

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....  | 4  |
| 2. СОСТАВ ПРОЕКТА.....  | 4  |
| 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РАЗЛИЧНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ.....  | 5  |
| 3.1. Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения.....  | 5  |
| 3.2. Расход воды на полив улиц, площадей и зеленых насаждений.....  | 7  |
| 3.3. Расход воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы   | 8  |
| 3.4. Расход воды рабочими и служащими во время пребывания их на произ- водстве.....   | 8  |
| 3.5. Расход воды на производственные нужды промышленных предприятий   | 9  |
| 3.6. Расход воды на противопожарные нужды.....  | 9  |
| 3.7. Составление суммарной таблицы водопотребления по часам суток и построение суммарного графика водопотребления и подачи воды насосами I и II | 9  |
| 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ И РАЗМЕРОВ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ.....  | 11 |
| 4.1. Определение емкости и размеров бака водонапорной башни (ВБ).....   | 11 |
| 4.2. Определение емкости резервуаров чистой воды (РЧВ).....   | 13 |
| 5. ВЫБОР СИСТЕМЫ, СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТРАССИРОВКА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....   | 14 |
| 5.1. Выбор материала труб и определение глубины заложения водопроводной сети и водоводов.....   | 15 |
| 5.2. Подготовка сети к гидравлическому расчету.....   | 15 |
| 5.2.1. Выбор расчетных случаев работы сети.....   | 15 |
| 5.2.2. Определение удельных, путевых и узловых расходов.....  | 16 |
| 5.3. Предварительное распределение расходов и выбор диаметров труб.....   | 17 |
| 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....  | 20 |
| 7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОВОДОВ.....   | 22 |
| 7.1. Расчет водоводов, соединяющих насосную станцию II подъема и ВБ с сетью   | 22 |
| 7.2. Определение свободных и пьезометрических напоров в узловых точках и построение пьезолиний.....   | 23 |
| 7.3. Пример определения пьезометрических и свободных напоров в узловых точках водопроводной сети.....   | 24 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....   | 26 |

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Расчет водопроводной сети для населенных мест связан с выбором магистральных и распределительных трубопроводов, переключек между магистралями, водоводов, запасных и регулирующих емкостей, при которых обеспечивалась бы подача воды потребителям в требуемых количествах, с заданными напорами в местах ее отбора, с наименьшими затратами на строительство и эксплуатацию за принятый расчетных срок.

Основными факторами, которые могут быть положены в основу проектирования, являются: расчетные расходы воды; геологические условия; географическое месторасположение объекта водоснабжения; степень благоустройства и этажность застройки отдельных районов; характеристика источника водоснабжения и его расположение по отношению к объекту водоснабжения; расположение водопроводных очистных сооружений и насосной станции второго подъема; необходимость поливки улиц и зеленых насаждений; характеристика промышленных предприятий с указанием режима водопотребления; объема выпускаемой продукции; количества смен и рабочих; занятых на этих предприятиях в горячих и холодных цехах.

## **2. СОСТАВ ПРОЕКТА**

Проект состоит из двух основных разделов: расчетно-пояснительной записки и чертежей.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

определение суточного и почасового расхода воды как для отдельных потребителей, так и для всего объекта водоснабжения;

определение режимов водопотребления и подачи воды в сеть насосами;

определение емкости и основных размеров бака водонапорной башни (ВБ) и резервуаров чистой воды (РЧВ);

выбор системы и схемы сети;

выполнение трассировки водопроводных линий на плане объекта водоснабжения с горизонталями;

выбор материала труб с учетом требований надежности и определение глубины заложения водоводов и водопроводной сети;

определение расчетных режимов работы и выполнение гидравлических расчетов водопроводной сети и водоводов;

определение свободных и пьезометрических напоров в узловых точках и построение пьезолиний или пьезокарт;

конструирование узловых колодцев водопроводной сети, т. е. составление монтажной схемы, спецификации труб, фасонных частей и арматуры.

В записке должны быть помещены суммарный график водопотребления и подачи воды насосами I и II подъемов, расчетные схемы сети и водоводов с необходимыми данными и результатами расчетов. Гидравлическую увязку сети желательно выполнить на компьютере.

В начале пояснительной записки следует поместить задание на курсовое проектирование, затем — оглавление с указанием разделов и нумераций страниц. В конце расчетно-пояснительной записки приводится список использованной литературы, на которую в тексте должны быть ссылки.

На чертежах (объемом 2 стандартных листа) должны быть представлены: план города с горизонталями с нанесенными на него водоводами и водопроводной сетью, водонапорная башня (ВБ), места расположения водозаборного сооружения, насосной станции I подъема (Н.Ст. I п.), площадки водопроводных очистных сооружений (ВОС) с насосной станцией II подъема (Н.Ст. II п.) в масштабе 1: 5000. Узлы водопроводной сети на чертеже должны быть пронумерованы, а на расчетных участках и водоводах должны быть обозначены длина и диаметр труб;

пьезолинии от Н.Ст. II п. до самой удаленной и высоко расположенной точки на все расчетные случаи;

монтажная схема основных узловых колодцев, спецификация труб, фасонных частей и арматуры.

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РАЗЛИЧНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ**

Первоочередной задачей при расчете и проектировании элементов системы водоснабжения является определение объемов воды, подаваемых различным потребителям.

Все виды потребителей воды сводятся к нескольким основным категориям:  
хозяйственно-питьевые нужды населения;  
расход воды на полив улиц, площадей и зеленых насаждений;  
потребление воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы;

хозяйственно-питьевые нужды и прием душа рабочими и служащими во время пребывания их на производстве;

расход воды на технологические нужды предприятий, получающим ее из городской водопроводной сети;

расход воды на противопожарные нужды.

#### **3.1. Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения**

Расчетный (средний за год) суточный расход воды  $Q_{\text{сут. ср.}}$ , м<sup>3</sup>/сут., на хозяйственно-питьевые нужды населения определяется по формуле

$$Q_{\text{сут. ср.}} = q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 1000, \quad (1)$$

где  $q_{\text{ж}}$  — удельное водопотребление, принимаемое согласно табл. 1 [1];  $N_{\text{ж}}$  — расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства.

Удельное водопотребление приведено в табл. 1 и принимается в зависимости от благоустройства районов жилой застройки и климатических условий.

Таблица 1

## Удельное водопотребление

| Степень благоустройства районов<br>жилой застройки                              | Удельное хозяйственно-питьевое<br>водопотребление в населенных<br>пунктах на одного жителя<br>(среднесуточное за год), л/сут. |
|---|---|
| Застройка зданиями, оборудованными внутренними<br>водопроводами и канализацией: |   |
| без ванн  | 125...160   |
| с ванными и местными водонагревателями  | 160...230   |
| с централизованным горячим водоснабжением                                       | 230...350   |

Расчетные расходы воды в сутки с максимальным и минимальным водопотреблением  $Q_{\text{сут.}}$ , м<sup>3</sup>/сут., составят:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сут. макс}} &= K_{\text{сут. макс}} Q_{\text{сут. ср}}; \\ Q_{\text{сут. мин}} &= K_{\text{сут. мин}} Q_{\text{сут. ср}} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $K_{\text{сут}}$  — коэффициент суточной неравномерности, принимается согласно п. 2.2. [1].

$$K_{\text{сут. макс}} = 1,1 \dots 1,3; \quad K_{\text{сут. мин}} = 0,7 \dots 0,9.$$

Расчетные часовые расходы воды  $q_{\text{ч}}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяются по формулам

$$\begin{aligned} q_{\text{ч. макс}} &= K_{\text{ч. макс}} Q_{\text{сут. макс}} / 24; \\ q_{\text{ч. мин}} &= K_{\text{ч. мин}} Q_{\text{сут. мин}} / 24, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $K_{\text{ч}}$  — коэффициент часовой неравномерности, определяется по формулам

$$\begin{aligned} K_{\text{ч. макс}} &= \alpha_{\text{макс}} \beta_{\text{макс}}; \\ K_{\text{ч. мин}} &= \alpha_{\text{мин}} \beta_{\text{мин}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и т. д. Принимается согласно п. 2.2 [4].

$$\alpha_{\text{макс}} = 1,2 \dots 1,4; \quad \alpha_{\text{мин}} = 0,4 \dots 0,6;$$

$\beta$  — коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимаемый по табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента  $\beta$ 

| $\beta$               | Число жителей, тыс. чел. |     |     |     |     |      |     |     |      |     |      |                      |
|-----------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|----------------------|
|                       | 0,75                     | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4   | 6    | 10  | 20  | 50   | 100 | 300  | 1000<br>и бо-<br>лее |
| $\beta_{\text{макс}}$ | 2,2                      | 2   | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4  | 1,3 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,05 | 1                    |
| $\beta_{\text{мин}}$  | 0,07                     | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,25 | 0,4 | 0,5 | 0,6  | 0,7 | 0,85 | 1                    |

Максимальный и минимальный секундные расходы воды, л/с:

$$\begin{aligned} q_{\text{с. макс}} &= q_{\text{ч. макс}} / 3,6; \\ q_{\text{с. мин}} &= q_{\text{ч. мин}} / 3,6. \end{aligned} \quad (5)$$

В табл. 3. приведено распределение максимального суточного расхода воды населением по часам суток, % от  $Q_{\text{сут. макс}}$ .

