1 человека в сутки и

$b = 40$  мг/л согласно СНиП [10]

б) Концентрация загрязнения производственных стоков зависит от вида промышленных предприятий и берется из [11] и сводится в таблицу 9.

### Общая концентрация загрязнения

Таблица 9

№	Показатели	$Q_{\text{сут}}$ , м <sup>3</sup> /сут	$K_{\text{пр}}$ , мг/ л	БПК, мг/л
1	КБХ а) для первого района б) для второго района			
2	промышленность а) Консервный завод б) завод ЖБИ			

## 2. Определение средней концентрации загрязнения сточных вод

в) средняя концентрация загрязнения сточных вод поступающие в очистные сооружения определяются по формуле:

а) - по взвешенным веществам 
$$K_{\text{смеси}} = \frac{\Sigma Q K^{\text{кбх}} + \Sigma Q_{\text{пр}} K_{\text{пр}}}{\Sigma Q^{\text{кбх}} + \Sigma Q_{\text{пр}}} = \frac{Q_1^{\text{кбх}} \cdot K_1^{\text{кбх}} + Q_2^{\text{кбх}} \cdot K_2^{\text{кбх}} + Q_1^{\text{нр}} \cdot K_1^{\text{нр}} + Q_2^{\text{нр}} \cdot K_2^{\text{нр}}}{Q_1^{\text{кбх}} + Q_2^{\text{кбх}} + Q_1^{\text{нр}} + Q_2^{\text{нр}}} \text{ (ммг/л)}$$

$Q, Q_{\text{пр}}$  - среднесуточный расход коммунально-бытовых и производственных сточных вод;

$K, K_{\text{пр}}$  - концентрация загрязнений коммунально-бытовых и производственных сточных вод по взвешенным веществам и БПК

Б) По БПК: 
$$L_{\text{смеси}} = \frac{Q_1^{\text{кбх}} L_1^{\text{кбх}} + Q_2^{\text{кбх}} L_2^{\text{кбх}} + Q_1^{\text{нр}} L_1^{\text{нр}} + Q_2^{\text{нр}} L_2^{\text{нр}}}{Q_1^{\text{кбх}} + Q_2^{\text{кбх}} + Q_1^{\text{нр}} + Q_2^{\text{нр}}} = \text{мг/л}$$

## Определение приведенного числа жителей

Для учета влияния промышленных сточных вод определяется эквивалентное число жителей :

а) по взвешенным веществам: 
$$N_{\text{прив}}^{\text{взв}} = N_{\text{ф}} + N_{\text{эkv}}^{\text{взв}}, \text{ чел}$$

$N_{\text{ф}}$  - фактическое число жителей

$N_{\text{эkv}}$  - эквивалентное число жителей по взвешенным веществам :

$$N_{\text{эkv}}^{\text{БПК}} = \frac{Q_{\text{нр}}^1 K_{\text{нр}}^1 + Q_{\text{нр}}^2 K_{\text{нр}}^2}{a}, \text{ чел}$$

## Определение необходимой степени очистки сточных вод

а) определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам:

$$n_{\text{ВЗ}} = \frac{K_{\text{смеси}} - m}{K_{\text{смеси}}} \cdot 100\%$$

где  $m$  – предельно допустимая концентрация (ПДК) взвешенных веществ, сбрасываемых в водоем определяется, 0,25-0.75 :

$$m = \rho \left( \frac{a \cdot Q}{q_{\text{max}}} + 1 \right) + K_{\text{реки}}$$

Где,  $\rho$  – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод принимается [8] (мг/л)

$Q$  - наименьший среднемесячный средний расход реки (из бланка задания) 95% обеспеченности м<sup>3</sup>/с

$q_{\text{max}}$  - максимальный секундный расход сточных вод

$K_{\text{реки}}$  -концентрация взвешенных веществ речной воды до спуска сточных вод

$a$  - коэффициент смешения определяется :

