

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по курсовому проектированию  
по дисциплине «Сети водоотведения города»  
для студентов специальности  
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение  
и охрана водных ресурсов»

Минск 2004

УДК 628.2

В работе приведены указания по расчету и проектированию производственно-бытовой и дождевой сети водоотведения населенных пунктов. Ввиду дефицита справочно-нормативной литературы в приложениях к работе приведены основные таблицы и рисунки, данные из которых необходимы при проектировании сетей водоотведения.

Составители:

Л.В. Кулешова, Е.А. Казанли

Рецензенты:

В.М. Чигирь, В.С. Котов, В.В. Ивашечкин

© Кулешова Л.В.,  
Казанли Е.Л., составление, 2004

## **Введение**

Задачей курсового проекта по дисциплине «Сети водоотведения города» является технически и экономически обоснованное решение вопросов отведения с территории населенных пунктов хозяйственно-бытовых, производственных и дождевых сточных вод по полной раздельной системе водоотведения.

Цель проекта – закрепить и расширить теоретические знания студентов, полученные на лекционных и практических занятиях, а также научить студентов работать с технической документацией по привязке отдельных сооружений к разрабатываемому проекту.

Курсовой проект разрабатывается в соответствии с действующими строительными нормами и правилами с использованием новейших достижений науки и техники.

### **1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Основой для проектирования является генплан города в масштабе 1:10 000 или 1:5000 с горизонталями через 1-2 метра. В перечень исходных данных входят следующие параметры:

- географическое положение города;
- основные характеристики открытого водоема;
- сведения о грунтах, промерзании почвы и грунтовых водах;
- плотность населения и степень санитарного благоустройства отдельных районов города;
- характеристика городских покрытий;
- сведения о промпредприятиях (количество работающих, распределение по сменам, расходы производственных сточных вод).

## **2. СОСТАВ ПРОЕКТА**

### **2.1. Расчетно-пояснительная записка**

Примерное содержание пояснительной записки:

1. Введение или общая часть.
  2. Определение расчетных расходов сточных вод.
  3. Составление таблицы притока сточных вод по часам суток.
  4. Выбор системы и схем водоотведения.
  5. Трассировка сети водоотведения.
  6. Определение расчетных расходов на участках сети.
  7. Гидравлический расчет сети.
  8. Определение начальной глубины заложения водоотводящей сети.
  9. Подбор напорных водоводов и насосного оборудования главной насосной станции.
  10. Проектирование и гидравлический расчет дождевой сети.
  11. Гидравлический расчет сети на ЭВМ.
  12. Описание запроектированной сети.
- Примерный объем пояснительной записки: 20-30 с.

### **2.2. Графический материал**

Объем графического материала: 1-2 листа формата А1.

В состав графического материала входят:

- 1) генплан водоотведения города с нанесением сетей, сооружений на сетях, напорных водоводов, главной насосной станции и очистных сооружений;
- 2) выкопировка из генплана одного из районов города с нанесением дождевой сети и выпуска в реку;
- 3) продольные профили производственно-бытового и дождевого коллекторов.

Генплан водоотведения города с выкопировкой из генплана выполняется на листе ватмана формата А1 в масштабе 1:10000 или 1:5000. На генплане посредством отмывки обозначаются

кварталы с различной плотностью населения. На расчетных коллекторах обозначаются номера участков, а также диаметры, длины и уклоны каждого участка. В левом верхнем углу генплана показывается «роза ветров». Генплан снабжается условными обозначениями.

Продольные профили коллекторов выполняются на миллиметровой бумаге и подшиваются к пояснительной записке. Горизонтальный масштаб принимается в соответствии с масштабом генплана, вертикальный – 1:100. На профилях показывается размещение узловых смотровых колодцев, главной насосной станции, разрезы по геологическим скважинам.

Чертежи выполняются карандашом или тушью. Допускается выполнение чертежей с применением АВТОКАДа.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

#### **3.1. Введение**

Введение содержит краткое описание выполненного проекта. Во введении приводятся: характеристика исходных данных, описание объекта водоотведения, обоснование выбора системы и схем водоотведения, места расположения главной канализационной насосной станции и очистных сооружений, описание запроектированной сети (материалы труб, соединения труб, сооружения на сети). В конце введения отмечается, что проект выполнен на основании задания на проектирование и действующими на момент выполнения проекта строительными нормами и правилами.

## 3.2. Определение расчетных расходов сточных вод

### 3.2.1. Расчетные расходы сточных вод от населения города

Для определения расчетных расходов сточных вод определяется расчетное население для каждого района города по формуле

$$N = p \cdot F, \text{ чел.},$$

где  $p$  – плотность населения, чел./га;

$F$  – площадь кварталов жилой застройки, га.

Для каждого района города, а затем для города в целом определяются суточные, часовые и секундные расходы сточных вод.

Среднесуточный расход сточных вод  $Q_w$  определяется по формуле

$$Q_w = \frac{N \cdot q_n}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где  $q_n$  – среднесуточная норма водоотведения, равная норме водопотребления, принимаемая по табл.1 [6] или по табл.П1.1 прил. 1, в зависимости от степени санитарного благоустройства зданий и климатического района, в котором находится объект водоотведения, л/чел.·сут.