Таблица 3

**Распределение максимального суточного расхода воды населением по часам суток, % от  $Q_{\text{сут. макс}}$**

| Часы суток | $K_{\text{ч. макс}}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1,25                 | 1,3  | 1,35 | 1,4  | 1,45 | 1,5  | 1,7  | 1,8  | 1,9  | 2,0  |
| 0—1        | 3,35                 | 3,20 | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 1,50 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,60 |
| 1—2        | 3,25                 | 3,25 | 3,20 | 2,65 | 2,10 | 1,50 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,60 |
| 2—3        | 3,30                 | 2,90 | 2,50 | 2,20 | 1,85 | 1,50 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 1,20 |
| 3—4        | 3,20                 | 2,90 | 2,60 | 2,25 | 1,90 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 |
| 4—5        | 3,25                 | 3,35 | 3,50 | 3,20 | 2,85 | 2,50 | 2,00 | 1,35 | 2,70 | 3,50 |
| 5—6        | 3,40                 | 3,75 | 4,10 | 3,90 | 3,70 | 3,50 | 3,00 | 3,85 | 4,70 | 3,50 |
| 6—7        | 3,85                 | 4,15 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 5,00 | 5,20 | 5,35 | 4,50 |
| 7—8        | 4,45                 | 4,65 | 4,90 | 5,10 | 5,30 | 5,50 | 6,50 | 6,20 | 5,85 | 10,2 |
| 8—9        | 5,20                 | 5,05 | 4,90 | 5,35 | 5,80 | 6,25 | 6,50 | 5,50 | 4,50 | 8,80 |
| 9—10       | 5,05                 | 5,40 | 5,60 | 5,85 | 6,05 | 6,25 | 5,50 | 5,85 | 4,20 | 6,50 |
| 10—11      | 4,85                 | 4,85 | 4,90 | 5,35 | 5,80 | 6,25 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 4,10 |
| 11—12      | 4,60                 | 4,60 | 4,70 | 5,25 | 5,70 | 6,25 | 5,50 | 6,50 | 7,50 | 4,10 |
| 12—13      | 4,60                 | 4,50 | 4,40 | 4,60 | 4,80 | 5,00 | 7,00 | 7,50 | 7,90 | 3,50 |
| 13—14      | 4,55                 | 4,30 | 4,10 | 4,40 | 4,70 | 5,00 | 7,00 | 6,70 | 6,35 | 3,50 |
| 14—15      | 4,75                 | 4,40 | 4,10 | 4,60 | 5,05 | 5,50 | 5,50 | 5,35 | 5,20 | 4,70 |
| 15—16      | 4,70                 | 4,55 | 4,40 | 4,60 | 5,30 | 6,00 | 4,50 | 4,65 | 4,80 | 6,20 |
| 16—17      | 4,65                 | 4,50 | 4,30 | 4,90 | 5,45 | 6,00 | 5,00 | 4,50 | 4,00 | 10,4 |
| 17—18      | 4,35                 | 4,25 | 4,10 | 4,60 | 5,05 | 5,50 | 6,50 | 5,50 | 4,50 | 9,40 |
| 18—19      | 4,40                 | 4,45 | 4,50 | 4,70 | 4,85 | 5,00 | 6,50 | 6,30 | 6,20 | 7,30 |
| 19—20      | 4,30                 | 4,40 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 5,00 | 5,35 | 5,70 | 1,60 |
| 20—21      | 4,30                 | 4,40 | 4,50 | 4,40 | 4,20 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 1,60 |
| 21—22      | 4,20                 | 4,50 | 4,80 | 4,20 | 3,60 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,0  |
| 22—23      | 3,75                 | 4,20 | 4,60 | 3,70 | 2,85 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,60 |
| 23—24      | 3,70                 | 3,50 | 3,30 | 2,70 | 2,10 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 |
| Итого      | 100                  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |

### 3.2. Расход воды на полив улиц, площадей и зеленых насаждений

Расход воды на поливку в населенных пунктах  $Q_{\text{полив}}$ , м<sup>3</sup>/сут., составит

$$Q_{\text{полив}} = q_{\text{пол}} N_{\text{ж}} / 1000, \quad (6)$$

где  $q_{\text{пол}}$  — удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды в расчете на одного жителя, л/сут.

Согласно табл. 3, примеч. 1 [1]  $q_{\text{пол}} = 50 \dots 90$  л/сут., в зависимости от климатических условий.

Условно принимается, что полив в количестве 80 % от  $Q_{\text{полив}}$  осуществляется машинами в течение 12 ч, а 20 % — дворниками в течение 6 ч в сутки.

Часовые расходы воды на полив  $q_{\text{ч}}$ , м<sup>3</sup>/ч, составляют:

$$\begin{aligned} q_{\text{ч. полив. маш}} &= Q_{\text{полив. маш}} / 12; \\ q_{\text{ч. полив. дворн}} &= Q_{\text{полив. дворн}} / 6. \end{aligned} \quad (7)$$

Расходы воды на полив определяются отдельно для каждого района города.

### 3.3. Расход воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы

Согласно п. 2.1., примеч. 4 [1] расход воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы  $Q_{\text{н.р}}$ , м<sup>3</sup>/сут., допускается принимать в размере 10...20 % от максимального суточного расхода на хозяйственно-питьевые нужды населения отдельно для каждого района.

$$Q_{\text{н.р}} = \frac{(10 - 20 \%) Q_{\text{сут. макс}}}{100}. \quad (8)$$

Неучтенные расходы распределяются равномерно по часам суток.

### 3.4. Расход воды рабочими и служащими во время пребывания их на производстве

Расход воды рабочими и служащими во время пребывания их на производстве складывается из хозяйственно-питьевого расхода и расхода на прием душа. Характер производства, число смен в сутки и количество работающих в горячих и холодных цехах указано в задании на курсовое и дипломное проектирование.

Расчетный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды за смену  $Q_{\text{см. хоз. пит}}$ , м<sup>3</sup>, равен:

$$Q_{\text{см. хоз. пит}} = \frac{q_{\text{хол}} N_{\text{хол}} + q_{\text{гор}} N_{\text{гор}}}{1000}, \quad (9)$$

где  $q_{\text{хол}}$  и  $q_{\text{гор}}$  — нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды на одного работающего в холодных и горячих цехах соответственно, л/см., принимаются согласно § 2 [2]. В холодных цехах 25 л/см. на 1 чел. с коэффициентом часовой неравномерности  $K_{\text{ч}} = 3$ , в горячих цехах — 45 л/см. на 1 чел. с  $K_{\text{ч}} = 2,5$ .

Расход воды в сутки составит:

$$Q_{\text{сут. хоз. пит}} = Q_{\text{см. хоз. пит}} n_{\text{смен}}, \quad (10)$$

где  $n_{\text{смен}}$  — число смен работы предприятия в сутки.

Расход воды на прием душа  $Q_{\text{душ. см}}$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$Q_{\text{душ. см}} = \frac{500 N'_{\text{хол}} 45}{N''_{\text{хол}} \cdot 1000 \cdot 60} + \frac{500 N'_{\text{гор}} 45}{N''_{\text{гор}} \cdot 1000 \cdot 60}, \quad (11)$$

где 500 — расход воды одной душевой сеткой, л; 45 — время приема душа, мин;  $N'_{\text{хол}}$  и  $N'_{\text{гор}}$  — количество работающих, пользующихся душем в холодных и горячих цехах соответственно, чел.;  $N''_{\text{хол}}$  и  $N''_{\text{гор}}$  — расчетное количество человек на 1 душевую сетку.

Принимаем  $N''_{\text{хол}} = 15$  чел.,  $N''_{\text{гор}} = 7$  чел.

Расход воды на прием душа,  $Q_{\text{сут. душ}}$ ,  $\text{м}^3$ , составит:

$$Q_{\text{сут. душ}} = Q_{\text{душ. см}} n_{\text{смен}} \quad (12)$$

### 3.5. Расход воды на производственные нужды промышленных предприятий

Расход воды на производственные нужды,  $Q_{\text{произ}}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ :

$$Q_{\text{произ}} = nM, \quad (13)$$

где  $n$  — норма расхода воды на единицу выпускаемой продукции,  $\text{м}^3/\text{т}$  или  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $M$  — количество продукции за сутки, т или  $\text{м}^3$ .