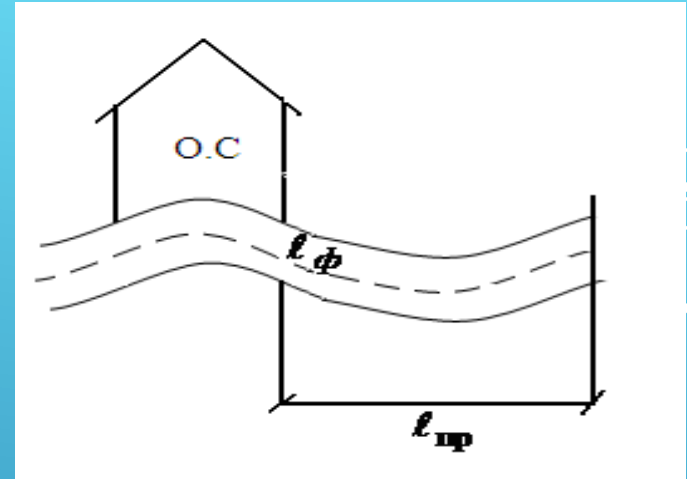
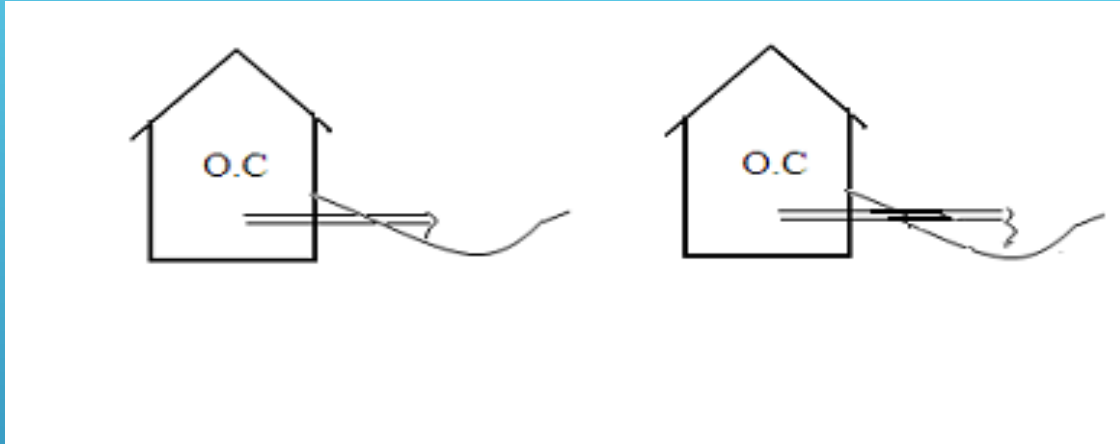
$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left( \frac{Q}{q_{\text{max}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}$$

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий влияние гидравлических факторов и равен:  $\alpha = \xi \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q_{\text{max}}}}$



береговой  $\xi = 1$

русловый  $\xi = 1,5$



$\xi$  - коэффициент, учитывающий влияние местоположение выпуска.

$\varphi$  - коэффициент извилистости, определяется: 
$$\varphi = \frac{L_{\Phi}}{L_{пр}}$$

$E$ -коэффициент турбулентной диффузии 
$$\mathring{A} = \frac{V_{ср} \cdot H_{ср}}{200}$$

$V_{ср}$  и  $H_{ср}$  - средняя глубина и скорость реки

$L_{пр}$ ,  $L_{\Phi}$  - расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой (из бланка) и по фарватеру

## б) Определение необходимой степени очистки сточных вод по БПК

Необходимая степень очистки в % равна:

$$П_{\text{БПК}} = \frac{L_{\text{смеси}} - L_{\text{ст}}}{L_{\text{смеси}}} \cdot 100\%$$

Величина БПК<sub>пол</sub> сточной воды, прошедшей очистку определяется по формуле:

$$L_{\text{ст}} = \frac{a \cdot Q}{q_{\text{мах}} 10^{-K_{\text{ст}}t}} \left( L_{\text{ПД}} - \frac{L_{\text{реч}}}{10^{-K_P t}} \right) + \frac{L_{\text{ПД}}}{10^{-K_{\text{ст}}t}} = \text{мг/л}$$

$L_{\text{реч}}$  - БПК речной воды до места выпуска сточных вод

$K_{\text{ст}}, K_P$  - константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой, определяются:

$$K_{\text{ст}} = 0.16 \quad K_P = 0.1$$

$L_{\text{ПД}}$  - предельно допустимая БПК смеси речной и сточной воды в расчетном створе [8]

$t$  - продолжительность смешения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут), равна:

$$t = \frac{L_{\Phi}}{V_{\text{CP}}} / 3600 / 24, (\text{сут})$$

## Выбор состава очистных сооружений

После определения необходимой степени очистки сточных вод выбираем методы очистки и состав сооружений.