Среднечасовой расход сточных вод  $Q_h$  определяется по формуле

$$Q_h = \frac{Q_w}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Среднесекудный расход сточных вод  $q_w$  определяется по формуле

$$q_w = \frac{Q_h}{3,6} = \frac{N \cdot q_n}{86400}, \text{ л/с.}$$

По величине  $q_w$  на основании табл.2 [5] или по табл.П1.2 прил. 1 определяются величины коэффициентов общей неравномерности  $K_{gen.max}$ ,  $K_{gen.min}$ , после чего вычисляются максимальные и минимальные часовые и секундные расходы сточных вод:

$$Q_{max}^h = K_{gen.max} \cdot Q_h, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{min}^h = K_{gen.min} \cdot Q_h, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{max}^w = K_{gen.max} \cdot q_w, \text{ л/с};$$

$$q_{min}^w = K_{gen.min} \cdot q_w, \text{ л/с.}$$

### ***3.2.2. Расчетные расходы сточных вод от промпредприятий***

Расчетные расходы от промпредприятий складываются из расходов бытовых, душевых и производственных сточных вод.

1). Расходы бытовых сточных вод определяются для холодных и горячих цехов каждой смены в отдельности по формуле

$$Q_{см} = \frac{q_i \cdot N_i}{1000}, \text{ м}^3/\text{см},$$

где  $q_i$  – норма водоотведения бытовых сточных вод для данного вида цехов, л/чел.см (принимается равной 45 л/чел.см – для горячих цехов; 25 л/чел.см – для холодных цехов);

$N_i$  – число работающих в данных цехах с смену, чел.

Максимальный секундный расход бытовых сточных вод определяется по формуле

$$q_{см} = \frac{Q_{см} \cdot K}{T \cdot 3,6}, \text{ л/с,}$$

где  $K$  – коэффициенты часовой неравномерности поступления бытовых сточных вод (для горячих цехов – 2,5, для холодных – 3).

2). Расходы душевых сточных вод определяются по норме 500 л воды на одну душевую сетку. Количество установленных душевых сеток зависит от категории производства и определяется по данным табл.П1.3 прил. 1.

Время приема душа – первый час последующей смены.

Душевой расход определяется по формуле

$$Q_{душ} = \frac{n \cdot 500}{1000}, \text{ м}^3/\text{см} (\text{м}^3/\text{ч}),$$

где  $n$  – количество душевых сеток, шт.

3). Количество производственных сточных вод от технологического процесса и режим их поступления в сеть принимаются по данным технологов предприятия или по заданию на проектирование.

### **3.3. Составление таблицы притока сточных вод по часам суток**

Так как максимальные расходы сточных вод от различных водопотребителей не приходятся на один час в разрезе суток, для определения максимального возможного расхода, поступающего на главную канализационную насосную станцию, составляется таблица притока сточных вод по часам суток (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

## Распределение расхода сточных вод города по часам суток

Часы суток	Хоз.-бытовые сточные воды от населения			Расходы сточных вод от промпредприятий						Сум- марный расход сточ- ных вод, м <sup>3</sup> /ч
				Хоз.-бытовые сточные воды			Ду- шевые стоки, м <sup>3</sup> /ч		Техно- логи- ческие сточ- ные воды, м <sup>3</sup> /ч	
	горячие цеха		холод- ные цеха							
	% от средне- суточного расхода	м <sup>3</sup> /ч	%	м <sup>3</sup> /ч	%	м <sup>3</sup> /ч				
$K_{\text{табл}}$	$K_{\text{ген-макс}}$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Процентное распределение хозяйственно-бытовых сточных вод от населения города по часам суток принимается по типовым графикам водоотведения, принимаемым по данным табл.2.3 [1] или по табл.П1.4 прил. 1 по ближайшему значению коэффициента общей неравномерности  $K_{\text{табл}}$  наиболее приближенному к расчетному значению  $K_{\text{ген.макс}}$ . Процентное распределение по часам суток корректируется в соответствии со значением расчетного коэффициента неравномерности по следующей схеме:

- определяется действительное значение максимального часового расхода сточных вод: % макс. =  $4,17 K_{\text{ген.макс}}$ ;
- полученное значение максимального расхода записывается в графу 3 табл. 1 напротив соответствующего максимального расхода типового распределения;
- производится корректировка процентного распределения расходов графы 3, что в сумме должно дать 100 %;

– среднесуточный расход сточных вод от города в целом распределяется по процентному распределению графы 3.

Процентное распределение по часам смены бытовых сточных вод на промпредприятиях рекомендуется принимать по графикам Тикунова, приведенным в табл.П1.5 прил. 1.

После выполнения вышеприведенных операций составляется таблица распределения сточных вод по часам суток для города в целом по форме, приведенной в табл. 1.

Таблица составляется для определения максимального часового расхода сточных вод, поступающих на главную насосную станцию, по которому в последующем и производится подбор насосного оборудования.

Также по таблице определяются величины сосредоточенных расходов от промпредприятий.

По данным таблицы строится ступенчатый или интегральный график водоотведения, на который затем накладывается график работы насосов главной канализационной насосной станции.

### **3.4. Выбор системы и схемы водоотведения**

В проекте предусматривается разработка полной раздельной системы канализации города. Хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды отводятся по единой сети труб, дождевые воды отводятся по самостоятельной сети.

