

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вологодский государственный технический университет

Кафедра водоснабжения и водоотведения

**ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ**

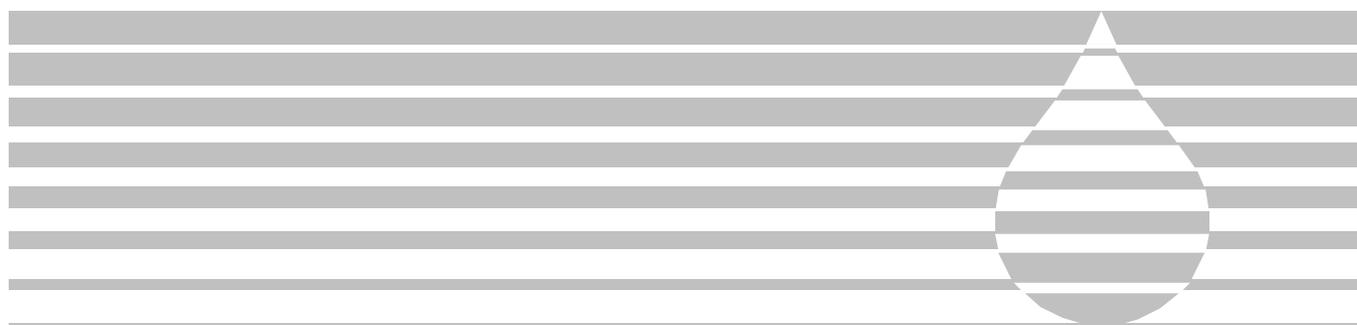
часть I. АУОТ ААВ АТ АТ Т ОАТ АВУАВ НАОУ

Методические указания к курсовому проектированию

---

Факультет технической экологии водных систем  
Специальность 290800 – Водоснабжение и водоотведение

---



Вологда  
1999

УДК 628.2

Водоотводящие системы и сооружения. Часть 1. Бытовая водоотводящая сеть: Методические указания к курсовому проектированию.- Вологда: ВоГТУ, 1999.- 33 с.

Приведена методика конструирования и расчета бытовых водоотводящих сетей города, рассмотрены примеры расчета сетей вручную и с применением ЭВМ. Предназначено для студентов специальности 290800.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ.

Составитель: Гудков А.Г., канд. техн. наук, доцент;

Рецензент: Чудновский С.М., канд. техн. наук, профессор кафедры комплексного использования и охраны природных ресурсов ВоГТУ

© А.Гудков, 1999

## **ВВЕДЕНИЕ**

---

Выполнение курсового проекта “Водоотводящие системы и сооружения” способствует получению студентом навыков расчета и проектирования водоотводящих систем и сооружений на них, на основе теоретических знаний, полученных за время обучения.

Целью курсового проектирования является обучение использованию этих знаний в самостоятельной работе, при решении конкретной инженерной задачи.

В ходе выполнения курсового проекта студент применяет знания, полученные при изучении курсов гидравлики, инженерной геологии, геодезии, гидрологии и строительных материалов.

## **1. ОБЪЕМ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА**

---

Для выполнения курсового проекта “Водоотводящие сети города” студенту выдается генеральный план города в масштабе 1:10000 и текст задания. Проект состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части.

### ***1.1. Примерный план расчетно-пояснительной записки***

Введение

1. Оглавление
2. Исходные данные для проектирования
3. Разбивка на бассейны водоотведения, выбор и обоснование системы и схемы водоотведения.
4. Выбор местоположения главной насосной станции, площадки очистных сооружений и вида трассировки сети
5. Определение расчетных расходов
6. Гидравлический расчет бытовой водоотводящей сети
7. Гидравлический расчет дождевой водоотводящей сети
8. Гидравлический расчет одного из сооружений на сети (дюкера, перепадного колодца, разделительной камеры или выпуска)
9. Сметы и технико-экономические показатели проекта
10. Таблица с результатами курсового проекта

Список литературы

Расчетно-пояснительная записка выполняется в объеме 30-35 страниц, на листах писчей бумаги формата А4.

### 1.2. Объем графической части

1. Генплан города  $M 1:10000$ , на плане указать местоположение площадки очистной станции, нанести бытовую и дождевую сеть и основные сооружения на них

2. Профиль главного коллектора,  $M_{\text{верт}} 1:100$ ,  $M_{\text{гор}} 1:10000$  ( $1:5000$ ), вычерчивается по результатам гидравлического расчета

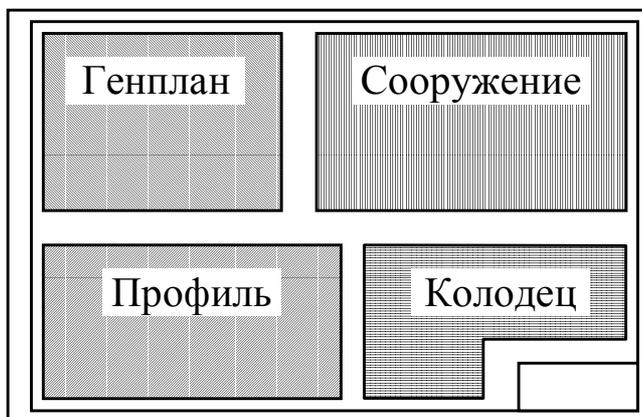
3. Схематичный чертеж одного из сооружений на сети (дюкер, перепадный колодец, разделительная камера или выпуск) – план и разрезы,  $M 1:50$

4. По данным типовых проектов вычертить конструкцию одного из смотровых колодцев с привязкой к местным условиям (план и разрез),  $M 1:20$

5. Составить спецификацию основных материалов к смотровому колодцу и к сооружению на сети

Графическая часть выполняется карандашом по двум вариантам: 1. на одном листе ватмана формата А1, 2. на двух листах ватмана формата А1 и А2. На листе формата А2 изображается сооружение на сети (см. рис.1.1).

#### I вариант размещения



#### II вариант размещения

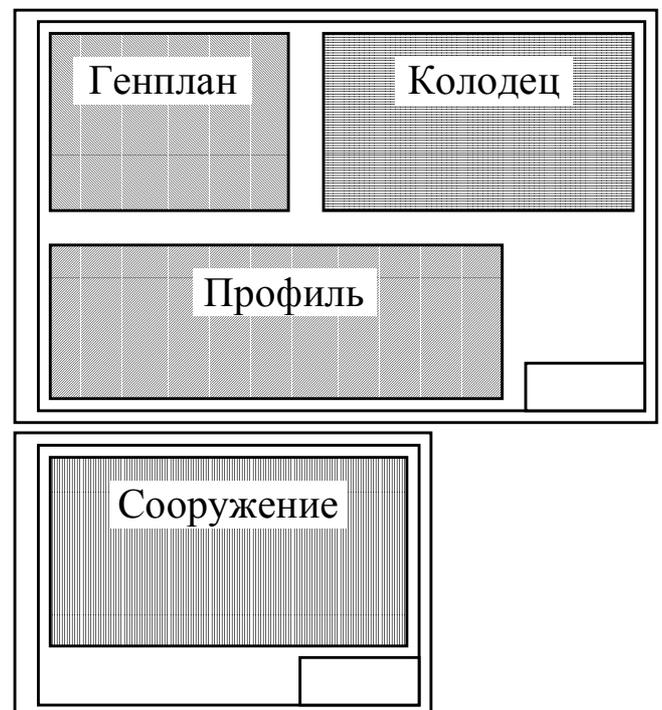


Рис. 1.1. Варианты размещения составляющих графической части

## 2. РАЗБИВКА НА БАССЕЙНЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ, ВЫБОР СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

### 2.1. Бассейны водоотведения

Границы бассейна водоотведения, как правило, соответствуют линиям водоразделов, границам застройки, водным потокам. При плоском рельефе местности границы бассейнов назначают, исходя из условия возможно большего охвата территории самотечной сетью.

**ПРИМЕР.** Разбиваем всю территорию города на два бассейна водоотведения, так как город расположен по обоим берегам (рис. 2.1).

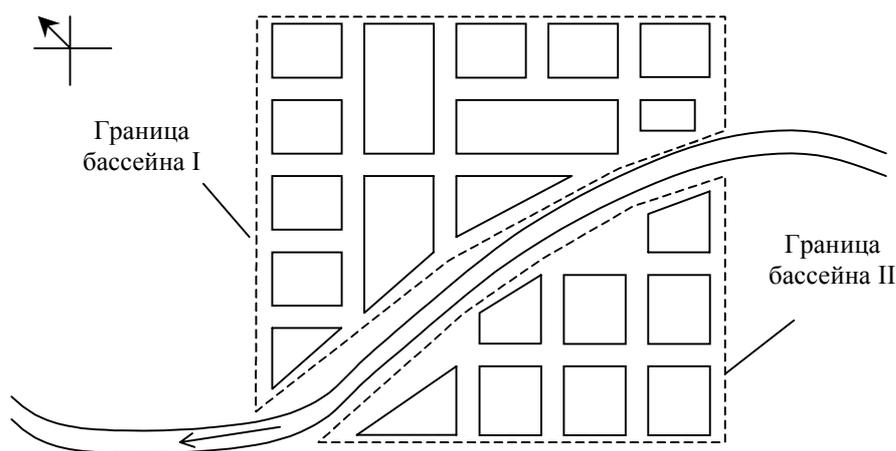


Рис. 2.1. Бассейны водоотведения

### 2.2. Системы водоотведения

Выбор системы для проектирования должен быть принят путем санитарного и технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов. Для водоотведения населенных пунктов применяют *общесплавную*, полную или неполную *раздельную* и *полураздельную* систему. Для упрощенного выбора системы можно воспользоваться табл. 2.1.

Таблица 2.1

Выбор системы водоотведения

Параметр	Системы водоотведения			
	Общесплавная	Раздельная		Полураздельная
		Неполная	Полная	
Этажность застройки	> 6	---		---
Расход водных протоков, м <sup>3</sup> /с	> 5	> 5		< 5
Количество РНС	< 3	> 3		---
Длина загородного коллектора, км	< 1	---		---
Интенсивность дождей	Средняя	Небольшая	Большая	Небольшая
Количество жителей	---	< 5000	---	---
Загрязнение водоемов	Одинаковое	---	Одинаковое	Наименьшее
Капитальные вложения	Средние	Наименьшие		Наибольшие
Протяженность сетей	Наименьшая	---	Примерно одинаковая	

По требованиям СНиП 2.04.03-85 любая система водоотведения должна обеспечить очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока (не менее 70% годового стока для жилых территорий). По этой причине общесплавную систему применять не рекомендуется.