Выбор метода очистки и подбор состава сооружений зависят от ряда факторов: необходимой степени очистки сточных вод, рельефа местности, энергетических факторов, характера грунта местности, размера площади для очистных сооружений, расхода сточных вод, мощности водоема и др.

Для очистки сточных вод предусматривается комплекс отдельных сооружений, в которых по ходу движения сточная вода постепенно очищается сначала от крупных, а затем от более мелких загрязнений, находящихся в нерастворенном состоянии.

## Состав очистных сооружений

Наименование сооружений	Производительность очистной станции, м <sup>3</sup> /сут						
	До 50	До 300	До 5000	До 10000	До 30000	До 50000	Более 50000
<b>При механической очистке</b>							
Решетки	+	+	+	+	+	+	+
Песколовки :							
вертикальные						+	+
горизонтальные			+	+	+	+	+
с круговым движением			+	+	+	+	+
Отстойники:							
двухъярусные	+	+	+	+	+		
вертикальные		+	+	+	+	+	
горизонтальные						+	+
радиальные					+	+	+
метантенки				+	+	+	+
иловые площадки	+	+	+	+	+	+	+
вакуум фильтры						+	+
центрифуги				+	+	+	+
хлораторные установки	+	+	+	+	+	+	+
<b>При биологической очистке</b>							
Поля подземной фильтрации	+						
Поля орошения	+	+	+	+			
Поля фильтрации	+	+	+	+			
Башенные биофильтры			+	+	+	+	
Биофильтры	+	+	+	+			
Биологические пруды	+	+	+				
Аэротенки	+	+	+	+	+	+	+
Аэрофильтры				+	+	+	
Илоуплотнители				+	+	+	+

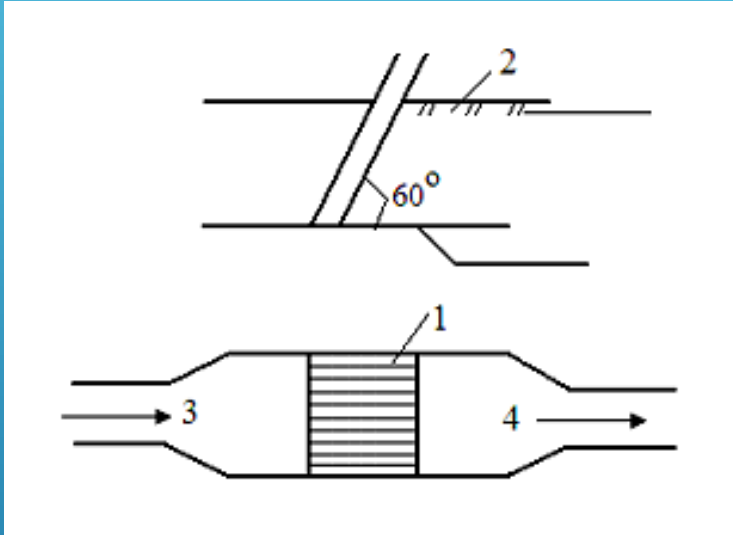
Сооружения для механической очистки составляют первую группу, в которую входят последовательно: решетки, песколовки, отстойники, песковые и иловые площадки.

Ко второй группе относятся сооружения для биологической очистки, в которых окисляются оставшиеся после механической очистки органические загрязнения. Очистка сточной воды заканчивается процессом обеззараживания.

## Расчет и конструкция решетки

Решетка состоит из наклонно-устанавливаемых прутьев, укрепленных на металлической раме. Служит для задержания крупных загрязнений. Бывают подвижными и неподвижными.

Принимаем неподвижную решетку с ручной очисткой.