Производственно-бытовая сеть проектируется по пересеченной схеме, дождевая – по перпендикулярной схеме.

### **3.5.Трассировка сети водоотведения**

Для уменьшения строительных и эксплуатационных затрат на сети транспортирование сточных вод должно быть по возможности самотечным и с наименьшей глубиной заложения трубопроводов. При трассировке сети вначале определяются бассейны канализования и намечаются их коллекторы, затем

определяется трасса главного коллектора, места расположения насосных станций, очистных сооружений и место выпуска сточных вод в водоем. Коллекторы бассейнов канализования трассируются по пониженной части бассейна, а главные коллекторы – по набережным рек. Следует избегать прокладки длинных участков малого диаметра и параллельных линий с малыми расходами сточных вод. Уклон всех коллекторов нужно стремиться назначать равным уклону местности, сводя к минимуму число пересечений трубопроводов с естественными и искусственными препятствиями.

### 3.6. Определение расчетных расходов на участках сети

Для подготовки сети к гидравлическому расчету рассматриваемый коллектор разбивается на расчетные участки. Расчетный участок – это участок сети между присоединениями боковых линий.

Сеть водоотведения рассчитывается на пропуск максимально возможных расходов сточных вод. Расчетные расходы складываются из расходов сточных вод от жилых районов города и от промышленных предприятий. Сточные воды предприятий сбрасываются в виде сосредоточенных расходов в местах подключения предприятий к городской сети.

Расчетный расход на участке определяется по формуле

$$q_{расч} = q_{ноп} + q_{тр} + q_{бок} + q_{соср}, \text{ л/с,}$$

где  $q_{ноп}$  – попутный расход на участке от кварталов, примыкающих непосредственно к данному участку;

$q_{тр}$  – транзитный расход, поступающий в расчетный участок с вышерасположенного участка;

$q_{бок}$  – расход от боковых присоединений, приложенных в начальную точку участка;

$q_{\text{соср}}$  – сосредоточенный расход от промпредприятий (определяется по таблице притока сточных вод по часам суток в час максимального водоотведения).

Попутные расходы сточных вод можно определять двумя методами: методом площадей и методом длин линий.

При расчете по методу площадей рассчитывается удельный расход сточных вод (модуль стока) с одного гектара жилого квартала:

$$q_0 = \frac{q_n \cdot P}{86400}, \text{ л /с}\cdot\text{га},$$

где  $q_n$  – норма водоотведения, л/чел.·сут;

$P$  – плотность населения, чел./га.

Среднесекундный расход на участке сети определяется по формуле

$$q_w = q_0 \cdot F, \text{ л/с}.$$

При расчете по методу длин линий среднесекундный расход на участке сети определяется по формуле

$$q_w = q_0 \cdot L, \text{ л/с},$$

где  $q_0$  – удельный расход сточных вод (модуль стока) на единицу длины сети, л/с·п.м,

$L$  – длина участка сети, м.

Модуль стока определяется по формуле

$$q_0 = \frac{q_n \cdot N}{86400 \cdot \Sigma L}, \text{ л/с}\cdot\text{п.м},$$

где  $N$  – число жителей рассматриваемого района, чел.;

$\Sigma L$  – сумма длин всей сети района, м.

Определение расчетных расходов сточных вод на участках сети рекомендуется производить в табличной форме (см. табл.2). Рекомендуется вначале определять расчетные расходы боковых присоединений, а затем главного коллектора.

Т а б л и ц а 2

Таблица определения расчетных расходов сточных вод на расчетных участках

№ участка	Длина участка $L$ , м	Уд. расход $q_o$ , л/с	Средние расходы на участках, л/с				Коэффициент неравномерности $K_{ген. max}$	Максимальные расходы, л/с			Расчетный расход $q_{рас}$ , л/с
			попутный	транзитный	боковой	общий		от жилых кварталов	От промпредприятия		
									местный	транзитный	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	

### 3.7. Гидравлический расчет сети

Гидравлический расчет сети заключается в определении диаметров труб на пропуск расчетных расходов сточных вод с соблюдением допустимых скоростей, уклонов и наполнений труб.

Величины допустимых скоростей, уклонов и наполнений принимаются в соответствии с пунктами 2.34 – 2.41 [5] или по табл.П2.1 прил. 2.

Соединение труб в колодцах в соответствии с п.4.7 [5] принимается «шелыга в шелыгу» или «по уровням воды».

Расчет ведется в следующем порядке:

- на расчетном участке определяется средний уклон поверхности земли;

- в соответствии с уклоном поверхности земли по таблицам [4] определяется диаметр труб на пропуск расчетного расхода с соблюдением допустимых скоростей и наполнений труб;

– по направлению течения потока сточных вод скорости должны оставаться неизменными или возрастать. Если это условие не соблюдается, для гашения скорости предусматривается устройство перепадного колодца;

– гидравлический расчет сети рекомендуется производить в табличной форме (форма расчета приведена в табл.3);

Т а б л и ц а 3

Таблица гидравлического расчета коллектора 1 – ГНС

№ участка	Длина участка $L$ , м	Расчетный расход на участке $q_{расч}$ , л/с	Диаметр $D$ , мм	Уклон $i$	Скорость $V$ , м/с	Наполнение труб		Падение на участке, $H = iL$ , м
						$h/d$	$h$ , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание табл. 3