### 2.3. Схемы водоотведения

Выбор схемы водоотведения определяется главным образом рельефом местности и намеченным местом для размещения очистной станции и выпуска сточных вод. Для крупных городов с населением более 500-700 тысяч человек используют *децентрализованную* схему, для средних и городов и малых населенных пунктов – *централизованную*. Для выбора схемы можно руководствоваться данными табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Выбор схемы водоотведения**

Схема водоотведения	Условия применимости	Особенности
<b>Перпендикулярная</b>	Для дождевой канализации, при спокойном уклоне местности	Коллекторы перпендикулярны водному потоку
<b>Пересеченная</b>	Уклон местности к водоему спокойный	Главный коллектор вдоль водного потока
<b>Зонная</b>	Любая система водоотведения, при значительной разнице отметок поверхности земли по террасам	По каждой террасе прокладывают сборный коллектор
<b>Радиальная</b>	При наличии нескольких водоприемников или когда город расположен на холме	Коллекторы расположены по радиусам от центра города
<b>Веерная</b>	Уклон местности к водоему очень большой	Коллекторы почти параллельны друг другу

При спокойном уклоне местности бытовую сеть полной раздельной системы трассируют по пересеченной схеме, дождевую – по перпендикулярной. В этих же условиях коллектора общесплавной и полураздельной системы трассируют по пересеченной схеме.

**ПРИМЕР.** Для города на рис. 2.1 выбираем полураздельную систему и пересеченную схему водоотведения.

### 3. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ И ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД

Место выпуска сточных вод и площадка очистных сооружений канализации выбирается, исходя из двух условий:

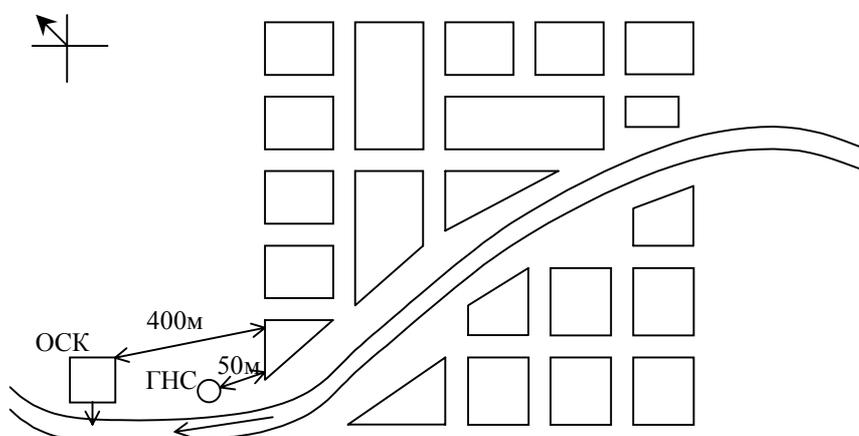
1. Очистные сооружения должны быть отделены от границ жилой застройки санитарно-защитной зоной, величина которой приводится в табл. 3.1 [1];
2. Очистные сооружения должны располагаться ниже города по течению, а также с подветренной стороны для господствующих ветров теплого периода года по отношению к жилой застройке.

Таблица 3.1

Санитарно-защитные зоны

Сооружения	Санитарно-защитная зона при расчетной производительности сооружений, тыс. м <sup>3</sup> /сут			
	> 0,2	0,2 - 5	5 - 50	50 - 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадков в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	---
Земледельческие поля орошения	150	200	400	---
Биологические пруды	200	200	300	---
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	---	---	---
Насосные станции	15	20	20	30

**ПРИМЕР.** Ориентировочно принимаем производительность очистных сооружений от 5 до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Размещаем выпуск и очистную станцию ниже по течению по правому берегу реки (рис. 3.1). На том же берегу реки размещаем и главную насосную станцию.



**Рис. 3.1.** Расположение очистных сооружений канализации (ОСК) и главной насосной станции (ГНС)

## 4. ТРАССИРОВКА СЕТИ

Трассировку водоотводящей сети производят в следующем порядке: вначале главный и отводной коллекторы, затем коллекторы бассейнов водоотведения, и наконец, уличная сеть. Уличную сеть можно трассировать по трем вариантам:

1. *Объемлющая трассировка* – применяется при небольшом уклоне местности и больших кварталах.

2. *По пониженной стороне квартала* – применяется при значительном уклоне поверхности ( $i > 0,007$ ).

3. *Черезквартальная* – применяется только тогда, когда известна детальная планировка квартала.

При трассировке сети следует соблюдать следующие требования:

-направление движения стоков в трубах должно следовать за естественным уклоном местности, по возможности без устройства насосных станций;

-при объемлющей трассировке начальные участки сети часто имеют небольшой расход, поэтому их нужно трассировать “змейкообразно”, не допуская длинных коллекторов;

-коллекторы, собирающие стоки от большого количества участков, имеют большой расход, и поэтому могут иметь большую протяженность;

-если часть микрорайона располагается на обратных склонах или отдельной пониженной части города, следует устраивать насосную станцию, которая будет перекачивать стоки напорным трубопроводом за водораздел.

**ПРИМЕР.** На рис. 4.1 показан пример трассировки главного коллектора и коллекторов бассейнов водоотведения. На рис. 4.2 показан следующий этап – трассировка уличной сети в двух вариантах.

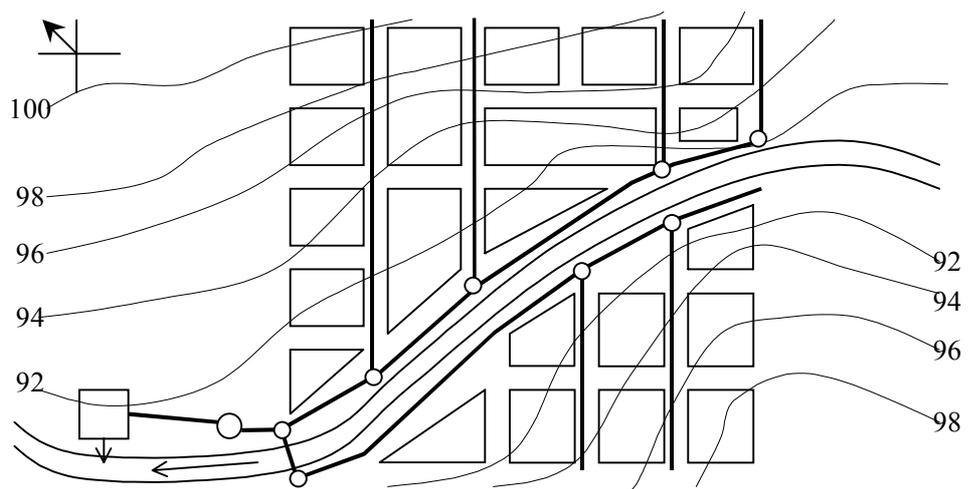
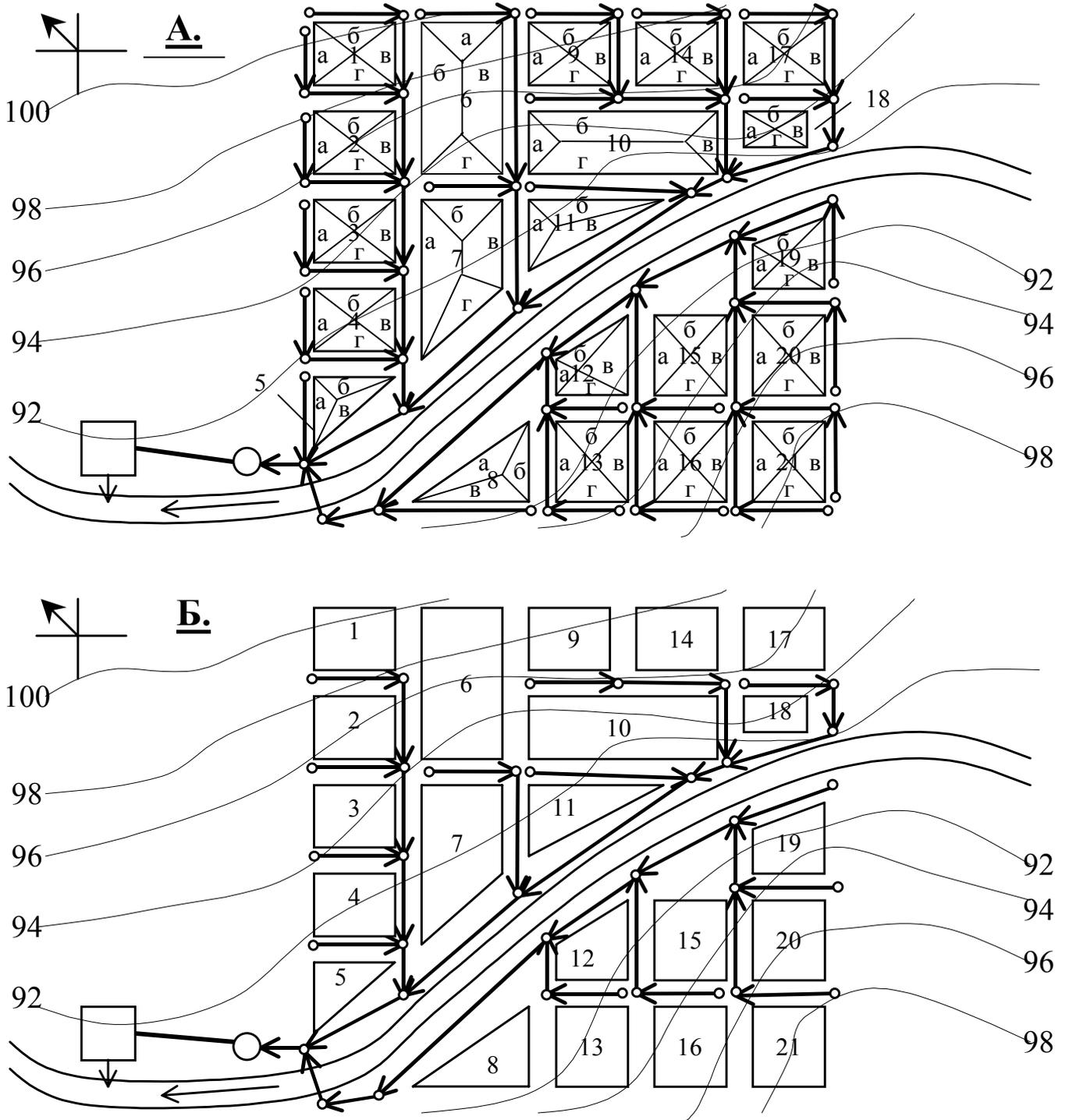


Рис. 4.1. Трассировка коллекторов



**Рис. 4.2. Трассировка уличной сети**  
 А – по объемлющей схеме, Б – по пониженной грани

После выбора окончательного варианта трассировки все микрорайоны города нумеруются (1, 2, 3, 5 и т.д.). Каждый микрорайон (при трассировке по объемлющей схеме) разбивается на площади стока диагоналями или биссектрисами углов. Каждому элементу площади стока присваивается шифр ( $1^a$ ,  $1^b$ ,  $1^в$ ,  $1^г$  и т.д.).