Суммарный суточный расход воды для предприятия,  $Q_{\text{сумм}}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ , составит

$$Q_{\text{сумм}} = Q_{\text{сут. хоз. пит}} + Q_{\text{сут. душ}} + Q_{\text{произ}} \quad (14)$$

Предполагается, что  $Q_{\text{сумм}}$  расходуется предприятием из городской водопроводной сети равномерно в течение суток.

### 3.6. Расход воды на противопожарные нужды

Расход воды на пожар не входит в расчетную сумму суточного водопотребления города, но его значение необходимо знать для проверки сети водопровода на пропуск пожарного расхода воды в часы максимального водопотребления.

Расход воды на тушение пожара  $Q_{\text{пож}}$ ,  $\text{м}^3$ , равен

$$Q_{\text{пож}} = 3 \cdot 3,6 (n_{\text{нар}} q_{\text{нар}} + n_{\text{вн}} q_{\text{вн}}), \quad (15)$$

где 3 — продолжительность тушения пожара, ч;  $n_{\text{нар}}$  и  $q_{\text{нар}}$  — расчетное количество одновременных пожаров и расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на 1 пожар, л/с, принимается в зависимости от числа жителей и этажности застройки согласно табл. 5 [1]. В расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на предприятиях, расположенных в пределах населенного пункта;  $n_{\text{вн}}$  и  $q_{\text{вн}}$  — количество пожарных струй и расход воды на внутреннее пожаротушение общественных и жилых зданий. Принимаем  $n_{\text{вн}} = 2$ ,  $q_{\text{вн}} = 2,5$  л/с.

### 3.7. Составление суммарной таблицы водопотребления по часам суток и построение суммарного графика водопотребления и подачи воды насосами I и II

Все вычисленные расчетные расходы воды, кроме противопожарного, заносятся в суммарную таблицу водопотребления по часам суток (табл. 4).

Максимальные суточные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды населения для районов распределяются по часам суток в соответствии с  $K_{ч. макс.}$ , неучтенные расходы и расходы воды для предприятия — равномерно в течение суток, поливочные расходы — согласно принятому графику полива.

Таблица 4

Суммарное водопотребление по часам суток для районов города

| Часы<br>суток | Хоз.-питьевые<br>нужды<br>населения |                |    |                | Неучтенные<br>расходы, м <sup>3</sup> |    | Расход воды на<br>полив, м <sup>3</sup> |          |        |          | Промышленное<br>предприятие,<br>м <sup>3</sup> | Суммарный<br>расход |    |
|---------------|-------------------------------------|----------------|----|----------------|---------------------------------------|----|---|----------|--------|----------|--|---------------------|----|
|               | I                                   |                | II |                | I                                     | II | I                                       |          | II     |          |  | м <sup>3</sup>      | %  |
|               | %                                   | м <sup>3</sup> | %  | м <sup>3</sup> |                                       |    | Машины                                  | Дворники | Машины | Дворники |  |                     |    |
| 1             | 2                                   | 3              | 4  | 5              | 6                                     | 7  | 8                                       | 9        | 10     | 11       | 12   | 13                  | 14 |
|               |                                     |                |    |                |                                       |    |   |          |        |          |  |                     |    |

П р и м е ч а н и я.

1. При наличии в городе дополнительных районов с различной степенью благоустройства и нескольких предприятий в табл. 4 добавляется соответствующее количество граф.
2. Согласно гр.13 намечается час максимального водопотребления.
3. I и II — районы города.

На основании суммарного расхода воды в процентах (гр. 14, табл. 4) строят график водопотребления. Работа Н.Ст. I п. принимается равномерной в течение суток с подачей 4,17 % от  $Q_{сут. макс.}$ . Режим работы Н.Ст. II п. назначается одноступенчатым при достаточно равномерном водопотреблении или двухступенчатой — при значительных колебаниях расходов воды в течение суток.

Построение примерного графика водопотребления и подачи воды насосами представлено на рис. 1.

С 0 до 4 ч работает насос с подачей 2,5 %  $Q_{сут. макс.}$ , с 4 до 24 ч — с подачей 4,5 %  $Q_{сут. макс.}$ .



Рис. 1. Суммарный график водопотребления и подачи воды насосами I и II подъёмов



## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ И РАЗМЕРОВ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

### 4.1. Определение емкости и размеров бака водонапорной башни (ВБ)

Полный объем бака ВБ  $W_{\text{полн}}$ , м<sup>3</sup>, составит:

$$W_{\text{полн}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}, \quad (16)$$

где  $W_{\text{рег}}$  — регулирующая емкость, м<sup>3</sup>.

Для ее определения составляют таблицу поступления воды в бак и расхода ее из бака при совмещении графиков водопотребления и подачи воды насосами II подъема (табл. 5).

Таблица 5

**Определение регулирующей емкости бака ВБ, %**

| Часы<br>суток | Водопотреб-<br>ление<br>городом, % | Подача<br>насосами II<br>подъема, % | Поступление воды, % |         | Остаток воды<br>в баке, % |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------|---------------------------|
|               |                                    |                                     | в бак               | из бака |                           |
| 1             | 2                                  | 3                                   | 4                   | 5       | 6                         |
|               | 100 %                              |                                     | 100 %               |         |                           |

П р и м е ч а н и я:

1. Водопотребление и подача насосами II подъема должны составлять ровно по 100 %.
2. Поступление воды в бак (графа 4) должна равняться поступлению воды из бака (графа 5).
3. Наибольшая цифра графы 4 определяет час максимального транзита воды в бак ВБ.

В графу 1 заносят часовые промежутки от 0 до 24 ч, в графу 2 — суммарное водопотребление городом в процентах из графы 14 табл. 3, в графу 3 — подачу воды насосами II подъема согласно принятому графику их работы. Находят разность по величинам потребления и подачи воды, указанным в графах 2 и 3. Если величина подачи превышает водопотребление, то вода поступает в бак (графа 4). Если водопотребление больше подачи насосами, то вода поступает в сеть из бака (графа 5).

Заполнение графы 6 начинают с промежутка времени, когда бак ВБ окажется пустым. Этот промежуток времени назначается после длительного и интенсивного расхода воды из бака (графа 5). Остаток воды в баке после этого промежутка времени принимают равным нулю и записывают в графу 6. Затем, последовательно прибавляя цифры графы 4 и вычитая цифры графы 5, получают остаток воды в баке к концу каждого часового промежутка. Наибольшая цифра остатка воды в баке (графа 6) дает  $W_{\text{рег}}$  в % от  $Q_{\text{сут. макс}}$ .

Согласно § 19 [2]  $W_{\text{рег}}$  обычно составляет 2,5...6 %  $Q_{\text{сут. макс}}$  при ступенчатой работе и 8...15 % при равномерной работе насосов II подъема:

$$W_{\text{рег}} = \frac{\% \cdot Q_{\text{сут. макс}}}{100}. \quad (17)$$

$W_{\text{пож}}$  — пожарный объем воды в баке ВБ, м<sup>3</sup>, согласно п. 9.5. [1] рассчитывается на тушение одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин:

$$W_{\text{пож}} = \frac{10(q_{\text{нар}} + q_{\text{вн}})60}{1000}, \quad (18)$$

где  $q_{\text{нар}}$  и  $q_{\text{вн}}$  — принятые расходы воды на наружное и внутреннее пожаротушение соответственно, л/с.

По полученному значению полного объема бака ВБ  $W_{\text{полн}}$ , м<sup>3</sup>, можно определить диаметр  $D_{\text{б}}$  и высоту  $H_{\text{б}}$  бака, исходя из отношения  $H_{\text{б}}/D_{\text{б}} = 0,7$ , а  $H_{\text{б}} = 0,7 D_{\text{б}}$ .

Тогда из уравнения

$$W_{\text{полн}} = (\pi D_{\text{б}}^2/4) H_{\text{б}} = (0,785 D_{\text{б}})^2 0,7 D \quad (19)$$

получаем

$$W_{\text{полн}} = 0,55 D_{\text{б}}^3, \quad D_{\text{б}} = \sqrt[3]{W_{\text{полн}} / 0,55}.$$

Строительная высота бака,  $H_{\text{б. стр}}$ , м, будет равна:

$$H_{\text{б. стр}} = H_{\text{б}} + 0,25 + 0,2, \quad (20)$$

где 0,25 — величина, предусматривающая осадок в баке, м; 0,2 — величина превышения бортов бака над уровнем воды, м.

Строительный объем бака ВБ,  $W_{\text{стр}}$ , м<sup>3</sup>, определяется:

$$W_{\text{стр}} = (\pi D_{\text{б}}^2/4) H_{\text{б. стр}}. \quad (21)$$

В табл. 6 приведены основные данные типовых ВБ.