Отметки на расчетных участках, м						Глубина заложения, м	
поверхности земли		уровня воды		лотков труб			
начала	конца	начала	конца	начала	конца	начала	конца
10	11	12	13	14	15	16	17

– гидравлический расчет рекомендуется производить параллельно с построением продольного профиля проектируемого коллектора. Продольный профиль строится по форме, представленной на рис.1;

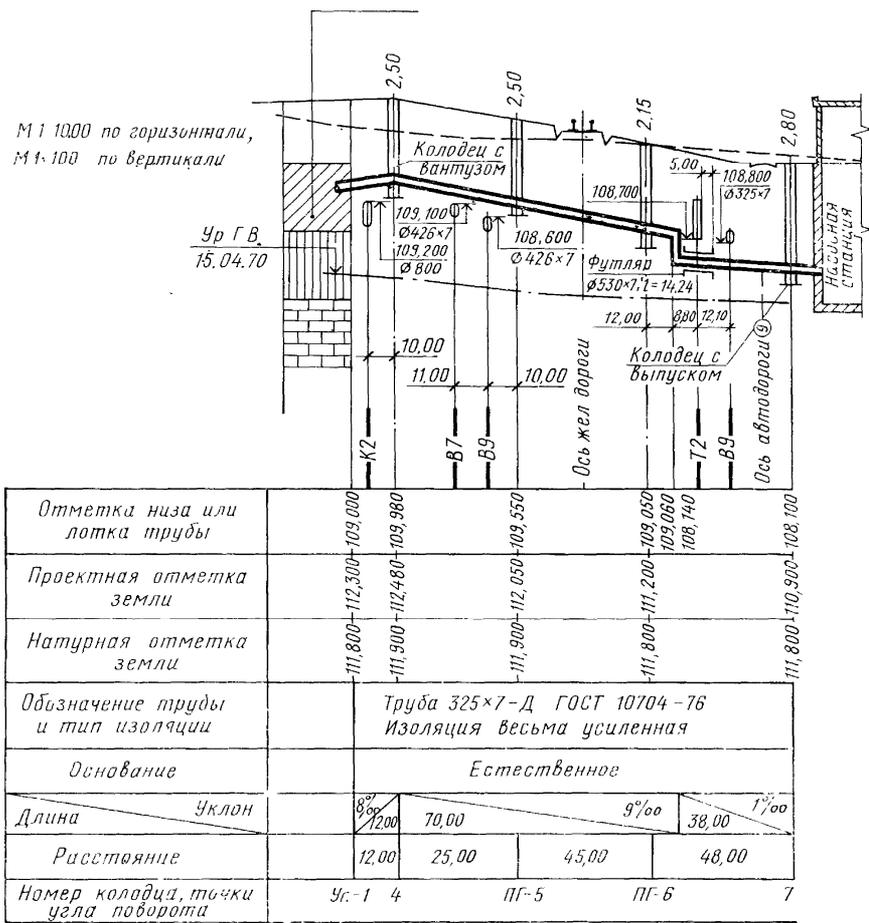


Рис.1. Продольный профиль канализационного коллектора – 1 – ГНС

– перед построением продольного профиля производится определение начальной глубины заложения водоотводящей сети.

### 3.8. Определение начальной глубины заложения водоотводящей сети

Начальная глубина заложения лотка проектируемого коллектора определяется с учетом возможности присоединения к нему внутриквартальной сети по формуле

$$H_{нач} = h + i \cdot l + \Delta d + (z_1 - z_{ом}), \text{ м,}$$

где  $h$  – начальная глубина заложения внутриквартальной сети, определяемая в зависимости от глубины промерзания грунта и диаметра внутриквартальной сети по формулам:

$$h = h_{пром} - 0,3 \text{ – для труб диаметром до 500 мм;}$$

$$h = h_{пром} - 0,5 \text{ – для труб диаметром более 500 мм;}$$

$i$  – уклон внутриквартальной сети, принимаемый в соответствии с п.2.41 [5] равным 0,008;

$l$  – длина внутриквартальной сети от диктующей до расчетной точки;

$\Delta d$  – разница диаметров внутриквартальной и уличной сетей;

$z_1$  – отметка поверхности земли в расчетной начальной точке коллектора;

$z_{ом}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке.

Вычисленная начальная глубина заложения сети должна быть не меньше глубины заложения, определенной исходя из условий предохранения труб от механических повреждений наземным транспортом:

$$H_{min} \geq (0,7 + d), \text{ м,}$$

где  $d$  – диаметр коллектора, м.

### 3.9. Подбор напорных водоводов и насосного оборудования главной насосной станции

Напорные водоводы и насосное оборудование рассчитываются по максимальному часовому расходу  $Q_h^{max}$ , поступающему на насосную станцию, величина которого принимается по данным табл. 1 в час максимального водоотведения.