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

### 5.1. Расчет средних расходов с площадей стока

Определяются площади всех пронумерованных элементов кварталов (включая и неканализованные), и заполняются столбцы 1, 2 и 3 в таблице по форме 1.

Форма 1

№ квартала	Шифр площади стока	Величина площади стока, га	Средний расход с площади, л/с
1	2	3	4
1	1 <sup>а</sup>	2,25	
	1 <sup>б</sup>	3,6	
	1 <sup>в</sup>	2,25	
	1 <sup>г</sup>	3,6	
	F <sub>1</sub> =	11,7	
2	2 <sup>а</sup>	2,25	
	2 <sup>б</sup>	3,6	
	2 <sup>в</sup>	2,25	
	2 <sup>г</sup>	3,6	
	F <sub>2</sub> =	11,7	
3	3 <sup>а</sup>	2,25	
	...	...	
	и т.д.		
Итого по городу:	F = ... га		

Рассчитывается величина расчетного населения:

$$N = \rho \cdot F, \quad (5.1)$$

где  $F$  - площадь города, га;

$\rho$  - плотность населения, чел/га.

Определяются суточные расходы зданий общественного и коммунального назначения, входящих в общую норму водоотведения.

$$q_{ком}^i = a^i \cdot n^i / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5.2)$$

где  $q_{ком}^i$  - среднесуточный расход для  $i$ -того здания общественного и коммунального назначения (школы, бани, прачечные, столовые и т.д.), м<sup>3</sup>/сут;

$a^i$  - пропускная способность  $i$ -того здания общественного и коммунального назначения (число обучающихся в школах, количество посетителей в банях, число блюд в столовых и т.д.);

$n^i$  - норма расхода воды  $i$ -того здания общественного и коммунального назначения (на 1 учащегося, на 1 моющегося, на 1 блюдо и т.д.), л/сут, определяется по [2] или по табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Нормы водоотведения для зданий общественного и коммунального назначения**

Назначение	Единица измерения	Норма водоотведения, л/сут	Коэффициент неравномерности
Школа	на 1 учащегося	20	2
Баня	на 1 моещегося	180	1
Прачечная	на 1 кг. сухого белья	75	1
Столовая	на 1 блюдо	12	1
Больница	на 1 койку	250	2,5
Институт	на 1 студента	20	2
Театр, клуб	на 1 место	10	2
Спортивный клуб	на 1 физкультурника	50	1,5
Гостиница	на 1 жителя	230	1,7
Общежитие	на 1 жителя	140	1,5
Гараж л/а	на 1 автомобиль	1000	1
Гараж гр/а	--''--	1500	1

Определяется остаточная норма водоотведения:

$$q_o = q - \sum q_{ком} \cdot 1000/N, \text{ л/сут} \cdot \text{чел}, \quad (5.3)$$

где  $q$  – норма водоотведения на 1 жителя города, л/сут·чел;

$\sum q_{ком}$  – сумма расходов от зданий общественного и коммунального назначения, входящих в общую норму водоотведения, м<sup>3</sup>/сут, определенных по формуле (5.2).

Норма водоотведения бытовых сточных вод должна приниматься в канализованных районах населенных пунктов равной норме водопотребления согласно [3] или по табл. 5.2, а в неканализованных районах – 25 л/сут на 1 человека.

Таблица 5.2

**Удельное среднесуточное водоотведение**

Объекты канализования	Удельное среднесуточное (за год) водоотведение на 1 жителя в населенных пунктах, л/сут	
	до 1990 г.	до 2000 г.
Города	500	550
Сельские населенные пункты	125	150

Удельный расход рассчитывается по следующей формуле:

$$q_{yд} = \rho \cdot q_o / 86400, \text{ л/с} \cdot \text{га}. \quad (5.4)$$

Рассчитывается средний расход с  $i$ -той площади и заполняется 4-й столбец формы 1:

$$q_i = q_{yд} \cdot F_i, \text{ л/с}, \quad (5.5)$$

где  $F_i$  – величина  $i$ -той площади стока, га.

Удельный расход определяется для каждого района, если они имеют различную плотность населения.

### 5.2. Расчет сосредоточенных расходов

Сосредоточенные секундные расходы от зданий общественного и коммунального назначения рассчитываются по общей формуле:

$$q_{ком.с}^i = \frac{a^i \cdot n^i \cdot K^i}{t^i \cdot 3600}, \text{ л/с}, \quad (5.6)$$

где  $K^i$  – коэффициент неравномерности водоотведения для  $i$ -того здания общественного и коммунального назначения (табл. 5.1);

$t^i$  – продолжительность работы зданий или время расходования воды, принимаемое самостоятельно, час.

К расходам, не входящим в общую норму водоотведения, относятся расходы от гаражей, вокзалов, гостиниц, санаториев, больниц. Данные расчета расходов заносятся в форму 2, а местоположение зданий необходимо указать на генеральном плане города и дать им порядковый номер.

Форма 2

№ здания по генплану	Назначение зданий	Единица измерения	Пропускная способность	Норма водоотведения, л/сут	Продолжительность работы, ч	Коэффициент неравномерности	Расходы	
							Средний суточный, м <sup>3</sup> /сут	Расчетный секундный, л/с
Входящие в общую норму водоотведения								
1	Школа	1 учащийся	500	20	10	2	10	0,56
2	...							
Не входящие в общую норму водоотведения								
10	Больница	1 койка	100	250	24	2,5	25	0,72
11	...							

Расчетные расходы от промышленных предприятий определяют как сумму производственных, душевых и бытовых вод. Суточный  $Q_{пром}^{сут}$  и секундный  $q_{пром}$  расходы производственных сточных вод определяются по следующим формулам:

$$Q_{пром}^{сут} = M \cdot n_{пром}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5.7)$$

$$q_{пром} = \frac{M_1 \cdot n_{пром}}{T \cdot 3,6} \cdot K_{час}, \text{ л/с}, \quad (5.8)$$

где  $M$  – объем выпускаемой продукции в сутки;

$M_1$  – объем выпускаемой продукции в смену с максимальной выработкой;

$T$  – число часов в смену;

$n_{пром}$  – норма водоотведения на единицу продукции;

$K_{час}$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения.

Нормы водоотведения и коэффициенты неравномерности следует принимать по данным [4] или по табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Нормы водоотведения и коэффициенты неравномерности**

№	Наименование предприятия	Единица продукции	Норма водоотведения на единицу продукции, м <sup>3</sup>	Коэффициент неравномерности водоотведения
1	Кожевенный завод	1000 шкур	120	2,0
2	Меховая фабрика по выработке овчины	--""--	118	1,0
3	Мясокомбинат	1 т. сырья	25	2,1
4	Городской молочный завод	--""--	5	1,7
5	Сыродельный завод	--""--	5	2,5
6	Сахарный завод	--""--	20	1,5
7	Льнокомбинат бытовых тканей	1 т. ткани	247	1
8	Текстильный комбинат	--""--	1140	1,2
9	ЦБК	1 т. бумаги	140	1,15
10	Консервный рыбный завод	1 тыс. банок	25	1,0
11	Завод дорожного машиностроения	1000 руб.	3,35	1,2
12	Завод железобетонных конструкций	1 м <sup>3</sup> изделий	0,7	0,9
13	Производство желтого фосфора	1 т. продукта	15,5	1,0
14	Завод по капитальному ремонту грузовых автомашин	1 автомобиль	7,7	1,0
15	Завод пластмасс	1 т. пласт- массы	110	1,3
16	Коксохимический комбинат	1 т. сухой шихты	15	1,2

После вычисления расходов по формулам (5.7, 5.8) заполняют форму 3 (приведена с примером), в которой необходимо указать распределение расходов по сменам и цехам. Вычисленное по формуле (5.8) значение максимального секундного расхода должно равняться сумме наибольших расходов из последнего столбца (выделено жирным шрифтом).

Рассчитываются расходы бытовых сточных вод промышленного предприятия:

$$\text{- среднесуточный} \quad Q_{сут}^{быт} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5.9)$$

$$\text{- максимальный часовой} \quad Q_{час}^{быт} = \frac{25N_3 K + 45N_4 K}{T \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.10)$$

$$\text{- максимальный секундный} \quad q_{max}^{быт} = \frac{25N_3 K + 45N_4 K}{T \cdot 3600}, \text{ л/с}, \quad (5.11)$$

где  $N_1, N_2$  - соответственно численность работающих в сутки в холодных и горячих цехах;

$N_3, N_4$  - соответственно численность работающих в смену с максимальным водоотведением в холодных и горячих цехах;

$K$  - коэффициент часовой неравномерности водоотведения, принимается по табл. 5.4;

$T$  - число часов в смену.

Форма 3

Смена		Единица продукции	Число единиц в смену	Норма водоотведения, м <sup>3</sup>	Расход воды в смену, м <sup>3</sup> /смен	Коэффициент неравномерности	Часовой расход воды в смену, м <sup>3</sup> /ч	Секундный расход в смену, л/с
№	Продолжительность, ч							
<b>ХОЛОДНЫЕ ЦЕХА</b>								
1	8	1 тонна	200	5	1000	1,7	212,5	<b>59,03</b>
2	8	1 тонна	100	5	500	1,7	106,25	29,51
3	8	1 тонна	100	5	500	1,7	106,25	29,51
<b>ГОРЯЧИЕ ЦЕХА</b>								
1	8	1 тонна	60	5	300	1,7	63,75	<b>17,71</b>
2	8	1 тонна	30	5	150	1,7	31,88	8,85
3	8	1 тонна	30	5	150	1,7	31,88	8,85

Таблица 5.4

**Нормы водоотведения и коэффициенты неравномерности для бытовых стоков от промышленных предприятий**

Цех	Норма водоотведения, л/смену на 1 человека	Коэффициент часовой неравномерности
С тепловыделением более 84 кДж на 1 м <sup>3</sup> /ч (горячий цех)	45	2,5
С тепловыделением менее 84 кДж на 1 м <sup>3</sup> /ч (холодный цех)	25	3

Рассчитываются расходы душевых сточных вод от промышленного предприятия:

$$\text{- среднесуточный} \quad Q_{сут}^{душ} = \frac{40N_5 + 60N_6}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5.12)$$

$$\text{- часовой после каждой смены} \quad Q_{час}^{душ} = \frac{40N_7 + 60N_8}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.13)$$

$$\text{- секундный} \quad q_{сек}^{душ} = \frac{40N_7 + 60N_8}{45 \cdot 60}, \text{ л/с}, \quad (5.14)$$

где  $N_5, N_6$  - соответственно число пользующихся душем в сутки с нормой водоотведения на 1 человека в холодных цехах 40 л и 60 л в горячих цехах;

$N_7, N_8$  - соответственно число пользующихся душем в смену с максимальным водоотведением в холодных и горячих цехах.