1 –решетка,

2- мостик,

3,4- подводящий и  
отводящий коллекторные

1) Определяем количество прозоров в решетке

$$n = \frac{q_{\max} \cdot K}{b \cdot h_b \cdot V}, (\text{шт})$$

$q_{\max}$  -максимальный секундный расход сточных вод

$b$  -ширина прозора (16мм=0,016 м)

$h_b$  -высота воды в канале перед решеткой (400 мм= 0,4 м)

$V$  - скорость потока воды прозоров решетки (от 0,8-1 м/сек)

$K$ - коэффициент, учитывающий стесненность потока  $K=1,05$

2) Определяем ширину решетки  $B_{\text{реш}} = S(n-1) + b \cdot n, (м)$

$S$  -толщина стержней =10 мм = 0,01 м

$n$  -количество прозоров

$b$  -ширина прозоров

3) Определяем высоту решетки  $H_{\text{реш}} = h_1 + h_2 + h_3, (м)$   $h_3 = \xi \frac{V^2}{2g} K, (м)$

$K$ - коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора в решетке вследствие засорения ее отбросами = 3

$h_1$  - высота слоя воды после прохождения решетки =0,4 м

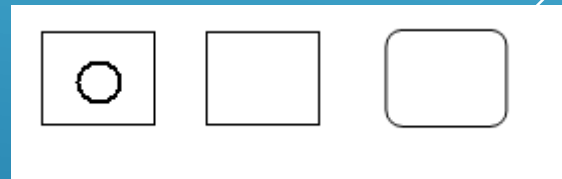
$h_2$  - высота борта решетки =0,5 м

$h_3$  - потери напора в решетке  
 $g = 9,81$

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

$\xi$  - коэффициент местного сопротивления.

Принимаем  $\beta = 1.79$



$\beta = 1.79$     $\beta = 2.43$     $\beta = 1.82$

При круглой форме стержня сопротивление меньше  $\alpha = 60^\circ; \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1,73}{2}$

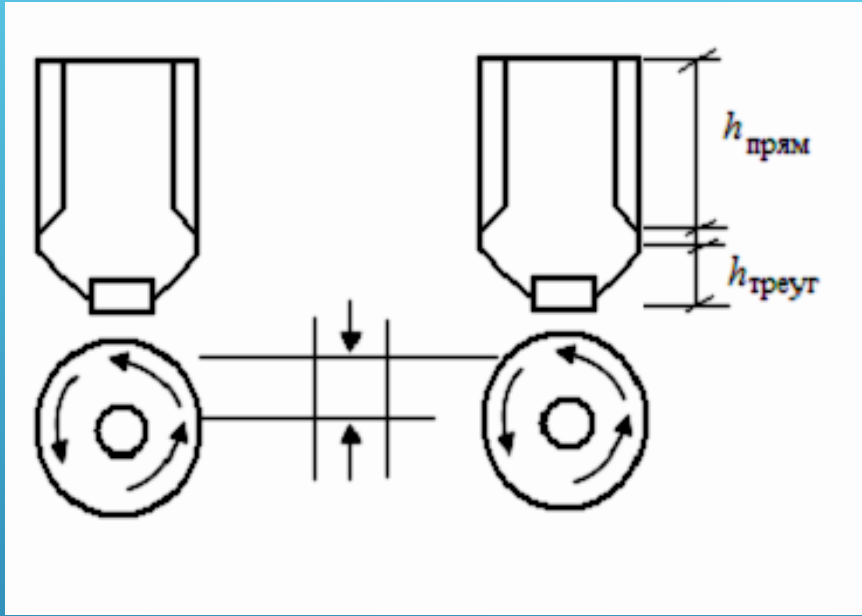
1) Определяем объем задержанных загрязнений в решетке  $W_{\text{сут}} = \frac{N_{\text{прив}} \cdot 8}{T_{\text{год}}}, (мм^3/сут)$

2) Определяем массу загрязнений  $M = W_{\text{сут}} \cdot \rho = (т)$

$\rho = 750 \text{ кг/м}^3 = 0,75$  –плотность загрязнений



## Расчет и конструкция горизонтальной песколовки с круговым движением воды



Песколовки предназначены для задержания минеральных загрязнений. Принцип действия песколовок основан на том, что под влиянием силы тяжести частицы оседают. По мере движения с водой они выпадают на дно. Песколовки применяются при  $Q_{сут} > 100 \text{ м}^3/\text{сут}$

1) Определяем площадь сечения кольцевого желоба

$$\omega_{\text{жел}} = \frac{Q_{\text{max}}}{n \cdot V} \text{ (м}^2\text{)}$$

$Q_{\text{max}}$  - максимальный расход;