Таблица 6

Основные данные типовых ВБ

| Типовой проект | Число баков | Вместимость бака, м <sup>3</sup> | Высота расположения баков над поверхностью земли, м |
|----------------|-------------|----------------------------------|---|
| 4-48-664       | 3           | 100, 200, 300                    | 28, 32, 36  |
| 901-5-12/70    | 3           | 500                              | 41  |
| 901-5-26/70    | 3           | 300                              | 21, 24, 30, 36, 42                                  |
| 901-5-28/70    | 3           | 800                              | 24, 30, 36  |
| 901-5-14/70    | 3           | 15                               | 6, 9  |
| 901-5-9/70     | 3           | 150                              | 18, 24  |
| 901-5-20/70    | 3           | 12                               | 9, 12, 15, 18, 21                                   |
| 901-5-21/70    | 3           | 50                               | 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27                           |
| 901-5-22/70    | 3           | 100                              | 9, 12, 15, 18, 21, 24                               |
| 901-5-23/70    | 3           | 200                              | 9, 12, 15, 18, 21, 24                               |
| 901-5-24/70    | 3           | 300                              | 15, 18, 21, 24, 30                                  |
| 901-5-25/70    | 3           | 500                              | 15, 18, 21, 24, 30                                  |
| 901-5-13/70    | 3           | 15                               | 6, 9  |
| 901-5-15/70    | 3           | 25                               | 12  |
| 901-5-16/70    | 3           | 50                               | 18  |

## 4.2. Определение емкости резервуаров чистой воды (РЧВ)

Полная емкость РЧВ  $W_{\text{полн}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$W_{\text{полн}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}} + W_{\text{с.н.}}, \quad (22)$$

где  $W_{\text{рег}}$  — регулирующая емкость,  $\text{м}^3$ ;  $W_{\text{пож}}$  — пожарная емкость,  $\text{м}^3$ ;  $W_{\text{с.н.}}$  — емкость на собственные нужды ВОС,  $\text{м}^3$ .

$W_{\text{рег}}$  определяется по совмещенным графикам работы насосов I и II подъемов (см. рис. 1):

$$W_{\text{рег}} = \frac{(4,17 - a)bQ_{\text{сут. макс}}}{100}, \quad (23)$$

где 4,17 — подача воды насосами I подъема в час, %;  $a$  — первая ступень подачи воды насосами II подъема в час, % (при двухступенчатой их работе);  $b$  — время работы насосов II подъема первой ступени, ч;  $Q_{\text{сут. макс}}$  — максимальный суточный расход для всего объекта водоснабжения,  $\text{м}^3/\text{сут.}$

Пожарная емкость РЧВ  $W_{\text{пож}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$W_{\text{пож}} = 3Q_{\text{пож}} + 3Q_{\text{макс}} - 3Q_1, \quad (24)$$

где  $3Q_{\text{пож}}$  — трехчасовой расход воды на тушение пожара,  $\text{м}^3$ . Принимается согласно п. 3.6 пояснительной записки;  $3Q_{\text{макс}}$  — суммарный расход за 3 ч наибольшего водопотребления,  $\text{м}^3$ ;  $3Q_1$  — количество воды, подаваемое насосами I подъема, за 3 ч,  $\text{м}^3$ ,

$$3Q_1 = \frac{3Q_{\text{сут. макс}}}{24}. \quad (25)$$

Емкость на собственные нужды ВОС принимается согласно п. 6.6 [1] в размере 3...4 %  $Q_{\text{сут. макс}}$  при повторном использовании промывной воды и 10—14 %  $Q_{\text{сут. макс}}$  без повторного использования промывной воды.

В табл. 7 приведены технические характеристики прямоугольных железобетонных сборных резервуаров хозяйственно-питьевого водоснабжения с использованием стеновых панелей при толщине грунтовой засыпки покрытия 50 см.

Таблица 7

Основные данные типовых РЧВ

| № типового проекта | Объем, $\text{м}^3$ |          | Размеры, м |        |              |
|--------------------|---------------------|----------|------------|--------|--------------|
|                    | номинальный         | полезный | длина      | ширина | глубина воды |
| 901-4-64.83        | 50                  | 45       | 3          | 6      | 3,51         |
|                    | 150                 | 115      | 6          | 6      | 3,51         |
|                    | 200                 | 175      | 9          | 6      | 3,51         |
|                    | 250                 | 235      | 12         | 6      | 3,51         |
|                    | 300                 | 295      | 15         | 6      | 3,51         |
| 901-4-65.83        | 500                 | 480      | 12         | 12     | 3,51         |
|                    | 600                 | 600      | 15         | 12     | 3,51         |
|                    | 800                 | 720      | 18         | 12     | 3,51         |
|                    | 900                 | 840      | 21         | 12     | 3,51         |
|                    | 1000                | 840      | 21         | 12     | 3,51         |
|                    | 1200                | 1080     | 27         | 12     | 3,51         |
|                    | 1300                | 1200     | 30         | 12     | 3,51         |
|                    | 1400                | 1320     | 33         | 12     | 3,51         |

| № типового проекта | Объем, м <sup>3</sup> |          | Размеры, м |        |              |
|--------------------|-----------------------|----------|------------|--------|--------------|
|                    | номинальный           | полезный | длина      | ширина | глубина воды |
| 901-4-66.83        | 1600                  | 1460     | 18         | 18     | 4,72         |
|                    | 1800                  | 1710     | 21         | 18     | 4,72         |
|                    | 2000                  | 1960     | 24         | 18     | 4,72         |
|                    | 2400                  | 2210     | 27         | 18     | 4,72         |
|                    | 2600                  | 2460     | 30         | 18     | 4,72         |
| 901-4-67.83        | 2800                  | 2590     | 24         | 24     | 4,72         |
|                    | 3000                  | 2920     | 27         | 24     | 4,72         |
|                    | 3400                  | 3250     | 30         | 24     | 4,72         |
|                    | 3600                  | 3580     | 33         | 24     | 4,72         |
|                    | 4200                  | 3970     | 36         | 24     | 4,72         |
|                    | 4600                  | 4240     | 39         | 24     | 4,72         |
|                    | 9000                  | 8820     | 54         | 36     | 4,72         |
|                    | 10000                 | 9800     | 60         | 36     | 4,72         |
|                    | 11000                 | 10780    | 66         | 36     | 4,72         |
| 901-4-69.83        | 1300                  | 11770    | 48         | 54     | 4,72         |
|                    | 14000                 | 13240    | 54         | 54     | 4,72         |
|                    | 16000                 | 14710    | 60         | 54     | 4,72         |
|                    | 17000                 | 16180    | 66         | 54     | 4,72         |
|                    | 19000                 | 17650    | 72         | 54     | 4,72         |
|                    | 20000                 | 19120    | 78         | 54     | 4,72         |

## 5. ВЫБОР СИСТЕМЫ, СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТРАССИРОВКА ВОДОВОДНОЙ СЕТИ

В городах обычно устанавливают единую хозяйственно-питьевую-противопожарно-поливодную систему водоснабжения.

Эта же система подает воду для технических и хозяйственно-питьевых нужд промышленных предприятий, расположенных на территории города и которым требуются незначительные расходы воды.

Схему водопроводной сети следует принимать кольцевой. Она может быть без ВБ, с ВБ в начале сети и с контррезервуаром. Трубопроводы магистральных линий должны быть равномерно расположены по всей территории объекта водоснабжения. Магистральных линий должно быть не менее двух на расстоянии 400...600 м друг от друга. Через каждые 500...800 м магистрали должны соединяться перемычками. Водоснабжение населенных кварталов города осуществляется при помощи распределительной сети, состоящей из линий, проложенных по всем улицам и проездам города. Гидравлический расчет производится только для магистральных линий и перемычек; диаметры распределительных линий назначаются конструктивно.

ВБ должна располагаться на самой высокой точке местности, водозаборное сооружение с Н.Ст. I п. и площадка ВОС с Н.Ст. II п. — выше по течению реки.

Водоводы от Н.Ст. II п. и ВБ до сети должны прокладываться в две линии.

После трассировки водопроводную сеть разбивают на расчетные участки. Начало и конец каждого участка нумеруют (номер узла). Узлы сети намечают в точках подключения водоводов от Н.Ст. II п. и от ВБ, в местах отбора воды промышленными предприятиями (ПП) и в местах пересечений магистральных линий.

### **5.1. Выбор материала труб и определение глубины заложения водопроводной сети и водоводов**

Для устройства водопроводной сети и водоводов следует применять чугунные, стальные, железобетонные, асбестоцементные и полиэтиленовые трубы.

Выбор материала и класса прочности труб производится на основании п. 8.21 [1].

Глубина заложения труб  $H_{\text{зал}}$ , м, считая до низа, должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта.  $H_{\text{зал}}$  составит:

$$H_{\text{зал}} = H_{\text{пром}} + 0,5, \quad (26)$$

где  $H_{\text{пром}}$  — расчетная глубина промерзания грунта, м.

$H_{\text{пром}}$  принимается согласно заданию в зависимости от территориальной полосы РФ.