После вычисления расходов по формулам (5.9-5.14) заполняют форму 4 (приведена с примером), в которой необходимо указать распределение расходов по сменам и цехам.

Вычисленное по формуле (5.11) значение секундного расхода бытовых стоков должно равняться сумме наибольших расходов из 7-го столбца, а значение секундного расхода душевых стоков (5.14) – сумме наибольших расходов из последнего столбца (расходы выделены жирным шрифтом).

Форма 4

Смена		Число работающих	Бытовые сточные воды				Число пользующихся душем	Душевые сточные воды			
№	Продолжительность, ч		Норма водоотведения, л	Расход воды в смену, м <sup>3</sup>	Коэффициент неравномерности	Секундный расход, л/с		Норма водоотведения, л	Расход воды в смену, м <sup>3</sup>	Коэффициент неравномерности	Секундный расход, л/с
<b>ХОЛОДНЫЕ ЦЕХА</b>											
1	8	500	25	12,5	3	<b>1,30</b>	400	40	16	1	<b>5,93</b>
2	8	250	25	6,25	3	0,65	200	40	8	1	2,96
3	8	250	25	6,25	3	0,65	200	40	8	1	2,96
<b>ГОРЯЧИЕ ЦЕХА</b>											
1	8	300	45	13,5	2,5	<b>1,17</b>	200	60	12	1	<b>4,44</b>
2	8	150	45	6,75	2,5	0,59	100	60	6	1	2,22
3	8	150	45	6,75	2,5	0,59	100	60	6	1	2,22

Определяется расчетный расход от промышленного предприятия:

$$q_n = q_{пром} + q_{max}^{быт} + q_{сек}^{душ}, \text{ л/с}, \quad (5.15)$$

(в примере:  $q_n = 76,74 + 2,47 + 10,37 = 89,58$  л/с).

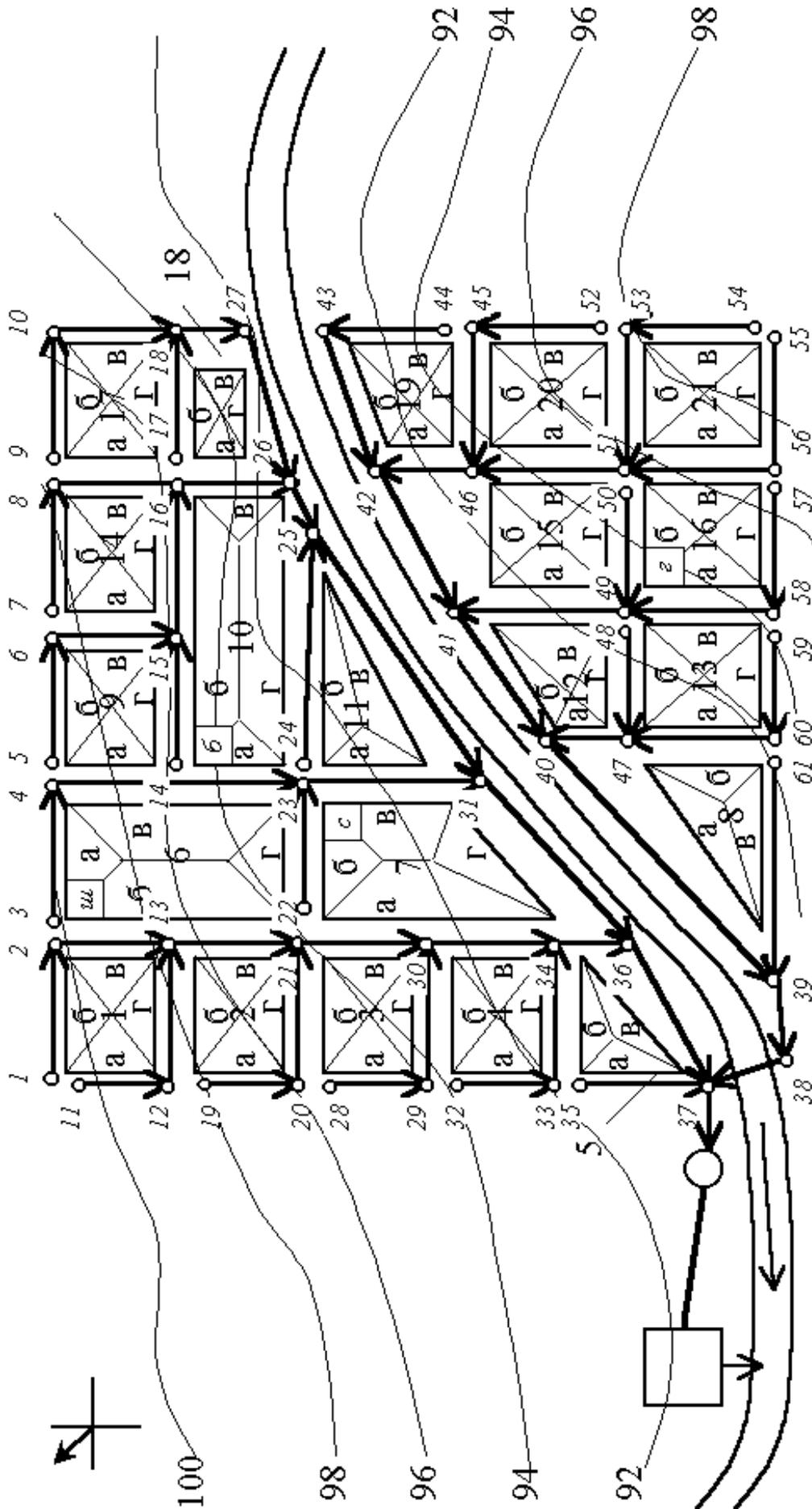


Рис. 5.1. Генплан города с расчетными участками  
 ш — школа, б — больница, с — столовая, з — гараж

### 5.3. Расчет расходов на участках

Водоотводящую сеть разбивают на расчетные участки, каждому узлу (колодцу) сети присваивается номер (см. рис. 5.1). Затем заполняются столбцы 1-4 формы 5.

Важное значение имеет последовательность перечисления номеров участков в столбце 1. Заполнять этот столбец следует по ходу течения воды, начиная с верховых участков. Последняя строка в форме 5 соответствует последнему самотечному участку до ГНС.

Расход  $q_{cit}$  на каждом расчетном участке определяется по формуле:

$$q_{cit} = (q_n + q_{бок} + q_{тр})K_{gen.max} + q_{соср}, \text{ л/с}, \quad (5.16)$$

где  $q_n$  - путевой расход, поступающий в расчетный участок от жилой застройки, расположенной по пути;

$q_{бок}$  - боковой, поступающий от боковых присоединений;

$q_{тр}$  - транзитный, поступающий от вышерасположенных участков и равный по величине общему среднему расходу предыдущих участков;

$q_{соср}$  - сосредоточенный расход от зданий общественного и коммунального назначения, а также промпредприятий, расположенных выше расчетного участка;

$K_{gen.max}$  - общий максимальный коэффициент неравномерности.

Значения средних расходов (столбцы 5-7 формы 5) берутся из ранее заполненной формы 1. Общий расход (столбец 8) равен сумме путевого, бокового и транзитного расходов на участке.

Для определения коэффициента неравномерности рекомендуется построить плавный график изменения значения коэффициента в зависимости от среднего расхода сточных вод. Точки для графика следует брать из табл. 2 [1] или из табл. 5.5. При средних расходах менее 5 л/с расчетные расходы надлежит определять согласно СНиП 2.04.01-85.

Определенные по построенному графику значения общего максимального коэффициента неравномерности заносят в столбец 9 формы 5.

Таблица 5.5

#### Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых вод

Средний расход сточных вод, л/с	Общий максимальный коэффициент неравномерности
5	2,5
10	2,1
20	1,9
50	1,7
100	1,6
300	1,55
500	1,5
1000	1,47
5000 и более	1,44

Форма 5

№ участка	Шифры площадей стока и номера участков сети			Средний расход, л/с				Общий максимальный коэффициент неравномерности	Расчетный расход, л/с			
	путевой	боковой	транзитный	путевой	боковой	транзитный	общий		с кварталов	сосредоточенный		суммарный
										боковой	транзитный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9-10	17 <sup>б</sup>	---	---	2,15	---	---	<b>2,15</b>	2,5	5,38	---	---	<b>5,38</b>
10-18	17 <sup>б</sup>	9-10	---	2,15	2,15	---	<b>4,30</b>	2,5	10,75	---	---	<b>10,75</b>
17-18	17 <sup>г</sup> 18 <sup>б</sup>	---	---	2,15 1,50	---	---	<b>3,65</b>	2,5	9,13	---	---	<b>9,13</b>
18-27	18 <sup>б</sup>	17-18	10-18	1,20	3,65	4,30	<b>9,15</b>	2,15	19,67	---	---	<b>19,67</b>
7-8	14 <sup>б</sup>	---	---	2,15	---	---	<b>2,15</b>	2,5	5,38	---	---	<b>5,38</b>
8-16	14 <sup>б</sup> , 17 <sup>а</sup>	7-8	---	2,15 2,15	2,15	---	<b>6,45</b>	2,31	14,90	---	---	<b>14,90</b>
5-6	9 <sup>б</sup>	---	---	2,15	---	---	<b>2,15</b>	2,5	5,38	---	---	<b>5,38</b>
6-15	9 <sup>б</sup> , 14 <sup>а</sup>	5-6	---	2,15 2,15	2,15	---	<b>6,45</b>	2,31	14,90	---	---	<b>14,90</b>
14-15	9 <sup>г</sup>	---	---	2,15	---	---	<b>2,15</b>	2,5	5,38	3,20	---	<b>8,58</b>
15-16	14 <sup>г</sup> , 10 <sup>б</sup>	6-15	14-15	2,15 8,20	6,45	2,15	<b>18,95</b>	1,91	36,20	---	3,20	<b>39,40</b>
16-26	10 <sup>б</sup> , 18 <sup>а</sup>	15-16	8-16	1,85 1,20	18,95	6,45	<b>28,45</b>	1,83	52,06	---	3,20	<b>55,26</b>
24-25	10 <sup>г</sup> , 11 <sup>б</sup>	---	---	8,20 2,65	---	---	<b>10,85</b>	2,08	22,57	---	---	<b>22,57</b>
3-4	6 <sup>а</sup>	---	---	2,30	---	---	<b>2,30</b>	2,5	5,75	4,10	---	<b>9,85</b>
4-23	6 <sup>б</sup> , 9 <sup>а</sup> , 10 <sup>а</sup>	3-4	---	6,75 2,15 1,85	2,30	---	<b>13,05</b>	2,02	26,36	---	4,10	<b>30,46</b>
22-23	6 <sup>г</sup> , 7 <sup>б</sup>	---	---	2,30 2,95	---	---	<b>5,25</b>	2,5	13,13	---	---	<b>13,13</b>
23-31	7 <sup>б</sup> , 11 <sup>а</sup>	22-23	4-23	3,40 1,90	5,25	13,05	<b>23,6</b>	1,86	43,90	5,5	4,1	<b>53,50</b>
27-26	18 <sup>г</sup>	18-27	---	1,50	9,15	---	<b>10,65</b>	2,07	22,05	---	---	<b>22,05</b>
26-25	---	16-26	27-26	---	28,45	10,65	<b>39,10</b>	1,75	68,43	---	3,20	<b>71,63</b>
25-31	11 <sup>б</sup>	24-25	26-25	2,90	10,85	39,10	<b>52,85</b>	1,68	88,79	---	3,20	<b>91,99</b>
31-36	7 <sup>г</sup>	23-31	25-31	3,10	23,6	52,85	<b>79,55</b>	1,62	128,87	---	12,80	<b>141,7</b>