$n$  - количество желобов (2 шт)

$V$  расчетная скорость воды в песколовке = 0,15-0,3 м/сек

2) Определяем высоту треугольной части желоба

$$h_{\text{треуг}} = \frac{b \cdot \text{tg}\alpha}{2} \text{ (м)}$$

$b$  - ширина желоба = 0,4

$\text{tg}\alpha$  - угол наклона стенок желоба к горизонту =  $10^\circ$

$$\text{tg}\alpha = 1,73$$

3) Определяем площадь треугольной части желоба

$$\omega_{\text{треуг}} = \frac{b \cdot h_{\text{треуг}}}{2} \text{ (м}^2\text{)}$$

4) Определяем площадь прямоугольной части желоба

$$\omega_{\text{прям}} = \omega_{\text{жел}} - \omega_{\text{треуг}}, \text{ (м}^2\text{)}$$

5) Определяем высоту прямоугольной части желоба

$$h_{\text{пря}} = \frac{\omega_{\text{пря}}}{b}, \text{ м}$$

6) Определяем высоту бункерной части

$$h_{\text{бунк}} = \frac{(D_H - b) - d_o}{2} \text{tg} \alpha, \text{ м}$$

$D_H$  - наружный диаметр песколовки = 2-2,5 м

$d_o$  - диаметр нижнего основания 0,3-0,4 м

7) Определяем продолжительность протекания воды

$$t = \frac{(D_H - b) \pi}{V}, \text{ сек}$$

Должно выполняться условие  $t \geq 30$  сек

## Расчет двухъярусного отстойника

1) Определяем объем осадочной части  $W_{\text{осад}} = Q_{\text{мах}} \cdot \text{час} \cdot T$ , м<sup>3</sup>

$Q_{\text{мах}} \cdot \text{час}$  -принимаем по таблице «Общий расход сточных вод»

$T$ -продолжительность отстаивания = 1,5 часа

2) Определяем площади желобов:  $\omega_{\text{жел}} = \frac{W_{\text{осад}}}{L \cdot n_{\text{отс}} \cdot n_{\text{жел}}}$ , м<sup>2</sup>

$\omega_{\text{жел}}$  -должна быть в пределах от 1,4 до 3,2 м<sup>2</sup>

Если это условие не выполняется, то методом подбора выбираем  $L$ ,  $n_{\text{отст.}}$ ,  $n_{\text{жел.}}$ .

$L$  -диаметр отстойника, принимаем 6,8,9,10,12 м.

В расчет принимаю 6 м.

$n_{\text{отст.}}$  - количество отстойников, принимается не менее 24

$n_{\text{жел.}}$  -количество желобов ( 1- отстойник – 2 желоба)

3) Определяем общую высоту желоба  $h_{\text{жел}} = h_1 + h_2 + h_3$ , м

$h_1$  -высота борта (0,3-0,5 м)

$h_2$  -высота прямоугольной части желоба

$$h_2 = \frac{\omega_{\text{жел}} - 0,3 \cdot b^2}{b}, \text{ м} \quad h_3 = \frac{b \cdot h_2}{2}, \text{ м}$$

$b$  -ширина желоба =1-2 м

$h_3$ -высота треугольной части желоба

4) Определяем общий объем нижней части отстойника  $W_{\text{общ}} = \frac{N_{\text{прив}} \cdot W_{\text{септ}}}{n_{\text{отс}}}, (м^3)$

$N_{\text{прив}}$  – приведенное число жителей

$W_{\text{септ}}$  – объем септической части камеры = 50 м = 0,05 м<sup>3</sup>

5) Определяем объем конической части  $W_{\text{кон}} = \frac{\pi \cdot h_{\text{кон}}}{3} (D^2 + 0,42 + 0,4^2) = (м)$

$h_{\text{кон}}$  – высота конической части

6) Определяем объем цилиндрической части  $W_{\text{цил}} = W_{\text{общ}} - W_{\text{кон}}, (м)$

7) Определяем высоту цилиндрической части  $h_{\text{цил}} = \frac{4 \cdot W_{\text{цил}}}{\pi \cdot D^2}, (м)$