### **5.2. Подготовка сети к гидравлическому расчету**

#### **5.2.1. Выбор расчетных случаев работы сети**

При расположении ВБ в начале сети подготовка сети к гидравлическому расчету и гидравлический расчет сети выполняется для часа максимального водопотребления, проверочный расчет производится для часа максимального водопотребления + пожар.

Если ВБ расположена в противоположной от Н.Ст. II п. точке сети (система с контррезервуаром) или занимает промежуточное положение, кроме расчета на два указанных случая, сеть рассчитывают на пропуск максимального транзита воды в бак ВБ (час максимального транзита).

Час максимального водопотребления и час максимального транзита являются основными расчетными случаями, по ним подбирают диаметры труб. Расчет сети на пожар в час максимального водопотребления является проверочным при уже выбранных диаметрах труб.

При подготовке к гидравлическому расчету сети устанавливают:

длины расчетных участков для каждого из районов на основании трассировки водопроводной сети;

величины подачи воды Н.Ст. II п. в сеть  $Q_{\text{нас}}$  и потребления воды городом  $Q_{\text{гор}}$  в часы максимального водопотребления и максимального транзита согласно табл. 4 и 5;

величину подачи воды в сеть из ВБ в час максимального водопотребления:

$$Q_{\text{ВБ}} = Q_{\text{гор}} - Q_{\text{нас}};$$

величину подачи воды в бак ВБ в час максимального транзита:

$$Q_{\text{ВБ}} = Q_{\text{нас}} - Q_{\text{гор}}.$$

### 5.2.2. Определение удельных, путевых и узловых расходов

Удельный расход,  $q_{уд}$ , л/с·м, определяется по формуле

$$q_{уд} = \frac{Q_{сумм}}{\Sigma L}, \quad (27)$$

где  $Q_{сумм}$  — суммарный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения, полив улиц и зеленых насаждений и на нужды местной промышленности, л/с. Определяется  $Q_{сумм}$  отдельно для часа максимального водопотребления и часа максимального транзита для районов с различной степенью благоустройства, согласно табл. 4:

$$\begin{aligned} Q_{сумм\ I} &= (Q_{х-н\ I} + Q_{полив\ I} + Q_{н.р.\ I})/3,6; \\ Q_{сумм\ II} &= (Q_{х-н\ II} + Q_{полив\ II} + Q_{н.р.\ II})/3,6. \end{aligned} \quad (28)$$

$\Sigma L$  — сумма длин расчетных участков каждого из районов, м. В  $\Sigma L$  не включают водоводы от Н.Ст. II п. и ВБ до сети, а также транзитные линии, т. к. из них не производится равномерный отбор воды. Участки сети, находящиеся на границе двух районов, включаются в  $\Sigma L_I$  и  $\Sigma L_{II}$  пополам.

Удельный расход для районов с различной степенью благоустройства определяется отдельно, л/с · м:

$$\begin{aligned} q_{уд.\ I} &= \frac{Q_{сумм.\ I}}{\Sigma L_I}; \\ q_{уд.\ II} &= \frac{Q_{сумм.\ II}}{\Sigma L_{II}}. \end{aligned} \quad (29)$$

Расчетный расход воды для промышленного предприятия называется сосредоточенным,  $Q_{соср}$ , л/с, и его величина определяется согласно табл. 4 (гр. 12) для соответствующего расчетного случая.

Путевой расход,  $Q_{пут}$ , л/с, составит:

$$Q_{пут} = q_{уд} l_{участка}, \quad (30)$$

где  $l_{участка}$  — длина расчетного участка, м.

Сумма путевых расходов  $\Sigma Q_{пут}$  должна равняться  $Q_{сумм}$ .

Узловые расходы,  $Q_{узн}$ , л/с, составят:

$$Q_{узн} = \frac{\Sigma Q_{пут}}{2}, \quad (31)$$

где  $\Sigma Q_{пут}$  — сумма путевых расходов на участках, примыкающих к данному узлу, л/с.

Для определения путевых, узловых и суммарных расходов составляют табл. 8.

### Определение путевых, узловых и суммарных расходов, л/с

[illegible]

### 5.3. Предварительное распределение расходов и выбор диаметров труб

Для того чтобы определить диаметры труб, необходимо выполнить предварительное распределение расходов с учетом требований надежности. Параллельно работающие участки магистральных линий должны быть примерно одинаково загружены расходами воды. Путь движения воды от Н.Ст. II п. до ВБ и крупных водопотребителей должен быть наикратчайшим. Работу начинают с составления расчетной схемы, на которую проставляют величины подачи воды в сеть, узловые расходы и предварительное распределение потоков воды по участкам.

Примеры предварительного распределения расходов показаны на рис. 2, 3, 4.

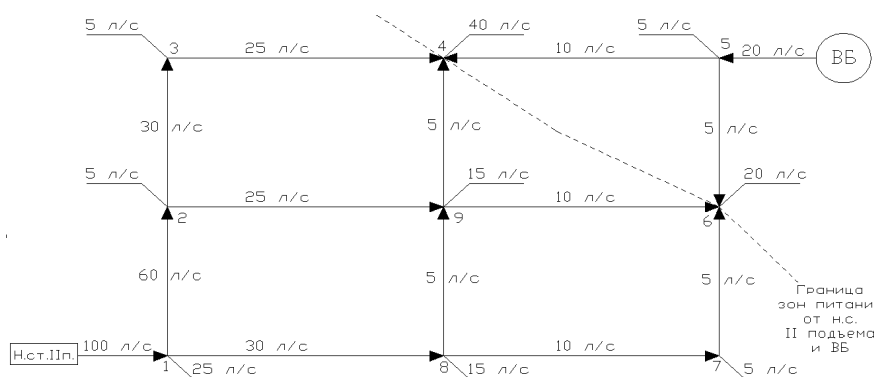


Рис. 2. Предварительное распределение расходов на случай максимального водопотребления

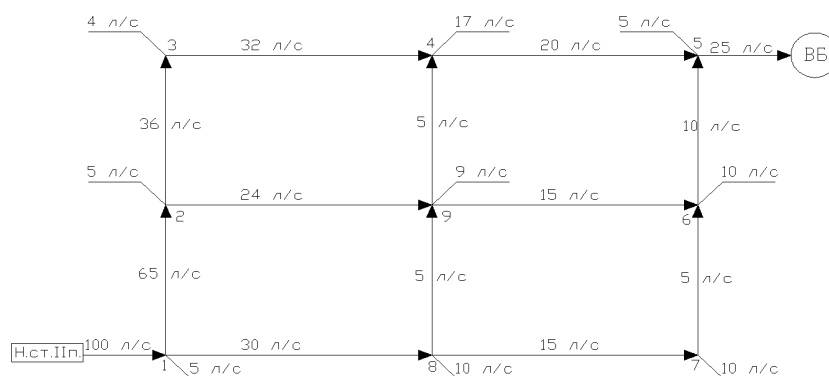


Рис. 3. Предварительное распределение расходов на случай максимального транзита

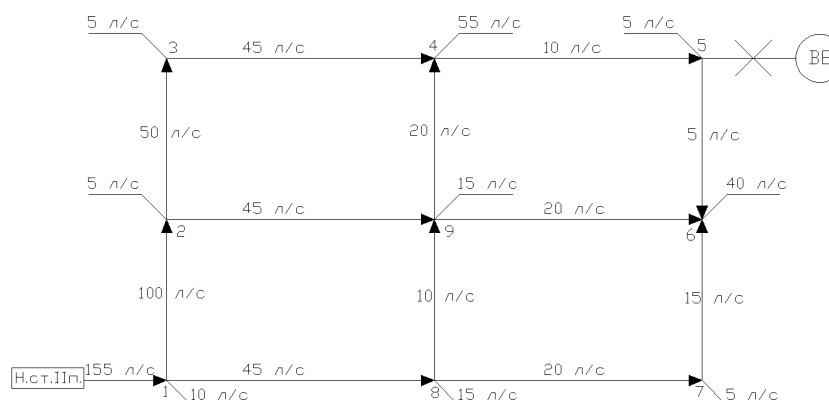


Рис. 4. Предварительное распределение расходов на случай максимального водопотребления + пожар

#### П р и м е ч а н и я.

1. Количество воды, приходящей в расчетную схему, должно равняться сумме отборов воды в узлах.
2. Количество воды, приходящей к узлу, должно равняться количеству воды, выходящей из узла.

Выбор диаметров труб производится на пропуск наибольшего расхода при предварительном распределении на случай максимального водопотребления и максимального транзита с учетом материала труб, экономического фактора Э по таблицам предельных экономических расходов (табл. 9.) При назначении избегать диаметров труб 125, 350 и 450 мм. Диаметры магистральных линий и перемычек должны быть более 100 мм.