Умножая значения в столбцах 8 и 9, получают расчетный расход с квартала. В столбцах 11 и 12 учитывают сосредоточенные расходы, которые можно отнести или к боковым (расходы, направляемые в начало участка) или к транзитным (расходы от вышерасположенных зданий).

В последнем столбце суммируют значения из столбцов 10, 11, 12.

## 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫСОТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЫТОВОЙ СЕТИ

После определения расчетных расходов следующим этапом в проектировании водоотводящей сети является ее *гидравлический расчет* и *высотное проектирование*. Гидравлический расчет сети заключается в подборе диаметра и уклона трубопровода на участках таким образом, чтобы значения скорости и наполнения в трубопроводе соответствовали требованиям СНиП 2.04.03-85. Высотное проектирование сети состоит из расчетов, необходимых при построении профиля сети, а также для определения величины минимального заложения уличной сети.

### 6.1. Требования к гидравлическому расчету и высотному проектированию бытовой сети

1. Весь расчетный расход участка поступает в его начало и не меняется по длине.

2. Движение в трубопроводе на расчетном участке является безнапорным и равномерным.

3. Наименьшие (минимальные) диаметры и уклоны самотечных сетей принимаются согласно [1] или по табл. 6.1.

Таблица 6.1

Минимальные диаметры и уклоны

Системы водоотведения	Внутриквартальная сеть		Уличная сеть	
	Минимальный диаметр, мм	Минимальный уклон	Минимальный диаметр, мм	Минимальный уклон
Полная раздельная и полураздельная с сетями: бытовой	150	0,008 (0,007)	200	0,007 (0,005)
	200	0,007 (0,005)	250	---
Общесплавная	200	0,007 (0,005)	250	---

**Примечания:** 1. В скобках указаны уклоны, которые допускается применять при обосновании. 2. В населенных пунктах с расходом до 300 м<sup>3</sup>/сут допускается применение труб диаметром 150 мм. 3. Для производственной канализации при соответствующем обосновании допускается применение труб диаметром менее 150 мм.

4. Допустимое расчетное наполнение в трубах при пропуске расчетного расхода не должно превышать нормативного и в соответствии с [1] приведено в табл. 6.2.

5. Скорости течения в трубах при данном расчетном расходе должны быть не меньше минимальных, которые приведены согласно [1] в табл. 6.2.

6. Максимально допустимая скорость течения для неметаллический труб – 4 м/с, а для металлических – 8 м/с.

7. Скорость движения на участке должна быть не менее скорости на предыдущем участке или наибольшей скорости в боковых присоединениях. Только для участков, переходящих от крутого рельефа к спокойному, допускается убывание скорости.

8. Трубопроводы одинакового диаметра соединяют (сопрягают) “по уровню воды”, а разных диаметров – “по шельгам”.

9. Диаметры труб от участка к участку должны возрастать, исключения допускаются при резком увеличении уклона местности.

10. Минимальную глубину заложения следует принимать как наибольшую из двух величин:

$$\begin{aligned} h' &= h_{np} - a, \text{ м}, \\ h'' &= 0,7 + D, \text{ м}, \end{aligned}$$

где  $h_{np}$  – нормативная глубина промерзания грунта для данного района, принимается по [5], м;

$a$  – параметр, принимаемый для труб диаметром до 500 мм – 0,3 м, для труб большего диаметра – 0,5 м;

$D$  – диаметр трубы, м.

11. Максимальную глубину заложения рекомендуется принимать равной: в скальных грунтах – 4...5 м, мокрых плавунных – 5...6 м, сухих не-скальных – 7...8 м.

Таблица 6.2

**Максимальные наполнения  
и минимальные скорости**

Диаметр, мм	Максималь- ные степени наполнения	Минимальные	
		скорости, м/с	уклоны
200-250	0,6	0,7	0,0046
300-350	0,7	0,8	0,0033
400	0,7	0,8	0,0021
450-500	0,75	0,9	0,002
600-700	0,75	1,0	0,0019
800-900	0,75	1,0	0,0013
1000-1100	0,8	1,15	0,0013
1200-1300	0,8	1,15	0,001
1400-1750	0,8	1,3	0,001
≥ 2000	0,8	1,3	0,0009

12. Участки с расходами, меньшими 9-10 л/с, рекомендуется принимать “нерасчетными”, при этом диаметр и уклон трубы равен минимальному, скорость и наполнение – не рассчитываются.

13. Для труб диаметром более 500 мм рекомендуется учитывать местные сопротивления на поворотах, слияниях и перепадах.

## 6.2. Расчет бытовой сети в табличной форме

В таблице по форме 6 (приведена с примером расчета) должны быть занесены результаты расчета каждого самотечного участка (например, участок 38-37 с дюкером заносить в форму не надо). Порядок перечисления участков – такой же, как и в форме 5.

Последовательность заполнения формы такова: сначала сразу заполняются столбцы с исходными данными – столбцы 1, 2, 3, 10 и 11 (расходы – из последнего столбца формы 5, длины и отметки земли – по генплану города). Затем необходимо производить гидравлический расчет последовательно каждого участка в следующем порядке:

1. Если участок – верховой, то глубину заложения трубопровода в начале участка  $h_1$  принимают равной минимальной  $h_{min}$ , причем ориентировочный диаметр принимается равным минимальному для принятого вида сети и системы водоотведения (табл. 6.1). Если участок имеет примыкающие к нему вышерасположенные участки, то начальную глубину ориентировочно принимают равной наибольшей глубине заложения в конце этих участков. **Поэтому следует обратить особое внимание на то, чтобы все примыкающие участки уже были рассчитаны.**

2. Рассчитывают ориентировочный уклон трубопровода:

$$i_0 = (h_{min} - h_1 + z_1 - z_2)/l, \quad (6.1)$$

где  $z_1$  и  $z_2$  - отметки поверхности земли в начале и конце участка;

$l$  - длина участка.

В результате может получиться и отрицательное значение уклона.

3. Подобрать трубопровод с необходимым диаметром  $D$ , наполнением  $h/D$ , скоростью течения  $v$  и уклоном  $i$  по известному расчетному расходу. Трубы можно подбирать по номограммам, графикам или таблицам, например, по таблицам Лукиных А.А., Лукиных Н.А.[6]. Подбор необходимо начинать с минимального диаметра, постепенно переходя к большим. **Уклон** должен быть не менее ориентировочного  $i_0$  (и, если диаметр трубы равен минимальному, не менее минимального уклона – табл. 6.1). **Наполнение** должно быть не больше допустимого (табл. 6.2.). **Скорость** должна быть, во-первых, не менее минимальной (табл. 6.2), во-вторых, не меньше наибольшей скорости на примыкающих участках.

Форма 6

№ участка	Расход, л/с	Длина, м	Уклон	Падение, м	Диаметр, мм	Скорость, м/с	Наполнение		Отметки, м				Глубина		Примечание		
							Доли	м	Земля		Вода		Дно			в начале	в конце
									в начале	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	18
9-10	5,38	300	0,007	2,1	200	---	---	---	97,10	95,16	---	---	95,90	93,80	1,20	1,36	---
10-18	10,75	300	0,007	2,1	200	0,78	0,45	0,09	95,16	93,70	93,80	91,70	93,71	91,61	1,45	2,09	в
17-18	9,13	300	0,007	2,1	200	0,74	0,40	0,08	95,56	93,70	94,44	92,34	94,36	92,26	1,20	1,44	---
18-27	19,67	300	0,005	0,8	250	0,80	0,50	0,13	93,70	92,21	91,69	90,89	91,56	90,76	2,14	1,45	ш
7-8	5,38	160	0,007	2,1	200	---	---	---	98,47	97,40	---	---	97,27	95,17	1,20	2,23	---
8-16	14,90	300	0,0045	1,35	250	0,73	0,45	0,11	97,40	95,56	95,17	93,82	95,06	93,71	2,34	1,85	в
5-6	5,38	300	0,007	2,1	200	---	---	---	99,22	98,59	---	---	98,02	95,92	1,20	2,67	---
6-15	14,90	300	0,0045	1,35	250	0,73	0,45	0,11	98,59	95,83	95,98	94,63	95,87	94,52	2,72	1,31	ш
14-15	8,58	300	0,007	2,1	200	0,74	0,40	0,08	95,85	95,83	94,73	92,63	94,65	92,55	1,20	3,28	---
15-16	39,40	360	0,0035	1,26	300	0,84	0,65	0,20	95,83	95,56	92,65	91,39	92,45	91,19	3,38	4,37	ш
16-26	55,26	280	0,0055	1,54	300	1,07	0,70	0,21	95,56	90,86	91,39	89,85	91,18	89,64	4,38	1,22	в
24-25	22,57	540	0,004	2,16	250	0,77	0,60	0,15	92,73	90,72	91,68	89,52	91,53	89,37	1,20	1,35	---
3-4	9,85	340	0,007	2,38	200	0,78	0,45	0,09	100,15	99,41	99,04	96,66	98,95	96,57	1,20	2,84	---
4-23	30,46	600	0,009	5,4	250	1,12	0,55	0,14	99,41	92,94	96,66	91,26	96,52	91,12	2,89	1,82	ш
22-23	13,13	300	0,007	2,1	200	0,82	0,50	0,10	93,78	92,94	92,68	90,58	92,58	90,48	1,20	2,46	---
23-31	53,50	420	0,007	2,94	300	1,18	0,65	0,20	92,94	90,42	90,58	87,64	90,38	87,44	2,56	2,89	ш
27-26	22,05	380	0,005	1,9	250	0,84	0,55	0,14	92,21	90,86	90,89	88,99	90,75	88,85	1,46	2,01	в
26-25	71,63	140	0,005	0,7	350	1,11	0,65	0,23	90,86	90,72	88,98	99,28	88,75	88,05	2,11	2,67	ш
25-31	91,99	700	0,0045	3,15	400	1,15	0,65	0,26	90,72	90,42	88,26	85,11	88,00	84,85	2,72	5,57	ш
31-36	141,7	540	0,002	1,08	500	0,92	0,75	0,38	90,42	90,27	89,60	88,52	89,22	88,14	1,20	2,13	НС

Если расход на участке менее 9-10 л/с, то участок можно считать нерасчетным: диаметр и уклон принимаются минимальными, а наполнение и скорость – не подбираются.