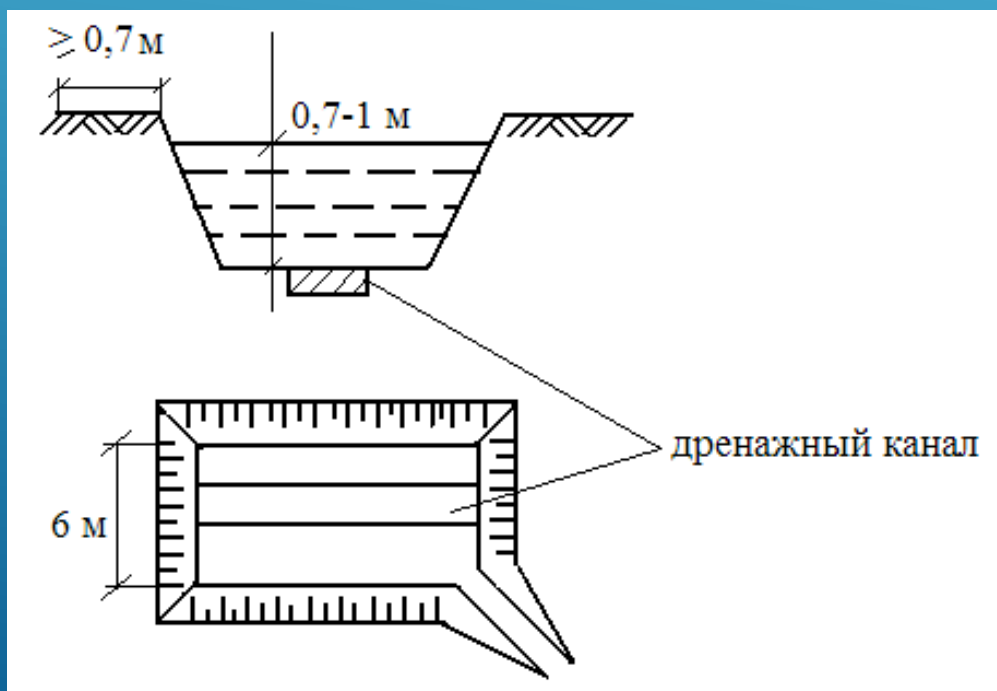
8) Определяем полную высоту отстойника:  $H_{\text{отс}} = h_{\text{жел}} + h_{\text{цил}} + h_{\text{кон}}, (м)$

## Расчет иловых площадок

Расчет ведется согласно СНиП и при проектировании силовых площадок принимаются:

- 1) Рабочая глубина карт 0,7-1 м
- 2) Высота оградительного валика на 0,3 м выше уровня воды.
- 3) Количество карт не менее двух
- 4) Отношение ширины к длине карты  $B:L=1-2$
- 5) Ширина валика по верху не менее 0,7 м.

Рассматриваем иловые площадки с естественным основанием



- 1) Определяем расход осадка по сухому веществу

$$Q_{\text{сут}} = \frac{K_{\text{смеси}} \cdot \mathcal{E} \cdot Q_{\text{сут}} \cdot K_1}{1000 \cdot 1000}, (\text{тт/сут})$$

$K_{\text{смеси}}$  - концентрация смеси бытовых и производственных сточных вод

$\mathcal{E}$  - эффективность задержания осадка 40%-50%  $\Rightarrow 0,4-0,5$

$Q_{\text{сут}}$  - суточный расход населенного пункта

$K_1$  - коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных фракций

$K_1 = 1,1-1,2$

2) Определяем расход сырого осадка  $V_{\text{осад}} = \frac{Q_{\text{сух}} \cdot 100}{(100 - W_{\text{ос}}) \rho}, (\text{м}^3 / \text{сут})$

$\rho$  -плотность осадка =1 т/м<sup>3</sup>

$W_{\text{ос}}$  -влажность сырого ила или осадка от 90 до 96%

3) Полезная площадь иловых площадок  $S = \frac{V_{\text{осад}} \cdot 365}{a \cdot b \cdot k}, (\text{м}^2)$

$a$  -коэффициент уменьшения объема ила за счет сбраживания =2

$b$  -коэффициент уменьшения за счет уплотнения =2

$k$  -нагрузка осадка на иловые площадки =2,8 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>

4) Определяем площадь одной карты  $S_1 = \frac{S}{n}, (\text{м}^2)$

$n$  -количество карт = 2

5) Назначаем размеры карт иловых площадок:

$$\ell = 68.3 \quad b = 34.1$$

Осадок после иловых площадок используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения, т.к. он содержит азот, фосфор и калий.



