

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО КУРСУ  
"ВОДОСНАБЖЕНИЕ"**

**РАЗДЕЛ I "Водопотребление города".**

**РАЗДЕЛ II "Свободные напоры в водопроводной сети"**

(для студентов дневной, заочной форм обучения,  
экстернов и иностранных студентов специальностей

6.092100 «Водоснабжение и водоотведение»,

6.092100 «Промышленное и гражданское строительство»,

6.092100 «Охрана труда в строительстве»

6.092100 «Техническое обслуживание ремонт и реконструкция зданий»,

6.092100 «Городское строительство и хозяйство»)

Методические указания к практическим занятиям по курсу "Водоснабжение". Раздел I. "Водопотребление города". Раздел II. "Свободные напоры в водопроводной сети" (для студентов дневной, заочной форм обучения, экстернов и иностранных студентов специальностей 6.092100 «Водоснабжение и водоотведение», 6.092100 «Промышленное и гражданское строительство», 6.092100 «Охрана труда в строительстве», 6.092100 «Техническое обслуживание ремонт и реконструкция зданий», 6.092100 «Городское строительство и хозяйство»)  
– Сост.: С.С. Душкин, Г.И. Благодарная. – Харьков: ХНАГХ, 2006. - 30 с.

Составители: С.С. Душкин,  
Г.И. Благодарная

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.А.Ткачев

Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,  
протокол №1 от 30.08.2006 г.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина "Водоснабжение" является одной из профилирующих дисциплин специальности 6.092100 "Водоснабжение и водоотведение" по направлению подготовки 0926 "Водные ресурсы" и специальной дисциплиной на специальностях 6.092100 "Промышленное и гражданское строительство", 6.092100 "Городское строительство и хозяйство". Комплексный характер этой дисциплины обуславливается наличием в водопроводных системах различных сооружений, обеспечивающих добычу воды из источника и подачу ее потребителю.

Строительство водопроводных сетей населенных мест и промышленных предприятий связано с большими затратами материалов и людских ресурсов, составляющими в некоторых случаях до 70-80% общих затрат на весь комплекс систем водоснабжения. Поэтому от расчета водопроводных сетей, конечная цель которого – определение оптимальных диаметров труб, в значительной степени зависит эффективность использования капитальных вложений в строительство водопровода.

В методических указаниях к практическим занятиям по курсу "Водоснабжение" представлены задачи, в которых определяются расходы воды для различных категорий потребителей и свободные напоры в водопроводной сети.

При решении задач, приведенных в данных методических указаниях, необходимо пользоваться соответствующими нормами проектирования, указанными в них.

Задачи могут быть использованы при выполнении курсового и дипломного проектирования, а также при выполнении расчетно-графических и контрольных работ.

### РАЗДЕЛ I. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ГОРОДА

*Нормой расхода воды* или *нормой водопотребления* называется количество воды, расходуемое данным потребителем за определенный промежуток времени, или количество воды, необходимое для производства единицы какой-нибудь продукции, - удельная норма водопотребления.

Потребление воды населением, предприятиями и разными другими потребителями происходит неравномерно как в течение года, так и в течение более коротких отрезков времени – суток и часов.

Неравномерность потребления воды характеризуется величиной так называемого *коэффициента неравномерности*. Неравномерность потребления воды в течение года учитывается величиной коэффициента суточной неравномерности ( $K_{сут}$ ), численно равного отношению

$$K_{сут} = \frac{Q_{\text{макс.сут.}}}{Q_{\text{ср.сут.}}}, \quad (1.1)$$

где  $Q_{\text{макс.сут.}}$  – максимальный суточный расход в году;

$Q_{\text{ср.сут.}}$  – средний суточный расход за год.

Неравномерность потребления воды в течение суток учитывается величиной коэффициента часовой неравномерности ( $K_{час}$ ), численно равного отношению

$$K_{час} = \frac{Q_{макс.час.}}{Q_{ср.час.}}, \quad (1.2)$$

где  $Q_{макс.час.}$  – максимальный часовой расход, наблюдаемый в течение суток;

$Q_{ср.час.}$  – средний часовой расход за сутки.

Нормы водопотребления и коэффициенты неравномерности расхода воды для разных категорий потребителей приведены в приложении 1.

Водопроводная сеть и все сооружения системы водоснабжения должны быть рассчитаны на количество воды, которое подается городу и промышленным предприятиям в течение суток при условии возможного наибольшего потребления под требуемым напором.

Различают такие характерные расходы воды, соответствующие основным категориям потребителей: на хозяйственно-питьевые нужды населения города; на коммунальные нужды города; для промышленных предприятий; на пожаротушение.