Заполняются столбцы 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Падение  $\Delta h$  равно произведению длины на уклон:  $\Delta h = i \cdot l$ . Наполнение в метрах:  $H = (h/D) \cdot D/1000$ .

4. Из всех примыкающих к началу участков выбирается участок с наибольшей глубиной заложения, который и будет *сопряженным*. Затем принимается тип сопряжения (в зависимости от диаметра труб на текущем и сопряженном участках). Затем рассчитываются глубина заложения и отметки в начале участка, при этом возможны следующие случаи:

а. Если сопряжение – “по воде”, то отметка воды  $Z_{1в}$  в начале участка равна отметке воды в конце сопряженного участка, т.е. значение из столбца 13 переписывается в столбец 12. Затем вычисляется отметка дна  $Z_{1д}$  в начале участка:  $Z_{1д} = Z_{1в} - H$  и записывается в столбец 14.

б. Если сопряжение – “по шельгам”, то вычисляется отметка дна в начале участка:  $Z_{1д} = Z'_{2д} + D' - D$ , (здесь  $Z'_{2д}$  - отметка дна в конце сопряженного участка, м,  $D'$  и  $D$  – диаметр труб на сопряженном и текущем участке в метрах) и записывается в столбец 14. Затем вычисляется отметка воды в начале участка:  $Z_{1в} = Z_{1д} + H$ , и заносится в столбец 12.

в. Если участок не имеет сопряжения (т.е. верховой или после насосной станции), то отметка дна в начале участка равна:  $Z_{1д} = Z_1 - h_1$  (здесь  $Z_1$  - отметка поверхности земли в начале участка). Отметка воды в начале определяется аналогично предыдущему случаю, или, если участок - нерасчетный, принимается равной отметке дна, а в столбцах 12 и 13 ставятся прочерки.

В первых двух случаях глубина заложения в начале участка определяется по формуле:  $h_1 = Z_1 - Z_{1д}$ .

5. Рассчитываются глубина заложения и отметки в конце участка:

- отметка дна:  $Z_{2д} = Z_{1д} - \Delta h$ ,

- отметка воды:  $Z_{2в} = Z_{2д} + H$  или  $Z_{2в} = Z_{1в} - \Delta h$ ,

- глубина заложения:  $h_2 = Z_2 - Z_{2д}$  ( $Z_2$  – отметка поверхности земли в конце участка).

Если глубина заложения окажется в итоге больше максимальной глубины для заданного вида грунта, то в начале текущего участка ставится районная или местная насосная станция, глубина в начале участка принимается равной минимальной, и расчет повторяется, начиная с пункта 3 (скорости на примыкающих участках при этом не учитываются).

Заполняются столбцы 13, 15 и 17. В столбце 18 можно записывать тип сопряжения, сопряженный участок, наличие насосных станций и т.д

**ПРИМЕР.** Для примера принимаем глубину промерзания грунта 1,5м. Минимальный диаметр для труб уличной сети бытового водоотведения –

200 мм. Принимаем минимальную глубину заложения трубы этого диаметра как наибольшую из двух величин:  $1,5-0,3=1,2$  и  $0,2+0,7=0,9$ , т.е.  $h_{min}=1,20$  м. Максимальную глубину примем 7 м.

Участок (9-10) – верховой, поэтому глубина в его начале равна минимальной – 1,20 м. Рассчитываем ориентировочный уклон:  $(1,2-1,2+97,10-95,16)/300=0,00647$ . Так как расход на участке меньше 9 л/с, считаем этот участок – нерасчетным, принимаем диаметр - 200 мм, уклон - 0,007. Вычисляем падение:  $300 \cdot 0,007=2,1$  м. Отметка дна в начале:  $97,10-1,20=95,90$  м, отметка воды в начале: 95,90. Рассчитываем отметку дна в конце участка:  $95,90-2,10=93,80$  м (отметка воды в конце участка такая же), наконец, глубина заложения в конце:  $95,16-93,80=1,36$  м.

Участок (10-18) сопряжен с участком (9-10), поэтому принимаем первоначальную глубину в начале – 1,36 м. Рассчитываем ориентировочный уклон:  $(1,2-1,36+95,16-93,70)/300=0,004$ . По таблицам [6] подбираем трубопровод, следим при этом, чтобы скорости и наполнения находились в нормируемых пределах. Рассчитываем падение и наполнение в метрах. Так как на участках 9-10 и 10-18 диаметры труб одинаковы, принимаем сопряжение “по воде” и отметку воды в начале – 93,80 м, рассчитываем отметку дна в начале:  $93,80-0,09=93,71$  м и глубину:  $95,16-93,71=1,45$  м. Далее – аналогично расчету участка (9-10).

Расчет следующих участков ведется по той же методике, поэтому выделим лишь некоторые особенности:

Участок (18-27) имеет два примыкающих участка – (10-18) и (17-18), в качестве сопряженного выбираем участок с наибольшей глубиной заложения в конце, т.е. (10-18). При подборе труб следим за тем, чтобы скорость была не менее наибольшей скорости в примыкающих участках (0,78 м/с). Так как диаметры на участках (10-18) и (18-27) получились разные, сопряжение делаем “по шельгам”.

При первоначальном расчете участка (31-36) оказалось, что глубина заложения в конце больше максимальной, поэтому предусматриваем в начале участка насосную станцию, а начальную глубину – 1,20 м и повторяем расчет этого участка.

### **6.3. Расчет бытовой сети с применением ЭВМ по программе SEWERAGE**

Гидравлический расчет и высотное проектирование бытовой водоотводящей сети вручную весьма трудоемки, поэтому на практике для расчета используют ЭВМ и различные программные средства. На кафедре водоснабжения и водоотведения разработана компьютерная программа SEWERAGE, которая предназначена для гидравлического расчета бытовой сети.

Некоторые правила и особенности работы с этой программой:

1. Основными исходными данными являются **расчетные расходы** на участках, их **длины**, **отметки поверхности земли** в начале и конце участков, **глубина промерзания** грунта, **максимальная глубина** заложения, **минимальный расход** для нерасчетных участков и **минимальный диаметр**.

2. Последовательность работы с компьютером такова: запуск программы на исполнение, ввод общих данных о сети, ввод данных о каждом участке, сохранение данных в файле на диске, автоматический гидравлический расчет, просмотр полученных результатов и профиля коллектора, корректировка исходных данных (при необходимости), распечатка результатов и профиля, выход из программы.

3. Программа работает в текстовом режиме, однако ее интерфейс (способ общения с пользователем) во многом похож на интерфейс операционной среды Windows и является интерактивным. Для более подробного изучения интерфейса рекомендуется любая литература по Windows, например [7]. В справочной системе самой программы также имеются сведения об ее интерфейсе.

4. В панели «Данные для расчета сети» следует ввести фамилию и инициалы пользователя, название объекта канализования, глубину промерзания грунта, максимальную глубину заложения труб, минимальный диаметр, минимальный расход для нерасчетных участков. Кроме этого, можно изменить принятое значение коэффициента шероховатости (0,014) и указать, необходимо ли учитывать при расчете скорости в боковых присоединениях. Затем можно приступить к вводу данных о каждом участке. Для этого следует воспользоваться списком «Участки», в котором приводятся номера введенных участков. Для ввода нового участка необходимо выбрать в этом списке строку **Новый..**, а для изменения уже введенных данных об участке – строку с номером участка.

5. В панели «Участок» следует ввести номера начала и конца участка, отметки поверхности земли начала и конца, расчетный расход и длину участка. В программе по умолчанию установлено неполное заполнение труб на участке, отсутствие сопряжения с предыдущим участком и автоматический выбор уклона, материала труб, номера сопряженного участка и глубины в начале. При необходимости эти данные можно изменить, причем обязательно – тип сопряжения.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ САМОТЕЧНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Пользователь : Иванов И.И.  
 Объект : г. Вологда  
 Коэфф. шероховатости : 0.0140  
 Глубина промерзания : 1.50 м  
 Максимальная глубина : 7.00 м  
 Минимальный расход : 10.00 л/с  
 Минимальный диаметр : 200 мм  
 Скорости в боковых присоединениях: учитывались