Диаметр водоводов определяется по более экономически выгодным скоростям. Водоводы прокладываются не менее чем в две нитки. После подбора диаметра водоводов они проверяются на незаиляемость по формуле

$$V_{нез} \geq 1,54^n \sqrt{R}, \text{ м/с,}$$

где  $V_{нез}$  – незаиливающая скорость, м/с;

$R$  – гидравлический радиус, м;

$$n = 3,5 + 0,5R.$$

Необходимый напор насосов определяется по формуле

$$H = h_z + h_{н.с} + h_{св} + h_1 + h_m, \text{ м,}$$

где  $h_z$  – геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность отметок уровня воды в приемной камере очистных сооружений и дна приемного резервуара насосной станции. Отметка воды в приемной камере очистных сооружений принимается на 5-6 м выше отметки горизонта высоких вод в месте расположения очистной станции, а отметка дна приемного резервуара насосной станции принимается на 1,5 м ниже отметки лотка подводящего коллектора;

$h_{н.с}$  – потери напора в насосной станции при расчетном расходе;  $h_{н.с} = 2$  м;

$h_{св}$  – свободный напор на излив;  $h_{св} = 1,5 \dots 2,0$  м;

$h_1$  – потери напора в напорных водоводах;

$h_1 = il$ , м;

$i$  – единичные сопротивления трубопровода,

$l$  – длина напорных водоводов в м;

$h_m$  – потери на местные сопротивления;  $h_m = 0,1h_1$ , м.

По величинам  $Q_h^{max}$  и  $H$  производится подбор насосного оборудования ГКНС.

### **3.10. Проектирование и гидравлический расчет дождевой сети**

#### ***3.10.1. Трассировка дождевой сети***

Проектом предусматривается проектирование дождевой сети для одного из районов города (по заданию руководителя). Условно принимается, что водосток этого района имеет самостоятельный выпуск в реку.

Трассируется главный коллектор района (схема – перпендикулярная) и присоединение к нему коротких уличных коллекторов (схема трассировки – с пониженной стороны квартала).

Сети трассируются по уличным проездам, прямолинейно, с минимальным числом поворотов и пересечений с другими инженерными сооружениями. Выбирается расчетный коллектор, который разбивается на расчетные участки. Затем рассматриваемая территория города разбивается на площади стока, тяготеющие к определенным расчетным участкам (рис.2).

Разбивка территории на площади стока производится биссектрисами углов, образующихся осями уличных проездов. В площади стока включаются как площади кварталов, так и площади улиц, а также зеленые насаждения (бульвары, газоны, парки).

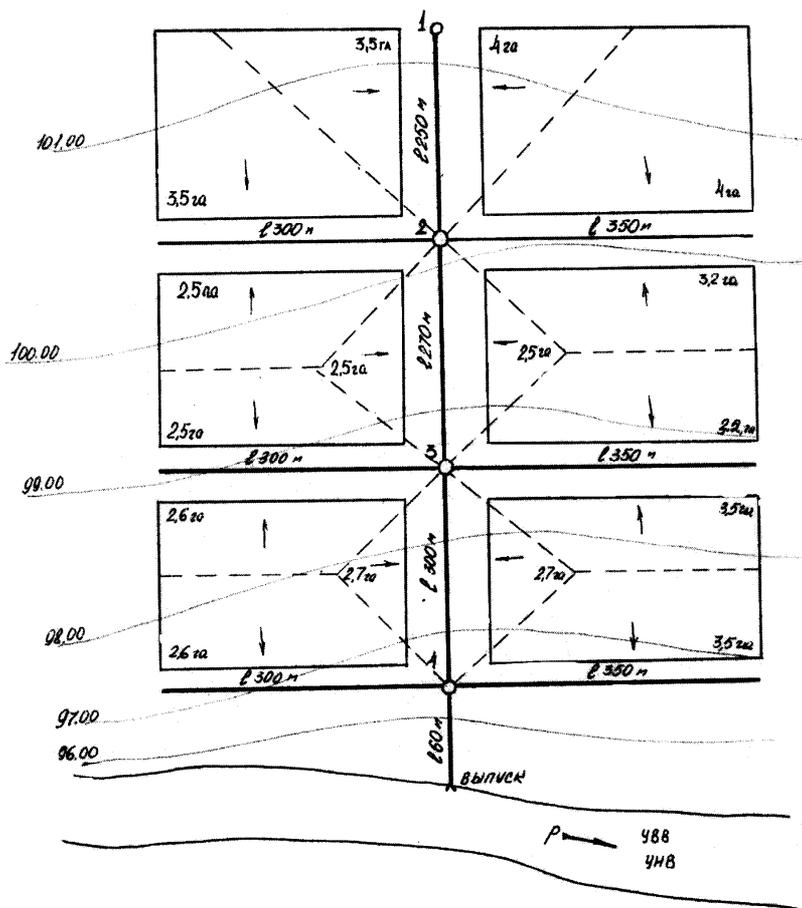


Рис. 2. Разбивка территории района города на площади стока для расчета дождевой сети

### 3.10.2. Определение расчетных расходов дождевых вод

Расходы дождевых вод, л/с, определяются по методу предельных интенсивностей по формуле

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

где  $z_{mid}$  – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока, определяется по табл. 9, 10 [5] или по табл. П4.3, П4.4 прил. 4;

$A$  и  $n$  – климатические параметры дождя:

– параметр  $n$  определяется для территории Республики Беларусь по картам изолиний (см. рис.П3.1 прил. 3), а для бывшей территории СССР по черт.1 [5];

– параметр  $A$  определяется по формуле

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

$q_{20}$  – интенсивность дождя, л/с-га, для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P = 1$  год, определяемая для территории Республики Беларусь по картам изолиний (см. рис.П3.2 прил. 3), а для бывшей территории СССР по черт.1 [5];