## Расчет биопрудов

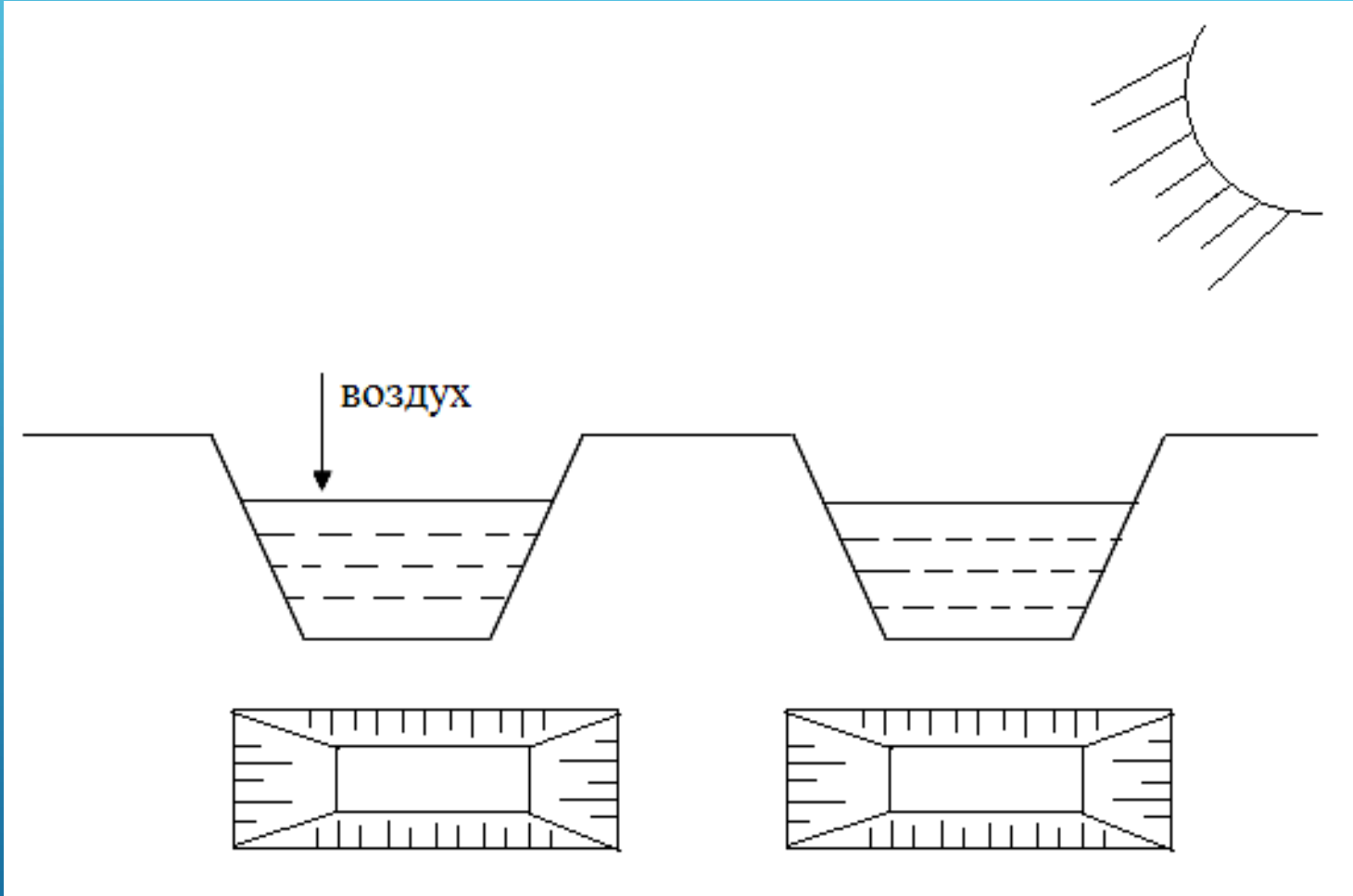
Биопруды - это искусственно созданные на глубине водоемы, в которых происходит биоочистка сточных вод на слабофильтрованных грунтах, основанная на процессах, протекающих при самоочищении водоема.