Номер участка	Сопрежный ток*	Расход, л/с	Длина, м	Уклон	Диаметр, мм	Скорость, м/с	Заполнение, доли	Отметка земли, м		Отметка воды, м		Отметка дна, м		Глубина заложения, м	НС в начале
								начало	конец	начало	конец	начало	конец		
9-10	---	5.38	300.00	0.0070°А	200	---	---	97.10	95.16	95.90	93.80	95.90	93.80	1.20°А	1.36
10-18	9-10°В°А	10.75	300.00	0.0070°А	200	0.783	0.438	95.16	93.70	93.80	91.70	93.71	91.61	1.45°А	2.09
17-18	---	9.13	300.00	0.0070°А	200	---	---	95.56	93.70	94.36	92.26	94.36	92.26	1.20°А	1.44
18-27	10-18°Ш°А	19.67	160.00	0.0053°А	250	0.820	0.479	93.70	92.21	91.68	90.84	91.56	90.72	2.14°А	1.49
7-8	---	5.38	300.00	0.0070°А	200	---	---	98.47	97.40	97.27	95.17	97.27	95.17	1.20°А	2.23
8-16	7-8°В°А	14.90	300.00	0.0070°А	200	0.851	0.530	97.40	95.56	95.17	93.07	95.06	92.96	2.34°А	2.60
5-6	---	5.38	300.00	0.0070°А	200	---	---	99.22	98.59	98.02	95.92	98.02	95.92	1.20°А	2.67
6-15	5-6°Ш°А	14.90	300.00	0.0070°А	200	0.851	0.530	98.59	95.83	96.03	93.93	95.92	93.82	2.67°А	2.01
14-15	---	8.58	300.00	0.0070°А	200	---	---	95.85	95.83	94.65	92.55	94.65	92.55	1.20°А	3.28
15-16	14-15°Ш°А	39.40	360.00	0.0040°А	300	0.877	0.594	95.83	95.56	92.63	91.19	92.45	91.01	3.38°А	4.55
16-26	15-16°В°А	55.26	280.00	0.0048°А	350	0.026	0.541	95.56	90.86	91.19	89.84	91.00	89.65	4.56°А	1.21
24-25	---	22.57	540.00	0.0047°А	250	0.814	0.537	92.73	90.72	91.66	89.11	91.53	88.98	1.20°А	1.74
3-4	---	9.85	340.00	0.0070°А	200	---	---	100.15	99.41	98.95	96.57	98.95	96.57	1.20°А	2.84
4-23	3-4°Ш°А	30.46	600.00	0.0081°А	250	1.071	0.548	99.41	92.94	96.66	91.83	96.52	91.69	2.89°А	1.25
22-23	---	13.13	300.00	0.0070°А	200	0.824	0.491	93.78	92.94	92.68	90.58	92.58	90.48	1.20°А	2.46
23-31	22-23°Ш°А	53.50	420.00	0.0060°А	300	1.098	0.636	92.94	90.42	90.57	88.05	90.38	87.86	2.56°А	2.56
27-26	18-27°В°А	22.05	380.00	0.0053°А	250	0.845	0.512	92.21	90.86	90.84	88.83	90.71	88.70	1.50°А	2.16
26-25	27-26°Ш°А	71.63	140.00	0.0045°А	350	1.058	0.655	90.86	90.72	88.83	88.20	88.60	87.97	2.26°А	2.75
25-31	26-25°Ш°А	91.99	700.00	0.0040°А	400	1.079	0.638	90.72	90.42	88.18	85.38	87.92	85.12	2.80°А	5.30
31-36	---	141.70	540.00	0.0023°А	500	0.966	0.698	90.42	90.27	89.57	88.34	89.22	87.99	1.20°А	2.28

°А - автоматический выбор данных

\* Тип сопряжения: °В - по воде, °Ш - по шельге, °Д - по дну

Рис. 6.1. Пример расчета сети по программе SEWERAGE

6. После ввода всех данных рекомендуется их сохранить на диске, воспользовавшись командой меню **Файлы|Сохранить**. Для запуска автоматического гидравлического расчета следует нажать кнопку **Расчет!**. После успешной проверки введенных данных и гидравлического расчета на экран выводится окно «Результаты расчета», в котором приводится таблица с результатами. На рис. 6.1 приведен пример расчета сети. Для печати результатов используйте команду меню **Результаты|Печать**.

7. Для того, чтобы построить продольный профиль коллектора, необходимо сначала выбрать трассу коллектора в панели «Профиль коллектора» (команда меню **Результаты|Профиль**). Для просмотра профиля с последующей печатью его на листе формата А4 следует нажать кнопку **Профиль**.

8. В программе предусмотрена возможность изменения набора столбцов в таблице с результатами, а также изменения набора труб, используемых при расчете сети. Для этого следует выбрать команды меню **Опции|Результаты** и **Опции|Трубы**.

9. За более подробной информацией о возможностях, работе и принципах расчета можно обратиться к справочной системе программы – клавиша **F1** или команда меню **Справка**.

### 7. РАСЧЕТ ДЮКЕРА

При гидравлическом расчете и проектировании дюкера следует соблюдать следующие условия (см. рис. 7.1):

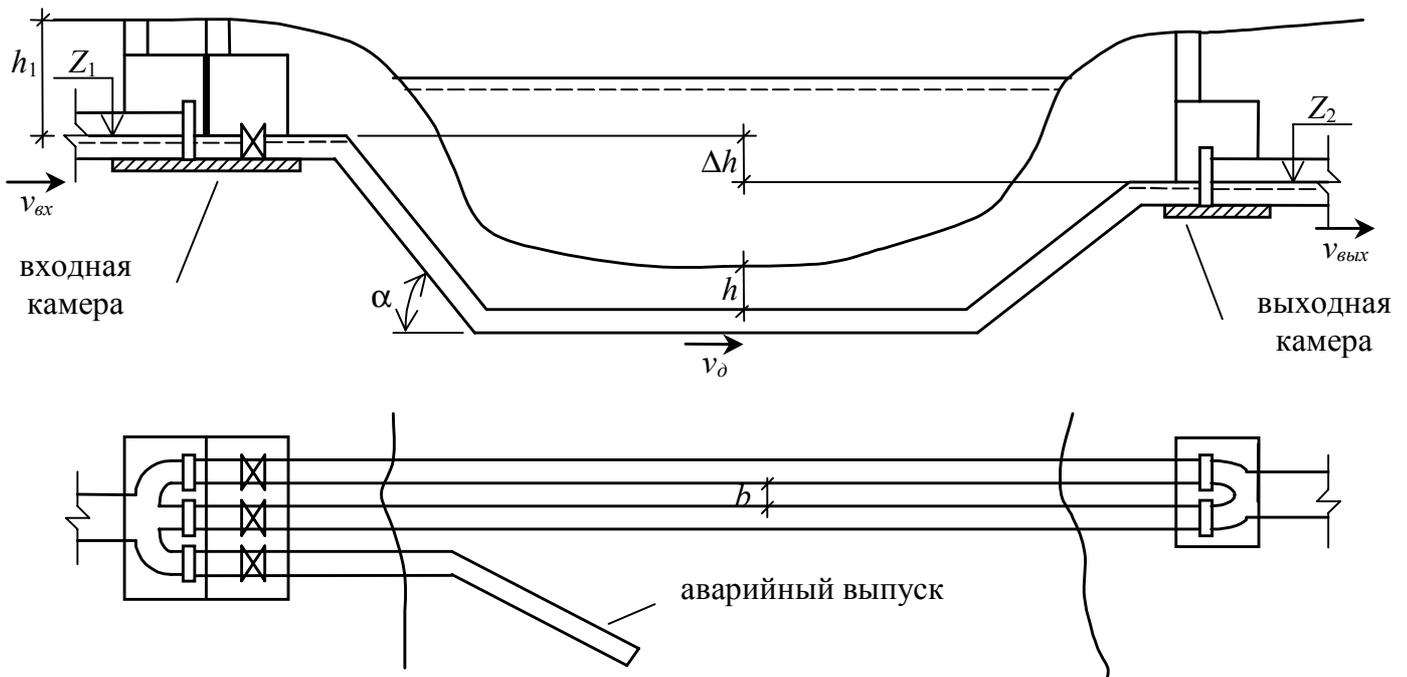


Рис. 7.1. Расчетная схема дюкера

- количество рабочих линий – не менее двух,

- диаметр труб из стали – не менее 150 мм,
- трасса дюкера должна быть перпендикулярна фарватеру,
- боковые ветви должны иметь угол наклона к горизонту  $\alpha$  – не более  $20^\circ$ ,
- глубина укладки подводной части дюкера  $h$  – не менее 0,5 м, а в пределах фарватера – не менее 1 м,
- расстояние между дюкерными линиями в свету  $b$ , должно быть 0,7...1,5 м,
- скорость в трубах должна быть, во-первых, не менее 1 м/с, во-вторых, не менее скорости в подводящем коллекторе ( $v_d \geq v_{вх}$ ),
- за отметку воды во входной камере принимается отметка воды в самом глубоком коллекторе, подходящем к дюкеру.
- отметка воды в выходной камере ниже отметки воды во входной камере на сумму потерь напора в дюкере, т.е.  $Z_2 = Z_1 - \Delta h$ .

Порядок проектирования и гидравлического расчета дюкера:

1. На миллиметровой бумаге строится профиль реки в месте прокладки дюкера в одинаковых горизонтальном и вертикальном масштабах. Намечаются ветви дюкера и определяется его длина  $L$ .

2. Расчетный расход в дюкере определяется аналогично расходам на расчетных участках ( т.е. берется из формы 5).

3. Принимается расчетная скорость в дюкере  $v_d$  и количество рабочих линий.

4. По таблицам [6] подбирается диаметр труб по скорости и расходу в одной трубе, равному расчетному расходу, поделенному на количество рабочих линий; находятся потери напора в трубах на единицу длины  $i$ .

5. Рассчитываются потери напора в дюкере, как сумма:

$$\Delta h = i \cdot L + \zeta_{ex} \frac{v_d^2}{2g} + \frac{(v_d - v_{вых})^2}{2g} + \sum \left( \frac{\theta}{90^\circ} \zeta_{нов} \right) \frac{v_d^2}{2g}, \text{ м}, \tag{7.1}$$

где  $\zeta_{ex}$  – коэффициент местного сопротивления на входе ( $\zeta_{ex} = 0,563$ );

$v_{вых}$  – скорость на выходе из дюкера, м/с;

$\sum \left( \frac{\theta}{90^\circ} \zeta_{нов} \right)$  - сумма потерь напора на

всех поворотах в дюкере;

$\theta$  - угол поворота, град;

$\zeta_{нов}$  – коэффициент местного сопротивления в колене поворота (табл. 7.1 или [6]).

6. Проверяют возможность пропуска всего расчетного расхода по одной линии при аварийном режиме работы дюкера: при ранее заданном диаметре находят скорость и потери напора в дюкере  $\Delta h_{авар}$ .

Таблица 7.1

**Коэффициенты местного сопротивления в колене (при диаметре до 400 мм)**

Угол поворота	$\zeta$
$10^\circ$	0,126
$30^\circ$	0,138
$45^\circ$	0,136
$90^\circ$	0,162

7. Должно соблюдаться неравенство:

$$h_1 \geq \Delta h_{авар} - \Delta h,$$

где  $h_1$  – расстояние от поверхности земли до воды во входной камере.

Если это соотношение не соблюдается, то увеличивают диаметр линий до тех пор, пока условие не будет выполнено. Находят скорость течения при этом диаметре и нормальном режиме работы дюкера. Если скорость будет меньше 1 м/с, то одну из линий принимают как резервную.

8. Рассчитывается отметка воды в выходной камере дюкера.

После этого расчета необходимо проверить глубину заложения трубопровода на участке после дюкера: если глубина трубы в выходной камере будет больше рассчитанной ранее глубины в начале участка, то следует, разумеется, пересчитать этот участок на другую начальную глубину.

На чертеже дюкера должны быть показаны основные расстояния, отметки днищ и лотков, уровни горизонтов низких и высоких вод в реке, диаметры труб.