$m_r$  – среднее количество дождей за год, определяемое по табл.4 [5] (для Республики Беларусь  $m_r = 150$ );

$P$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по табл.5 [5] или по табл.П4.1 прил. 4;

$\gamma$  – показатель степени, принимаемый по табл.4 [5] (для Республики Беларусь  $\gamma = 1,54$ );

$F$  – расчетная площадь стока, га;

$t_r$  – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин, и определяемая по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p \text{ мин,}$$

где  $t_{con}$  – продолжительность поверхностной концентрации дождя, мин. Принимается при наличии внутриквартальных закрытых дождевых сетей 3-5 мин, а при их отсутствии 5-10 мин;

$t_{can}$  – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника, мин, определяемая по формуле

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{V_{can}}, \text{ мин,}$$

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

$V_{can}$  – расчетная скорость течения на участке, м/с; обычно этой величиной в расчетах пренебрегают ввиду ее незначительности;

$t_p$  – продолжительность протекания дождевых вод по трубам до расчетного сечения, определяемая по формуле

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

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

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

Расчетный расход дождевых вод для гидравлического расчета дождевых сетей, л/с, определяется по формуле

$$q_{cal} = \beta q_r, \text{ л/с,}$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима, определяемый по табл.11 [5] или по табл.П4.2 прил. 4.

Развернутый вид формулы по определению расхода дождевого стока на участках дождевой сети

$$q_{cal} = \frac{\beta \cdot z_{mid} \left[ q_{20} \cdot 20^n \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^\gamma \right]^{1,2} F}{(t_{con} + t_{can} + t_p)^{1,2n-0,1}}, \text{ л/с,}$$

где  $t_p$  и  $F$  являются переменными на различных участках.

Для упрощения расчетов обозначим через  $\varphi$  (коэффициент уменьшения интенсивности) выражение  $\frac{20^{1,2n}}{(t_{can} + t_p)^{1,2n}}$  и через

$q_{20p}$  (интенсивность дождя продолжительностью 20 мин, при определенном значении периода однократного переполнения

сети и  $t_{can} + t_p = 0$ ) выражение  $\frac{q_{20}^{1,2} \left( 1 + \frac{\lg p}{\lg m_r} \right)^{1,2\gamma}}{t_{con}^{1,2n-0,1}}$ .

Тогда преобразованная формула по определению расхода дождевых вод, поступающих в сеть, принимает вид

$$q_{cal} = \beta \cdot z_{id} \cdot q_{0p} \cdot \varphi \cdot F, \text{ л/с.}$$

По данной формуле и производится в дальнейшем гидравлический расчет дождевой сети.

### 3.10.3. Гидравлический расчет дождевой сети

Гидравлический расчет дождевой сети заключается в определении диаметров труб на пропуск расчетных расходов дождевых вод при полном наполнении сети. При расчете должны соблюдаться допустимые уклоны и скорости течения дождевых вод. Соединение труб в колодцах принимается «шельга в шельгу».

Гидравлический расчет рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. Определяется параметр  $A$ .
2. Определяется величина

$$q_{20з} = \frac{q_{20}^{1,2} \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^{1,2\gamma}}{5^{1,2n-0,1}},$$

приняв  $t_{con} = 5$  мин, так как заданием на проектирование предполагается наличие внутриквартальной дождевой сети.

3. Определяется среднее значение коэффициента стока  $z_{mid}$  как средневзвешенная величина в зависимости от значений коэффициентов, характеризующих поверхности покрытий по формуле

$$z_{mid} = \frac{\sum z_i \cdot F_i}{\sum F_i},$$

где  $F_i$  – площадь того или иного вида покрытия в % или долях от единицы (по заданию на проектирование);

$z_i$  – коэффициенты, характеризующие различные поверхности:

– для водопроницаемых поверхностей  $z_i$  определяются по табл.9 [5] или по табл.П4.3 прил. 4;

– для водонепроницаемых поверхностей  $z_i$  определяются по табл.10 [5] или по табл.П4.4 прил. 4, в зависимости от значения параметра  $A$ .

4. Определяется удельный расход дождевых вод, поступающих в сеть с 1 га канализуемой территории при  $t_p = 0$  по формуле

$$q_r^0 = \beta \cdot z_{mid} \cdot q_{20p}, \text{ л/с.га.}$$

5. Расчетный коллектор разбивается на расчетные участки и производится определение площадей стока, тяготеющих к каждому расчетному участку. С этого пункта рекомендуется расчет вести в табличной форме по табл.4.

Т а б л и ц а 4

Таблица гидравлического расчета дождевого коллектора

№ участка	Длина участка $L$ , м	Площадь стока $F$ , га				$q_r^0$ при $t_p = 0$ , л/с·га	Исчисленный расход $Q$ , л/с	Скорость $V_p$ , м/с	Продолжительность протока, мин		Коэф. уменьшения интенсивности $\varphi$
		собственная	при ток	транзит	общая				$t_p$	$\Sigma t_p$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Окончание табл.4

Расчетный расход $q_{ca}$ , л/с	Диаметр $D$ , мм	Уклон $i$	Пропускная способность трубы $q_p$ , л/с	Падение на участке $H = iL$	Отметки на участках				Глубина заложения труб	
					земли		лотков труб		нач. кон.	
					нач.	кон.	нач.	кон.		
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

6. На каждом расчетном участке определяется так называемый исчисленный (завышенный) расход по формуле

$$Q_r = q_r^0 \cdot F, \text{ л/с,}$$

где  $F$  – площадь, обслуживаемая данным участком сети, га.