Бокс – биологические, оксидационные, контактные, стабилизационные. Бокспруды рекомендуются для обеспечения биологической очистки и обеззараживания поселковых сточных вод прошедших механическую очистку с использованием их на орошение.

Отличительной способностью бокспрудов от других сооружений биологической очистки является введение в сточные воды специальных микроводорослей и совокупность естественных факторов: присутствие солнечных лучей и кислорода (фотосинтез). Происходит активный процесс биохимического окисления органических загрязняющих веществ.

На процесс очистки сточной воды влияет количество солнечных дней в году и среднегодовая температура.

В г.Ташкенте среднегодовая температура +13,3°. Среднее число часов солнечного сияния в Ташкенте 2870 в год.



Определяем полезную площадь биопрудов :

$$F_{\text{пол}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{q_{\text{норм}}} (\text{га})$$

Где :  $Q_{\text{сут}}$  – суточный расход,

$q_{\text{норм}}$  – норма загрузки на 1 га сточной воды (1200 м<sup>3</sup>/сут)

Определяем площадь одной карты:

$$f = \frac{F_{\text{пол}}}{n_{\text{сек}}} (\text{га})$$

$n$  – количество секций ( 6 шт.)

Определяем размеры одной секции с учетом, что длина в два раза больше ширины.

## Расчет хлораторной установки

Биологическая очистка сточных вод снижает количество бактерий на 90-95%, уничтожая бактерии вызывающие различные заболевания.

Определяем потребное количество активного хлора:

$$X_{\text{потреб.}} = a \cdot q_{\text{max}}$$

Где:  $a$  — доза хлора, принимается согласно СНиП – 3 гр/л для полной биологической очистки, 5 - гр/л для не полной биологической очистки

$q_{\text{max}}$  - максимально секундный расход сточных вод (м<sup>3</sup>/сек)

Определяем концентрацию активного хлора в растворе хлорной извести

$$K_{\text{актив.}} = \frac{Z \cdot K_{\text{изв}}}{100} \text{ (г / л)}$$

где :  $K_{\text{изв}}$  - концентрация раствора хлорной извести (25 гр/л)

$Z$  – количество активного хлора в хлорной извести (20%)

Определяем максимальный расход хлорной воды газообразных хлораторов исходя из содержания активного хлора:

$$q_{\text{max хл}} = \frac{Q_{\text{max}}}{K_{\text{актив}}} \text{ (л / час)}$$

В настоящее время применяют баллоны ёмкостью 25-50 литров.

## Расчет контактных резервуаров

Контактные резервуары выполняют функцию отстойников. Общий объем резервуаров определяем по формуле:

$$W_{\text{общ}} = Q \cdot t (\text{м}^3)$$

где :  $Q$  – максимально часовой расход сточных вод ( $\text{м}^3/\text{час}$ );

$t$  – продолжительность контакта хлора со сточной водой в резервуаре минимально равна 30 минут, согласно СНиП пункт 7.

Объем одного резервуара определяется :  $W_{\text{р-ра}} = \frac{W_{\text{общ}}}{n} (\text{м}^3)$

где:  $n$  – количество резервуаров принимается не менее 2-х.

Количество осадка, выпадающего в контактных резервуарах определяется по формуле:

$$W_{\text{осад.}} = \frac{a \cdot N_{\text{прив}}}{1000} (\text{м}^3)$$

где:  $N_{\text{прив}}$  - приведенной число жителей;

$a$  – количество осадка выпадающего на 1-го человека в сутки (0,03 ) на станциях биологической очистки, (0,08) на станциях механической очистки

## Размещение очистных сооружений на плане

Площадку для строительства станции очистки сточных вод выбирают с подветренной стороны для господствующих ветров по отношению к жилой застройке и ниже населенного пункта по течению реки не менее чем 150 - 500 метров в зависимости от производительности станции. Площадка должна располагаться на незатопляемых территориях.

Размеры площадки должны быть достаточными для размещения всего комплекса очистных сооружений с учетом перспективы развития населенного пункта. Все очистные сооружения следует располагать более компактно.