ПРИМЕР. Рассчитать дюкер длиной 63 м с расчетным расходом 120 л/с. К дюкеру подходит коллектор диаметром 450 мм и скоростью течения 1,21 м/с, скорость в трубопроводе за дюкером – 0,91 м/с. Дюкер имеет в нижней и в восходящей ветвях по два отвода с углом  $10^\circ$ . Уровень воды во входной камере - 89,00, расстояние от поверхности земли до воды – 2,55 м.

Принимаем 2 рабочие линии дюкера. Пользуясь таблицами [6], принимаем при расходе 60 л/с стальные трубы диаметром 250 мм, скорость воды 1,25 м/с, потери напора на 1 м – 0,0098 м. Рассчитываем потери напора:

- по длине:  $\Delta h_1 = 0,0098 \cdot 63 = 0,167$  м,
- на входе:  $\Delta h_2 = 0,563 \cdot (1,25)^2 / 19,61 = 0,045$  м,
- на выходе:  $\Delta h_3 = (1,25 - 0,91)^2 / 19,61 = 0,0059$  м,
- на 4-х поворотах:  $\Delta h_4 = 4 \cdot (10/90) \cdot 0,126 \cdot (1,25)^2 / 19,61 = 0,0045$  м,
- общие:  $\Delta h = 0,167 + 0,045 + 0,0059 + 0,0045 = \mathbf{0,672}$  м.

Проверяем работу дюкера при аварийном режиме: при расходе 120 л/с и диаметре труб 250 мм находим скорость - 2,54 м/с и единичные потери напора - 0,050. Пересчитываем потери напора:

- по длине:  $\Delta h_1 = 0,050 \cdot 63 = 3,15$  м,
- на входе:  $\Delta h_2 = 0,563 \cdot (2,54)^2 / 19,61 = 0,185$  м,
- на выходе:  $\Delta h_3 = (2,54 - 0,91)^2 / 19,61 = 0,136$  м,
- на 4-х поворотах:  $\Delta h_4 = 4 \cdot (10/90) \cdot 0,126 \cdot (2,54)^2 / 19,61 = 0,019$  м,
- общие:  $\Delta h_{авар} = 3,15 + 0,185 + 0,136 + 0,019 = \mathbf{3,49}$  м.

Проверяем условие:  $2,55 \geq (3,49 - 0,672 = 2,818)$ . Так как соотношение не выполняется, увеличиваем диаметр труб до 300 мм и находим скорость - 1,68 м/с и единичные потери напора – 0,017. Пересчитываем потери напора:  $\Delta h_1 = 1,071$  м;  $\Delta h_2 = 0,081$  м;  $\Delta h_3 = 0,003$  м;  $\Delta h_4 = 0,008$  м;  $\Delta h'_{авар} = \mathbf{1,19}$  м.

Проверяем:  $2,55 \geq (1,19 - 0,672 = 0,518)$ . Условие выполняется. Проверяем трубопровод на пропуск расхода при нормальном режиме работы: при расходе 60 л/с и диаметре 300 мм скорость составит 0,85 м/с. Так как получившаяся скорость меньше 1 м/с, то одну из линий принимаем как резервную.

Рассчитываем отметку воды на выходе из дюкера:  $Z_2 = 89,00 - 1,19 = 87,81$  м.

## 8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ГЛАВНОГО КОЛЛЕКТОРА

По результатам гидравлического расчета водоотводящей сети строится профиль главного коллектора одного из бассейнов водоотведения. Под построением продольного профиля главного коллектора понимается вычерчивание его трассы на разрезе местности по участкам до ГНС (рис. 8.1).

Для чертежа принимаются следующие масштабы: горизонтальный 1:10000 (5000), вертикальный 1:100.

Построение профиля начинают с нанесения на чертеж поверхности земли по расчетной трассе. Затем с генплана города на профиль переносятся все расчетные точки коллектора с указанием номеров колодцев и длин между ними в горизонтальном масштабе профиля.

В бланк ниже проектной линии, вписывают все остальные расчетные данные (форма б): диаметр, уклон и длина, причем для одинакового диаметра и уклона указываются сразу общие длины, расчетный расход, наполнение и скорость. Отметка лотка трубы, проектные отметки земли вписываются с двумя десятичными знаками. Кроме этого, в бланке указывают материал труб, тип изоляции и основание под трубы.

На чертеж пунктиром наносится линия грунтовых вод и показываются отметки днищ труб боковых притоков, если таковые имеются.

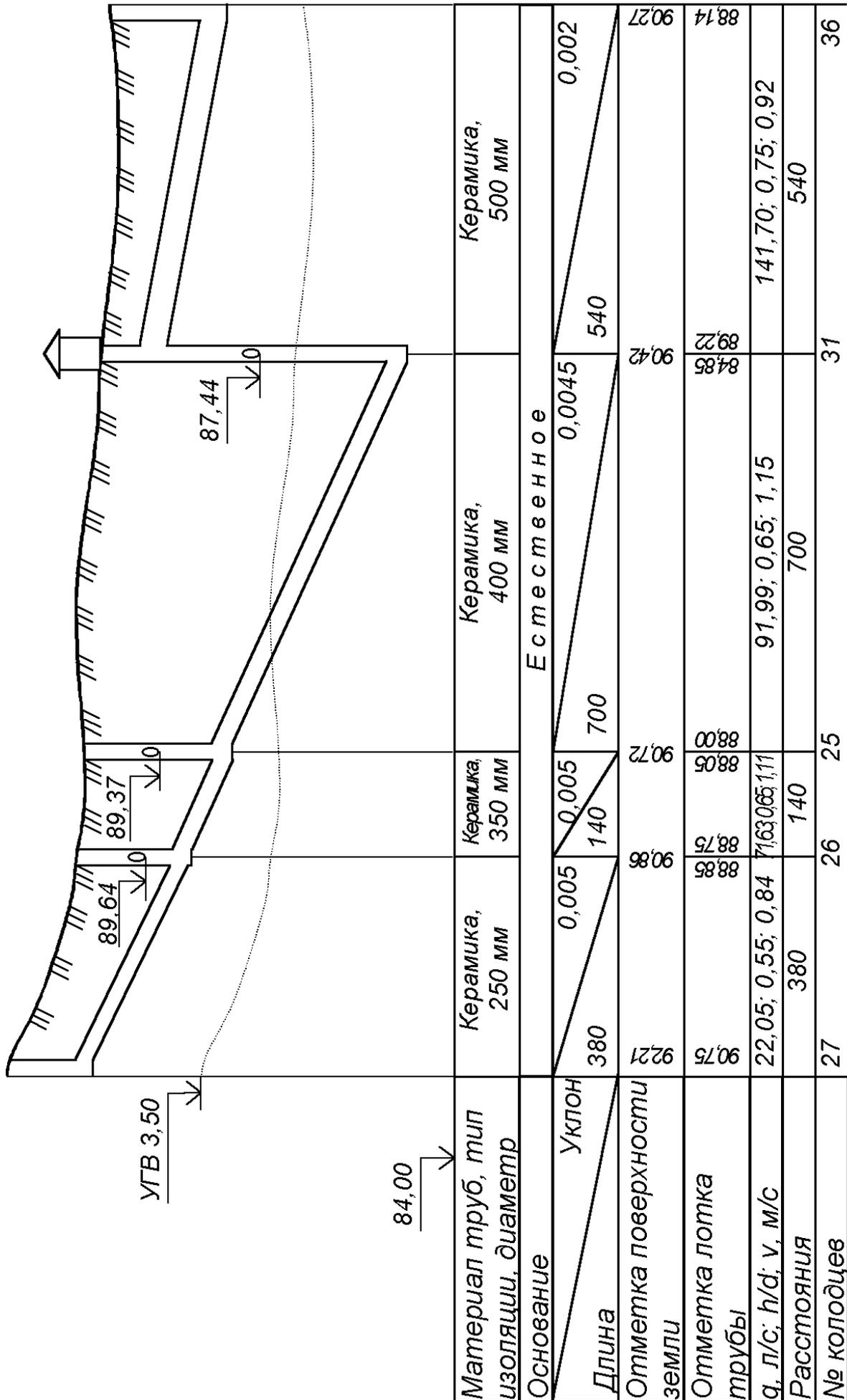


Рис. 8.1. Продольный профиль главного коллектора

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.03-85. Канализация: Наружные сети и сооружения/Госстрой СССР.- Введ. 01.01.1986.- М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 72 с.
2. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий/Госстрой СССР.- Введ. 01.07.1986.- М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 56 с.
3. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение: Наружные сети и сооружения/Госстрой СССР.- Введ. 01.01.1984.- М.:Стройиздат, 1985.- 136 с.
4. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности/Совет Экономической Взаимопомощи, ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии.- 2-е изд., перераб.- М.:Стройиздат, 1982.- 528 с.
5. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика/Госстрой СССР.- Введ. 01.01.1984.- М.:Стройиздат, 1983.- 136 с.
6. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н.Павловского.- 5-е изд., доп.- М.:Стройиздат, 1987.- 152 с.
7. Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. Изд. 6-е, перераб и доп.- М.:ИНФРА-М, 1995.- 432 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ОБЪЕМ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА.....</b>	<b>3</b>
1.1. ПРИМЕРНЫЙ ПЛАН РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	3
1.2. ОБЪЕМ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ.....	4
<b>2. РАЗБИВКА НА БАССЕЙНЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ, ВЫБОР СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ.....</b>	<b>5</b>
2.1. БАССЕЙНЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ .....	5
2.2. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ .....	5
2.3. СХЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ .....	6
<b>3. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ И ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД .....</b>	<b>7</b>
<b>4. ТРАССИРОВКА СЕТИ .....</b>	<b>8</b>
<b>5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ.....</b>	<b>10</b>
5.1. РАСЧЕТ СРЕДНИХ РАСХОДОВ С ПЛОЩАДЕЙ СТОКА.....	10
5.2. РАСЧЕТ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ РАСХОДОВ .....	12
5.3. РАСЧЕТ РАСХОДОВ НА УЧАСТКАХ.....	17
<b>6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫСОТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЫТОВОЙ СЕТИ.....</b>	<b>19</b>
6.1. ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ И ВЫСОТНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ БЫТОВОЙ СЕТИ.....	19
6.2. РАСЧЕТ БЫТОВОЙ СЕТИ В ТАБЛИЧНОЙ ФОРМЕ.....	21
6.3. РАСЧЕТ БЫТОВОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ ПО ПРОГРАММЕ SEWERAGE .....	24
<b>7. РАСЧЕТ ДЮКЕРА.....</b>	<b>27</b>
<b>8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ГЛАВНОГО КОЛЛЕКТОРА .....</b>	<b>30</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>32</b>