Данный расход не учитывает продолжительность протекания дождя по трубам и каналам, т.е. коэффициент  $\varphi$ .

7. Определяется значение коэффициента  $\varphi$ . Для этого на первом участке задаются скоростью течения дождевого стока, которая принимается для дождевой сети не менее 0,8 м/с, и определяется продолжительность протока на участке по формуле

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{v_p}, \text{ мин.}$$

Для первого участка продолжительность протока суммируется с продолжительностью поверхностной концентрации дождя и по суммарному значению в минутах и значению коэффициента  $n$  по табл. П4.5 прил. 4 определяется значение коэффициента  $\varphi$ . Для каждого последующего участка продолжительность протока дождевых вод определяется путем суммирования продолжительностей протока на всех предыдущих участках.

8. Определяется действительный расчетный расход дождевых вод на участке по формуле

$$q_{cal} = \varphi \cdot Q_r, \text{ л/с.}$$

9. По величине расчетного расхода на участке  $q_{cal}$  и задавшись уклоном  $i$ , приблизительно равным уклону поверхности земли на участке, производится гидравлический расчет при полном наполнении сети. Расхождение между  $q_{cal}$  и пропускной способностью трубопровода  $q_p$  допускается в пределах 5-10%.

10. Так как действительная скорость протекания дождевого стока, определенная по таблицам гидравлического расчета, отличается от ранее принятой скорости, производится перерасчет действительного расчетного расхода по вышеприведенной методике. Гидравлический расчет производится в табличной форме (см. табл.4).

11. Определяется начальная глубина заложения сети в первой точке.

12. Производится построение продольного профиля расчетного коллектора, на котором показывается выпуск дождевого стока в реку.

### **3.11. Расчет сети водоотведения на ЭВМ**

Основная цель поставленной задачи – закрепление у студентов навыков работы с ЭВМ и облегчение выполнения трудоемких разделов в курсовом или дипломном проектировании. В данном курсовом проекте для получения навыков гидравлического расчета водоотводящих сетей студенты самостоятельно производят гидравлический расчет главного коллектора, а на ЭВМ рассчитывают боковые присоединения.

Для выполнения гидравлического расчета на ЭВМ студент должен подготовить следующие исходные данные:

- номера расчетных участков;
- длины расчетных участков в м;
- расходы на расчетных участках в л/с;
- отметки поверхности земли в расчетных точках на расчетных участках;
- начальная глубина заложения сети в м;
- минимально допустимая глубина заложения сети;
- минимально и максимально допустимые скорости течения сточных вод.

Программа производит гидравлический расчет сети в двух вариантах: соединение труб «шелыга в шелыгу» и «по уровням воды».

По результатам данного расчета строятся продольные профили коллекторов и на главном коллекторе показываются точки их присоединения. Если боковые коллекторы оказываются ниже главного коллектора, производится высотная корректировка коллектора.

### **3.12. Описание запроектированной сети**

Описание сети должно включать характеристику следующих основных характеристик элементов сети:

- трубы (диаметры, материал, ГОСТы) и стыковые соединения;
- основания под трубы;
- способы гидроизоляции сети;
- пересечение коллекторов с препятствиями и другими коммуникациями;
- колодцы, дюкеры и другие сооружения на сети.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Канализация/ С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
3. Калицун В.И. Гидравлический расчет водоотводящих сетей. – М.: Стройиздат, 1987. – 72 с.
4. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. П.П. Павловского. – М.: Стройиздат, 1974. – 150 с.
5. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
6. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЯ  
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Т а б л и ц а П 1.1

Нормы водопотребления

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/чел.·сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией: без ванн	125-160
с ваннами и местными водонагревателями	160-230
С централизованным горячим водоснабжением	230-350

Т а б л и ц а П 1.2

Коэффициенты неравномерности притока сточных вод

Общий коэффициент неравномерности притока сточных вод	Средний расход сточных вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
$K_{gen.max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{gen.min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Т а б л и ц а П л . 3

Нормативное число рабочих на 1 душевую сетку

Категории производства	Нормативное число рабочих на 1 душевую сетку
И а	15
И б	7
II в	5
II г	3

Т а б л и ц а П л . 4

Примерное распределение среднесуточного расхода бытовых сточных вод в процентах по часам суток

Часы суток	Коэффициенты общей неравномерности $K_{gen,max}$						
	1,8	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
1-2	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
2-3	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
3-4	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
4-5	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
5-6	3,3	4,35	4,2	4,8	5,05	4,9	4,8
6-7	5	5,95	5,8	5	5,15	4,9	4,8
7-8	7,2	5,8	5,8	5	5,15	5	4,8
8-9	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
9-10	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
10-11	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
11-12	6,4	4,8	5,05	5,25	5,1	5	4,8
12-13	3,7	3,95	4,2	5	5	4,8	4,7
13-14	3,7	5,55	5,8	5,25	5,1	5	4,8