Таблица 9

### Предельные экономические расходы

#### Стальные и чугунные трубы

| Условный<br>проход,<br>мм | Экономический фактор |           |           |          |           |           |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
|                           | Э = 0,5              |           | Э = 0,75  |          | Э = 1,0   |           |
|                           | Трубы                |           |           |          |           |           |
|                           | стальные             | чугунные  | стальные  | чугунные | стальные  | чугунные  |
| 100                       | 13,4/1,32            | 10,6/1,30 | 11,7/1,15 | 9,4/1,15 | 10,6/1,04 | 8,4/1,03  |
| 150                       | 25,0/1,28            | 28,3/1,56 | 21,8/1,12 | 25,3/1,4 | 19,8/1,02 | 22,4/1,23 |



Продолжение табл. 9

| Условный<br>проход,<br>мм | Экономический фактор |           |           |           |           |           |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | Э = 0,5              |           | Э = 0,75  |           | Э = 1,0   |           |
|                           | Трубы                |           |           |           |           |           |
|                           | стальные             | чугунные  | стальные  | чугунные  | стальные  | чугунные  |
| 200                       | 53,0/1,54            | 51,2/1,58 | 46,0/1,34 | 45,8/1,42 | 42,0/1,22 | 40,6/1,27 |
| 250                       | 82,0/1,54            | 82,2/1,63 | 71,0/1,34 | 73,5/1,46 | 65,0/1,22 | 65,3/1,29 |
| 300                       | 118/1,55             | 121/1,66  | 103/1,35  | 108/1,48  | 93,0/1,22 | 96,0/1,32 |
| 350                       | 161/1,56             | 167/1,71  | 140/1,35  | 149/1,53  | 128/1,24  | 132/1,35  |
| 400                       | 211/1,56             | 220/1,74  | 184/1,36  | 197/1,56  | 167/1,24  | 175/1,39  |
| 450                       | 268/1,57             | 286/1,79  | 234/1,37  | 254/1,59  | 213/1,26  | 227/1,42  |
| 500                       | 360/1,72             | 394/2,00  | 315/1,5   | 352/1,79  | 286/1,37  | 313/1,6   |
| 600                       | 507/1,70             | 581/2,05  | 443/1,49  | 518/1,83  | 402/1,36  | 461/1,63  |
| 700                       | 676/1,74             | 808/2,11  | 591/1,51  | 722/1,87  | 537/1,37  | 642/1,67  |
| 800                       | 888/1,75             | 1080/2,15 | 776/1,53  | 966/1,92  | 705/1,38  | 857/1,71  |
| 900                       | 1130/1,76            | 1396/2,19 | 987/1,54  | 1250/1,97 | 897/1,4   | 1110/1,75 |
| 1000                      | 1528/1,93            | 1930/2,46 | 1335/1,68 | 1725/2,2  | 1213/1,53 | 1532/1,96 |

*Асбестоцементные трубы*

| Условный проход,<br>мм | Экономический фактор |           |           |
|------------------------|----------------------|-----------|-----------|
|                        | Э = 0,5              | Э = 0,75  | Э = 1,0   |
| 100                    | 11,7/1,49            | 10,2/1,3  | 9,2/1,17  |
| 150                    | 25,4/1,63            | 22,1/1,42 | 19,9/1,28 |
| 200                    | 48,7/1,75            | 44/1,57   | 40,7/1,46 |
| 250                    | 78,2/1,8             | 71/1,64   | 65,3/1,5  |
| 300                    | 114/1,86             | 103/1,68  | 95,6/1,57 |
| 350                    | 160/1,96             | 144/1,77  | 133/1,63  |
| 400                    | 240/2,25             | 217/2,05  | 201/1,88  |
| 500                    | 791/4,84             | 689/4,22  | 623/3,82  |

*Железобетонные трубы*

| Условный проход,<br>мм | Экономический фактор |           |           |
|------------------------|----------------------|-----------|-----------|
|                        | Э = 0,5              | Э = 0,75  | Э = 1,0   |
| 500                    | 420/2,14             | 364/1,85  | 329/1,68  |
| 600                    | 485/1,72             | 420/1,49  | 380/1,34  |
| 700                    | 690/1,79             | 599/1,56  | 541/1,4   |
| 800                    | 933/1,86             | 809/1,61  | 731/1,45  |
| 900                    | 1215/1,91            | 1053/1,65 | 952/1,49  |
| 1000                   | 1665/2,12            | 1444/1,84 | 1305/1,66 |
| 1200                   | 2187/1,94            | 1896/1,68 | 1714/1,52 |
| 1400                   | 3111/2,02            | 2697/1,75 | 2438/1,59 |

*Полиэтиленовые трубы*

| Условный проход,<br>мм | Экономический фактор |           |           |
|------------------------|----------------------|-----------|-----------|
|                        | Э = 0,5              | Э = 0,75  | Э = 1,0   |
| 110                    | 8,8/1,38             | 7,6/1,19  | 6,9/1,08  |
| 140                    | 13,7/1,33            | 11,9/1,16 | 10,7/1,04 |
| 160                    | 18,2/1,36            | 15,7/1,17 | 14,2/1,06 |
| 180                    | 24,4/1,43            | 21,1/1,24 | 19,0/1,12 |
| 200                    | 32,4/1,54            | 28,0/1,33 | 25,2/1,2  |

| Условный проход,<br>мм | Экономический фактор |              |             |
|------------------------|----------------------|--------------|-------------|
|                        | $\Xi = 0,5$          | $\Xi = 0,75$ | $\Xi = 1,0$ |
| 225                    | 41,8/1,57            | 36,1/1,36    | 32,6/1,23   |
| 250                    | 55,4/1,69            | 47,9/1,46    | 43,2/1,32   |
| 280                    | 78,9/1,92            | 68,2/1,66    | 61,5/1,49   |
| 315                    | 105/1,71             | 90,4/1,47    | 81,5/1,33   |
| 355                    | 156/2,0              | 134/1,72     | 121/1,55    |
| 400                    | 208/2,10             | 180/1,82     | 162/1,64    |
| 450                    | 285/2,28             | 246/1,97     | 222/1,78    |
| 500                    | 378/2,26             | 326/1,95     | 294/1,76    |
| 560                    | 522/2,48             | 451/2,14     | 406/1,93    |
| 630                    | 1260/4,73            | 1089/4,08    | 982/3,68    |

П р и м е ч а н и е. В числителе — расход воды  $Q$ , л/с, в знаменателе — скорость движения воды  $v$ , м/с.

Выбор диаметров труб (с учетом рис. 2, 3) представлен в табл. 10.  
Материал труб: чугунные; экономический фактор  $\Xi = 0,75$ .

Таблица 10

#### Выбор диаметров труб

| Номера<br>участков | Предварительное распределение расходов, л/с |                               | Условный<br>проход, мм |
|--------------------|---|-------------------------------|------------------------|
|                    | Час максимального<br>водопотребления        | Час максимального<br>транзита |                        |
| 1—2                | 60  | 65                            | 250                    |
| 2—3                | 30  | 36                            | 200                    |
| 3—4                | 25  | 32                            | 200                    |
| 4—5                | 10  | 20                            | 150                    |
| 5—6                | 5   | 10                            | 150                    |
| 6—7                | 5   | 5                             | 150                    |
| 7—8                | 10  | 15                            | 150                    |
| 8—1                | 30  | 30                            | 200                    |
| 8—9                | 5   | 5                             | 150                    |
| 2—9                | 25  | 24                            | 200                    |
| 6—9                | 10  | 15                            | 150                    |
| 4—9                | 5   | 5                             | 150                    |

## 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Целью гидравлического расчета кольцевой водопроводной сети является определение действительного распределения расходов и потерь напора на участках сети. После назначения диаметров труб, определяют скорости движения воды и потери напора на участках сети, а также невязку потерь напора,  $\Delta h$  в м, в кольцах. Вычисленные потери напора используют затем для определения высоты ВБ и потребного напора насосов, питающих водопроводную сеть.

Потери напора при увязке кольцевых водопроводных сетей можно определять по формуле

$$h = Sq^2 = ALKq^2, \quad (32)$$

где  $S$  — полное гидравлическое сопротивление;  $A$  — удельное гидравлическое сопротивление, принимаемое по таблицам: для неновых стальных электросварных (ГОСТ 10704—91 и ГОСТ 8696—74) и чугунных труб (ГОСТ 9583—75\*) табл. 1.5 [5]; для асбестоцементных труб (ГОСТ 539—80\*) табл. 1.7 [5]; для железобетонных труб табл. 1.11 [4]; для полиэтиленовых труб (ГОСТ 18599—2001\*) табл. 1.14 [4];  $L$  — длина расчетного участка, м;  $K$  — поправочный коэффициент на скорость. Принимается в зависимости от скорости движения воды и составляет: для неновых стальных и чугунных труб согласно табл. 1.6 [4]; для асбестоцементных труб и железобетонных труб — табл. 1.9 [4]; для полиэтиленовых труб — табл. 1.15 [4]. Скорость движения воды принимается в зависимости от расхода воды и диаметра на расчетном участке согласно табл. II.2 — II.12 [4];  $q$  — расход воды на участке, л/с.