### **1.1. Определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города**

При установлении расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения необходимо определить количество населения города

$$N = F \cdot P, \quad (1.3)$$

где  $F$  - площадь части города с той или иной плотностью населения, га;

$P$  - плотность населения, чел./га.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города определяют по формуле

$$Q_{ср.сут.} = \frac{N \cdot q_{жс}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (1.4)$$

где  $q_{жс}$  - норма водопотребления;

$N$  - количество населения в городе, чел.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления

$$Q_{макс.сут.} = K_{макс.сут.} \cdot Q_{ср.сут.}, \quad (1.5)$$

$$Q_{мин.сут.} = K_{мин.сут.} \cdot Q_{ср.сут.}, \quad (1.6)$$

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам города и дням недели, необходимо принимать равным

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

$$Q_{макс.час.} = K_{макс.час.} \cdot \frac{Q_{макс.сут.}}{24}, \quad (1.7)$$

$$Q_{мин.час.} = K_{мин.час.} \cdot \frac{Q_{мин.сут.}}{24}, \quad (1.8)$$

$$K_{\text{макс.час.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}}, \quad (1.9)$$

$$K_{\text{мин.час.}} = \alpha_{\text{мин.}} \cdot \beta_{\text{мин.}}, \quad (1.10)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается:  
 $\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$ ;  $\alpha_{\text{мин.}} = 0,4 \div 0,6$ ;

$\beta$  - коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимаемый по [1] табл. 2 или по приложению 1, табл. 1.

Максимальный секундный расход воды

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.11)$$

## 1.2. Расходы воды на коммунальные нужды города

а) Расходы воды на поливку улиц и площадей.

Максимальный суточный расход

$$Q_{\text{макс.сут.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.12)$$

где  $F$  - площадь поливаемых улиц и площадей,  $\text{м}^2$ ;

$q$  - норма расхода воды на поливку, принимаемая в зависимости от типа покрытия и способа поливки [1] табл. 3 или табл. 2, приложение 1;

$n$  - число поливок, принимается в зависимости от режима поливки.

Средний часовой расход

$$Q_{\text{ср.час.}} = \frac{Q_{\text{макс.сут.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.13)$$

Максимальный часовой расход

$$Q_{\text{макс.час.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{ч.}} \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч.}, \quad (1.14)$$

где  $K_{\text{ч.}}$  - коэффициент часовой неравномерности расходования воды на поливку; величину его можно принимать для больших городов - 2,0, для малых и средних городов - 4,0.

Максимальный расход воды

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.15)$$

б) Расход воды на поливку зелёных насаждений.

Максимальный суточный расход

$$Q_{\text{макс.сут.}} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.16)$$

где  $F_3$  - площадь зелёных насаждений,  $\text{м}^2$ ;

$q_3$  - норма расхода воды на поливку, принимаемая по [1] табл. 3 или табл. 2, приложение 1;

$n$  - число поливок.

Средний часовой, максимальный часовой и максимальный секундный расходы определяют по формулам (1.13), (1.14), (1.15), приведенным выше.

### 1.3. Определение расхода воды для промышленных предприятий

Этот расход складывается из расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды, расхода воды на душевые и расхода воды на производственные нужды.

а) Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленного предприятия.

Максимальный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий определяется из выражения

$$Q_{\text{макс.сут.}} = (q_z \cdot n'_z + q_x \cdot n'_x) + (q_z \cdot n''_z + q_x \cdot n''_x) + (q_z \cdot n'''_z + q_x \cdot n'''_x), \text{ л}, \quad (1.17)$$

где  $q_z$  и  $q_x$  - соответственно нормы водопотребления на одного рабочего (л в смену) в цехах со значительными тепловыделениями (в горячих цехах) и в остальных цехах (холодных цехах), равные:  $q_z = 45$  л и  $q_x = 25$  л;

$n'_z$ ,  $n''_z$  и  $n'''_z$  - количество рабочих в первой, второй и третьей сменах, работающих на предприятии в горячих цехах;

$n'_x$ ,  $n''_x$  и  $n'''_x$  - количество рабочих в первой, второй и третьей сменах, работающих на предприятии в холодных цехах;

Подставляя  $q_z = 45$  л и  $q_x = 25$  л в предыдущее равенство (1.17) и выражая расход в  $\text{м}^3$ , получим

$$Q_{\text{макс.сут.}} = [0,045 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,025 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (1.18)$$

Количество рабочих в каждой смене и распределение их по горячим и холодным цехам принимается по данным предприятий или на основании имеющихся проектов этих предприятий. При отсутствии тех или других данных, но известном количестве рабочих можно принять следующее распределение работающих по сменам:

I смена - 40-45% всего количества работающих;

II и III смена - 30-35% всего количества работающих.