Окончание табл. П1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
14-15	4	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
15-16	5,7	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
16-17	6,3	5,6	5,8	5,65	5,2	5	4,8
17-18	6,3	5,6	5,75	4,85	5,15	5	4,7
18-19	6,3	4,3	5,2	4,85	5,1	5	4,8
19-20	5,25	4,35	4,72	4,85	5,1	5	4,8
20-21	3,4	4,35	4,1	4,85	5,1	5	4,8
21-22	2,2	2,35	2,85	3,45	3,8	4,5	4,8
22-23	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,4	3
23-24	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
ИТОГО	100	100	100	100	100	100	100

Т а б л и ц а П1.5

Распределение расхода бытовых сточных вод  
от промпредприятий по часам смены

Часы смены	Приток сточных вод, %	
	Холодные цеха	Горячие цеха
1	12,5	12,5
2	6,25	8,12
3	6,25	8,12
4	6,25	8,12
5	18,75	15,65
6	37,5	31,25
7	6,25	8,12
8	6,25	8,12
8 час	100 %	100 %

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Т а б л и ц а П2.1

Таблица наибольших наполнений и наименьших скоростей  
течения сточных вод

Диаметр, мм	Скорость $v_{min}$ , м/с, при наполнении $h/d$			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150-250	0,7			
300-400		0,8		
450-500			0,9	
600-800			1,0	
900			1,15	
1000-1200				1,15
1500				1,3
Св.1500				1,5





ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Т а б л и ц а П4.1

Периоды однократного превышения расчетной  
интенсивности дождя

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

Т а б л и ц а П4.2

Значение коэффициента, учитывающего заполнение свободной емкости сети

Показатель степени $n$	0,4	0,5	0,6	0,7
Значение коэффициента	0,8	0,75	0,7	0,65

Т а б л и ц а П4.3

Значения коэффициентов стока для водопроницаемых поверхностей

Поверхность	Коэффициент $z$
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224
Бульжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

Таблица П.4.4

Значения коэффициентов стока для водонепроницаемых поверхностей

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

Т а б л и ц а П4.5

Коэффициенты уменьшения расчетной интенсивности дождя

Т, мин	Коэффициент $\varphi$ при показателе степени $n$									
	0,3	0,4	0,5	0,55	0,60	0,65	0,67	0,70	0,75	0,80
5	1,51	1,74	2,00	2,14	2,29	2,46	2,53	2,63	2,82	3,03
6	1,43	1,62	1,82	1,93	2,05	2,18	2,24	2,32	2,46	2,62
7	1,37	1,52	1,69	1,78	1,87	1,97	2,02	2,08	2,19	2,31
8	1,31	1,44	1,58	1,65	1,73	1,81	1,84	1,89	1,98	2,08
9	1,27	1,37	1,49	1,55	1,61	1,68	1,70	1,74	1,82	1,89
10	1,23	1,31	1,41	1,46	1,52	1,57	1,59	1,63	1,68	1,74
12	1,17	1,22	1,29	1,33	1,36	1,40	1,42	1,43	1,47	1,51
14	1,11	1,11	1,20	1,22	1,24	1,26	1,27	1,28	1,31	1,33
16	1,07	1,09	1,12	1,13	1,14	1,16	1,16	1,17	1,18	1,20
18	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,09
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
22	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92
24	0,95	0,93	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87
26	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,87	0,84	0,83	0,82	0,81
28	0,90	0,87	0,84	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,76
30	0,88	0,85	0,82	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,72
35	0,84	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,66	0,64
40	0,81	0,76	0,71	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,59	0,57
45	0,78	0,72	0,67	0,64	0,62	0,59	0,58	0,58	0,45	0,52
50	0,76	0,69	0,63	0,60	0,57	0,55	0,54	0,53	0,50	0,48
55	0,74	0,67	0,60	0,57	0,54	0,51	0,50	0,49	0,47	0,45
60	0,72	0,64	0,58	0,55	0,52	0,49	0,47	0,46	0,44	0,42
65	0,7	0,62	0,55	0,52	0,49	0,47	0,45	0,44	0,41	0,39
70	0,69	0,60	0,53	0,50	0,47	0,44	0,43	0,42	0,39	0,37
80	0,66	0,57	0,50	0,47	0,44	0,41	0,40	0,38	0,35	0,33
90	0,64	0,55	0,47	0,44	0,41	0,38	0,37	0,35	0,32	0,30
100	0,61	0,52	0,45	0,41	0,38	0,35	0,34	0,32	0,30	0,28
120	0,58	0,49	0,41	0,37	0,34	0,31	0,30	0,29	0,26	0,24
140	0,56	0,46	0,38	0,35	0,32	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22
160	0,53	0,43	0,35	0,32	0,29	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19
180	0,51	0,41	0,33	0,30	0,27	0,24	0,23	0,21	0,19	0,17
200	0,5	0,40	0,32	0,28	0,25	0,22	0,22	0,20	0,18	0,16

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по курсовому проектированию  
по дисциплине «Сети водоотведения города»  
для студентов специальности  
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение  
и охрана водных ресурсов»

Составители: КУЛЕШОВА Людмила Владимировна  
КАЗАНЛИ Елена Александровна

Редактор О.Н. Воробьева

Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

---

Подписано в печать 27.01.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 2,1. Уч.-изд.л. 1,6. Тираж 100. Заказ 308.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65