Потери напора при движении воды в кольце по часовой стрелке считаются условно положительными, против часовой стрелки — отрицательными.

В каждом кольце определяется невязка потерь напора,  $\Delta h$  в м, которая представляет собой алгебраическую сумму потерь напора в кольце.

Невязка потерь напора определяется по формуле

$$\Delta h = +\sum h + (-\sum h). \quad (33)$$

Допустимая  $\Delta h$  в кольце должна быть  $\leq \pm 0,5$  м, по контуру —  $\leq \pm 1,5$  м.

Если  $\Delta h > +0,5$  м, то перегружены участки, по которым вода движется по часовой стрелке, а участки с движением воды против часовой стрелки — недогружены.

Если  $\Delta h$  находится в недопустимых пределах, то перегружены участки, по которым вода движется против часовой стрелки, а участки с движением воды по часовой стрелке недогружены.

Для получения  $\Delta h$  в допустимых пределах выполняется перераспределение расходов путем пропуска по контуру кольца увязочного расхода  $\Delta q$ , л/с, в направлении, обратном знаку  $\Delta h$ . С перегруженных участков  $\Delta q$  отнимается, к недогруженным прибавляется. Это производится до тех пор, пока  $\Delta h$  получится в допустимых пределах.

Увязочный расход,  $\Delta q$  в л/с по методу В. Г. Лобачева определяется по формуле

$$\Delta q = \pm \frac{\Delta h}{2\sum Sq}, \quad (34)$$

где  $\Delta h$  — невязка потерь напора в кольце, м;  $S$  — полное гидравлическое сопротивление участка;  $q$  — расход воды на участке, л/с.

Гидравлический расчет водопроводной сети по методу В.Г. Лобачева ведется в табличной форме (табл. 11). Пример увязки сети данным методом приведен в табл. III.2 [2].

Таблица 11

Гидравлический расчет водопроводной сети по методу В. Г. Лобачева

| № колец | № уч-ов | Дли на уч-ка $L$ , м | Предварительное распределение расходов |          |           |     |     |           |                | 1 исправление    |           |      |                | 2 исправление    |           |      |                |
|---------|---------|----------------------|--|----------|-----------|-----|-----|-----------|----------------|------------------|-----------|------|----------------|------------------|-----------|------|----------------|
|         |         |                      | $q$ , л/с                              | $d$ , мм | $v$ , м/с | $K$ | $A$ | $S = ALK$ | $h = Sq^2$ , м | $\Delta q$ , л/с | $q$ , л/с | $Sq$ | $h = Sq^2$ , м | $\Delta q$ , л/с | $q$ , л/с | $Sq$ | $h = Sq^2$ , м |
| 1       | 2       | 3                    | 4                                      | 5        | 6         | 7   | 8   | 9         | 10             | 11               | 12        | 13   | 14             | 15               | 16        | 17   | 18             |
|         |         |                      |  |          |           |     |     |           |                |                  |           |      |                |                  |           |      |                |

## 7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОВОДОВ

Количество водоводов от Н.ст. II п. и от ВБ до сети должно быть не менее двух. Диаметр водоводов принимается по таблицам предельных экономических расходов с учетом материала труб, экономического фактора ( $\varepsilon$ ) и максимального расчетного расхода воды.

### 7.1. Расчет водоводов, соединяющих насосную станцию II подъема и ВБ с сетью

#### Н.ст. II п. — сеть

Для систем с контррезервуаром расчет ведется на три случая:

час максимального водопотребления;

максимального транзита;

максимального водопотребления + пожар.

Кроме того, для обеспечения надежности, выполняется проверочный расчет на случай выключения одного из водоводов или его участка во время аварии. При этом допускается снижение подачи расчетного расхода 30 %. Расчетные расходы воды, поступающие от Н.ст. II п. в сеть, принимаются согласно рис. 2, 3, 4.

#### ВБ — сеть

В зависимости от расположения ВБ водоводы рассчитывают:

на случай максимального водопотребления, если ВБ находится в начале сети;

на случай максимального водопотребления и максимального транзита, если система водоснабжения принята с контррезервуаром.

Расходы воды, поступающей из сети в ВБ и из ВБ в сеть, принимаются согласно рис. 2, 3.

Потери напора  $h$  составят:

$$h = iL, \text{ м}, \quad (35)$$

где  $i$  — гидравлический уклон, принимается в зависимости от материала и диаметра труб и расчетного расхода воды в водоводе по таблицам П.2 — П.14 [4];  $L$  — длина водовода, м.

**П р и м е р 1.** Определить потери напора в водоводе из чугунных труб  $\varnothing 400$  мм (ГОСТ 9583—75\*), длиной  $L = 810$  м при расходе воды по одному водоводу  $Q = 170$  л/с. По расчетной таблице П.3 [4] находим, что при этом расходе  $1000i = 6,33$ , скорость движения воды  $v = 1,34$  м/с.

$$h = (6,33 \cdot 810) / 1000 = 5,13 \text{ м.}$$

**П р и м е р 2.** Определить потери напора в водоводе из стальных электросварных труб  $\varnothing 400$  мм (ГОСТ 10704—91), длиной  $L = 750$  м при расходе воды по одному водоводу  $Q = 161$  л/с. По расчетной таблице П.2 [4] находим, что при этом расходе  $1000i = 4,94$ , скорость движения воды  $v = 1,21$  м/с.

$$h = (4,94 \cdot 750) / 1000 = 3,71 \text{ м.}$$

**П р и м е р 3.** Определить потери напора в водоводе из полиэтиленовых труб  $\varnothing 315$  мм (ГОСТ 18599—2001\*), длиной  $L = 650$  м при расходе воды по одному водоводу  $Q = 75$  л/с. По расчетной таблице П.12 [4] находим, что при этом расходе  $1000i = 4,82$ , скорость движения воды  $v = 1,24$  м/с.

$$h = (4,82 \cdot 650) / 1000 = 3,13 \text{ м.}$$

## 7.2. Определение свободных и пьезометрических напоров в узловых точках и построение пьезолиний

С учетом потерь напора на различных участках сети и водоводах, полученных в результате гидравлического расчета, определяют пьезометрические ( $H_{\text{пьеэ}}$ ) и свободные ( $H_{\text{св}}$ ) напоры в узловых точках. При этом за основное направление принимается путь движения воды от насосной станции II подъема до ВБ, включая критическую точку и точку пожара (система водоснабжения с контррезервуаром).

### Час максимального водопотребления

Расчет начинается с критической точки А, которая находится на границе зон питания от насосной станции II подъема и ВБ, имеет наивысшую геодезическую отметку и в которой требуется наибольший  $H_{\text{св}}$ . Задаемся величиной свободного напора в этой точке в зависимости от этажности застройки: 1 этаж — 10 м, на каждый последующий этаж прибавляется 4 м.

$H_{\text{пьеэ}}$  в этой точке определяется по формуле

$$H_{\text{пьеэ}}^A = H_{\text{св}}^A + Z_A, \quad (36)$$

где  $Z_A$  — геодезическая отметка критической точки А, м.

$H_{\text{пьеэ}}$  последующих точек (Б) (от критической до насосной станции II подъема и до ВБ) определяется с учетом направления движения воды и потерь напора на участке:

$$H_{\text{пьеэ}}^B = H_{\text{пьеэ}}^A \pm h_{A-B}, \quad (37)$$

где  $h_{A-B}$  — потери напора на участке, м.

Потери напора прибавляются, если  $H_{\text{пьеэ}}$  определяется в узле навстречу движению воды, и вычитаются, если  $H_{\text{пьеэ}}$  определяется в узле по ходу движения воды:

$$H_{\text{св}}^B = H_{\text{пьеэ}}^B - Z_B. \quad (38)$$

$H_{\text{св}}$  в точке, где расположена ВБ, будет являться высотой ВБ —  $H_{\text{ВБ}}$ , т. е. расположение низа бака ВБ над поверхностью земли. Таким образом определяют величины  $H_{\text{пьеэ}}$  и  $H_{\text{св}}$  в узловых точках, а также в точках, где расположены насосная станция II подъема и ВБ.

#### **Час максимального транзита**

Определение  $H_{\text{св}}$  и  $H_{\text{пьеэ}}$  начинается с точки, где расположена ВБ.

Величина  $H_{\text{св}}^{\text{ВБ}}$  определяется по формуле

$$H_{\text{св}}^{\text{ВБ}} = H_{\text{ВБ}} + H_{\text{б. стр}}, \quad (39)$$

где  $H_{\text{б. стр}}$  — строительная высота бака ВБ, м.

$H_{\text{пьеэ}}$  определяется по формуле

$$H_{\text{пьеэ}}^{\text{ВБ}} = H_{\text{св}}^{\text{ВБ}} + Z_{\text{ВБ}}, \quad (40)$$

где  $Z_{\text{ВБ}}$  — геодезическая отметка точки, где расположена ВБ, м.

Учитывая потери напора на участках в час максимального транзита и направление движения воды, определяются  $H_{\text{св}}$  и  $H_{\text{пьеэ}}$  в других точках от ВБ до насосной станции II подъема.

#### **Час максимального водопотребления + пожар**

Расчет начинается с точки, где может возникнуть пожар. Этой точкой является наиболее удаленная и высоко расположенная точка водопроводной сети. Задаемся величиной  $H_{\text{св}}^Z = 10$  м.

$H_{\text{пьеэ}}^B$  в этой точке определяется по формуле

$$H_{\text{пьеэ}}^B = H_{\text{св}}^B + Z_B, \quad (41)$$

где  $Z_B$  — геодезическая отметка точки пожара, м.

С учетом потерь напора на участках и направления движения воды в час максимального водопотребления + пожар, определяются  $H_{\text{св}}$  и  $H_{\text{пьеэ}}$  в точках от точки пожара до насосной станции II подъема. ВБ на случай пожара отключается.

На основании определенных  $H_{\text{св}}$  и  $H_{\text{пьеэ}}$  строятся пьезометрические линии на три расчетных случая.

### **7.3. Пример определения пьезометрических и свободных напоров в узловых точках водопроводной сети**

На рис. 5—7 представлены расчетные схемы водопроводной сети на три случая с указанием направления движения вод, потерь напора на участках и геодезических отметок. Определение  $H_{\text{пьеэ}}$  и  $H_{\text{св}}$  представлено в табл. 12.

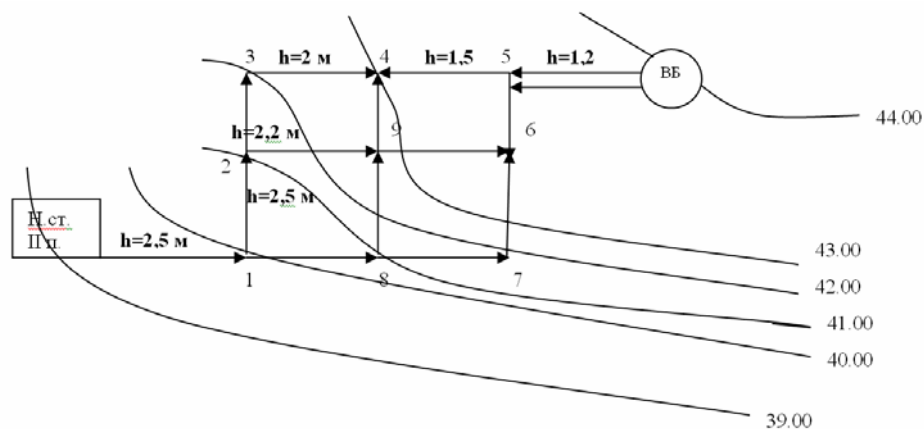


Рис. 5. Час максимального водопотребления

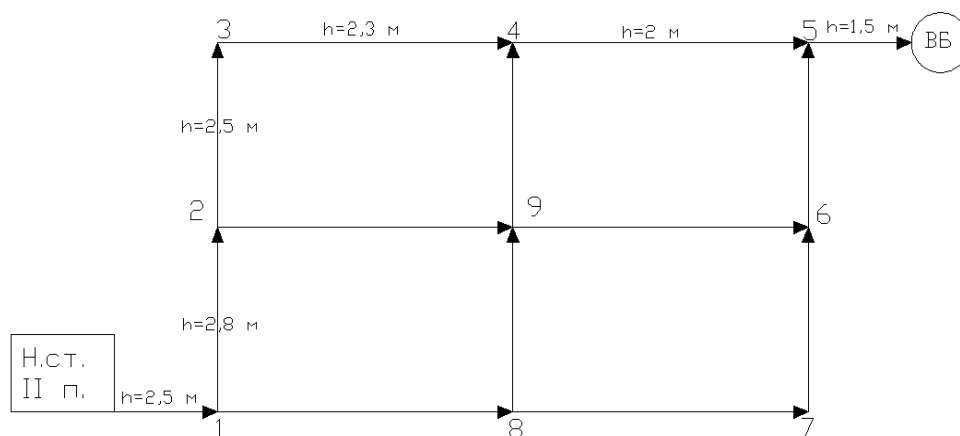


Рис. 6. Час максимального транзита

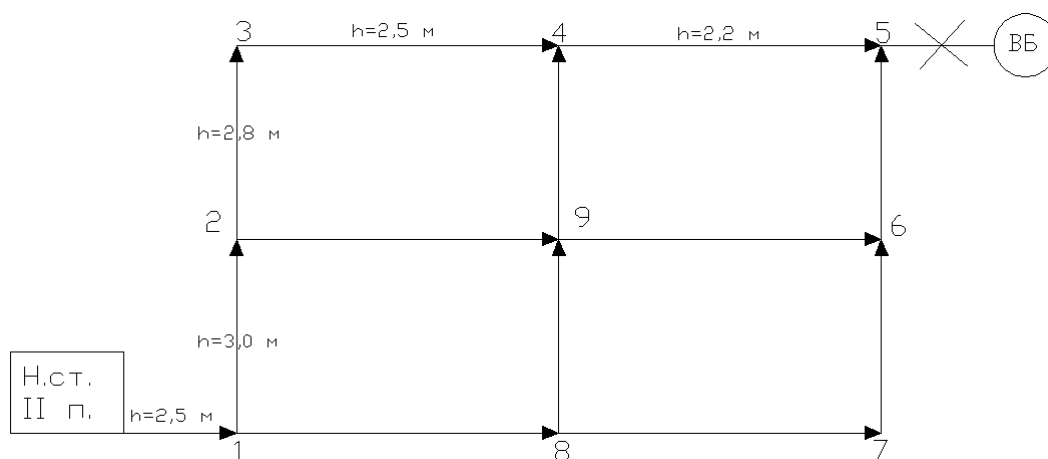


Рис. 7. Час максимального водопотребления + пожар

П р и м е ч а н и я.

1. Потери напора приняты из гидравлического расчета водопроводной сети и водоводов.
2. Узел 4 — критическая точка.
3. Узел 5 — точка пожара.
4. Этажность застройки — 4 эт.
5. Путь движения воды: Н. ст. П. п. — т.1 — т.2 — т.3 — т.4 — т.5 — ВБ.
6.  $H_{ВБ\text{ стр}} = 5,0 \text{ м.}$

**Определение пьезометрических и свободных напоров  
в узловых точках водопроводной сети**

| № узла        | Геодезическая отметка, м | Максимальное водопотребление |     |                 | Максимальный транзит |     |                 | Максимальное водопотребление + + пожар |     |                 |
|---------------|--------------------------|------------------------------|-----|-----------------|----------------------|-----|-----------------|--|-----|-----------------|
|               |                          | $H_{\text{пьеэ}}$            | $h$ | $H_{\text{св}}$ | $H_{\text{пьеэ}}$    | $h$ | $H_{\text{св}}$ | $H_{\text{пьеэ}}$                      | $h$ | $H_{\text{св}}$ |
| 1             | 2                        | 3                            | 4   | 5               | 6                    | 7   | 8               | 9                                      | 10  | 11              |
| ВБ            | 44,00                    | 67,70                        | —   | 23,70           | 72,70                | —   | 28,70           | —                                      | —   | —               |
| 5             | 43,50                    | 66,50                        | 1,2 | 23,00           | 74,20                | 1,5 | 30,70           | 53,50                                  | —   | 10,00           |
| 4             | 43,00                    | 65,00                        | 1,5 | 22,00           | 76,20                | 2,0 | 33,20           | 55,70                                  | 2,2 | 12,70           |
| 3             | 42,00                    | 67,00                        | 2,0 | 25,00           | 78,50                | 2,3 | 36,50           | 58,20                                  | 2,5 | 16,20           |
| 2             | 41,00                    | 69,20                        | 2,2 | 28,20           | 81,00                | 2,5 | 40,00           | 61,00                                  | 2,8 | 20,00           |
| 1             | 40,00                    | 71,70                        | 2,5 | 31,70           | 83,80                | 2,8 | 43,80           | 64,00                                  | 3,0 | 24,00           |
| Н.ст.<br>П.п. | 39,00                    | 74,20                        | 2,5 | 35,20           | 86,30                | 2,5 | 47,30           | 67,50                                  | 3,5 | 28,50           |

**Библиографический список**

1. СНИП 2.04.02.—84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. — М. : ОАО «ЦПП», 2008.
3. Сомов, М. А., Журба, М. Г. Водоснабжение. Том. 1. Системы забора, подачи и распределения воды : учеб. для вузов. — М. : АСВ, 2010.
2. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение : учеб. для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1982.
4. Шевелев, Ф. А., Шевелев, А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справ. пособие. — 8-е изд., перераб. и доп. — М. : ООО «Бастет», 2007.