Распределение количества работающих в горячих и холодных цехах принимают в зависимости от характера технологического процесса предприятий.

Расход воды по отдельным сменам определяется по формулам

$$\text{I смена } Q'_{\text{см}} = (0,045 \cdot n'_z + 0,025 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.19)$$

$$\text{II смена } Q''_{\text{см}} = (0,045 \cdot n''_z + 0,025 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.20)$$

$$\text{III смена } Q'''_{\text{см}} = (0,045 \cdot n'''_z + 0,025 \cdot n'''_x), \text{ м}^3 \quad (1.21)$$

Нормы расхода и коэффициенты неравномерности потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды промпредприятий относятся к работе одной смены, поэтому максимальный часовой расход воды надлежит вычислить для всех смен.

Величины максимальных часовых расходов для отдельных смен вычисляются по формулам

$$\text{I смена } Q_{\text{макс.час.}} = \frac{0,045 \cdot n'_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'_x \cdot K_x}{t_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (1.22)$$

$$\text{II смена } Q_{\text{макс.час.}} = \frac{0,045 \cdot n''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n''_x \cdot K_x}{t_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (1.23)$$

$$\text{III смена } Q_{\text{макс.час.}} = \frac{0,045 \cdot n_2''' \cdot K_2 + 0,025 \cdot n_x''' \cdot K_x}{t_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.24)$$

где  $K_2$  и  $K_x$  - коэффициенты часовой неравномерности соответственно в горячих и холодных цехах согласно [1] п. 2.4,  $K_2=2,5$ ,  $K_x=3$ ;

$t_{\text{см}}$  - продолжительность рабочей смены в часах.

Максимальный секундный расход воды

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.25)$$

б) *Расход воды на душевую на предприятии.*

Расход воды на душ зависит от количества рабочих и служащих, принимающих душ в каждой смене, и характера производства [2].

Максимальный суточный расход воды на душевые

$$Q_{\text{макс.сут.}} = [q_2'(n_2' + n_2'' + n_2''') + q_x'(n_x' + n_x'' + n_x''')], \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.26)$$

где  $n_2'$ ,  $n_2''$ ,  $n_2'''$  - количество рабочих, работающих с повышенной степенью вредности или загрязненности соответственно в горячих цехах в первой, второй и третьей сменах;

$n_x'$ ,  $n_x''$ ,  $n_x'''$  - количество рабочих, принимающих души в остальных цехах соответственно в первой, второй и третьей сменах;

$q_2'$  и  $q_x'$  - нормы расхода воды на один душ соответственно в цехах с повышенной степенью вредности или загрязненности и в остальных цехах.

Согласно нормам [2]  $q_2' = 45$  л и  $q_x' = 25$  л. Подставляя эти величины в предыдущее равенство и выражая расход в  $\text{м}^3$ , получим

$$Q_{\text{макс.сут.}} = [0,45 \cdot (n_2' + n_2'' + n_2''') + 0,25 \cdot (n_x' + n_x'' + n_x''')], \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (1.27)$$

Расход воды на души для отдельных смен определяется по формулам:

$$\text{I смена } Q'_{\text{см}} = (0,45 \cdot n_2' + 0,25 \cdot n_x'), \text{ м}^3; \quad (1.28)$$

$$\text{II смена } Q''_{\text{см}} = (0,45 \cdot n_2'' + 0,25 \cdot n_x''), \text{ м}^3; \quad (1.29)$$

$$\text{III смена } Q'''_{\text{см}} = (0,45 \cdot n_2''' + 0,25 \cdot n_x'''), \text{ м}^3. \quad (1.30)$$

Расход воды на прием душа (из расчета  $q_{\text{д.с.}} = 500$  л в сутки, продолжительность пользования душем  $t_{\text{д}} = 45$  мин) после окончания смены рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{душ.см.}} = \frac{N_i \cdot q_{\text{д.с.}} \cdot t_{\text{д}}}{n_i \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.31)$$

где  $N_i$  - количество работающих, пользующихся душем в смену, с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса;

$n_i$  - расчетное количество человек на одну душевую сетку в цехах с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса принимается по табл. 3 (приложение 1).

Максимальный часовой расход воды

$$Q_{\text{макс.час.}} = \frac{Q'_{\text{см}}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.32)$$

где  $Q'_{\text{см}} = (0,45 \cdot n_2' + 0,25 \cdot n_x')$ ,  $\text{м}^3$  - расход воды на душевую в I смену;

0,45 и 0,25 - соответственно нормы расхода на один душ в горячих и холодных цехах, м<sup>3</sup>.

Максимальный секундный расход воды на душевые

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.33)$$

в) *Расход воды на производственные нужды промпредприятия.*

Расход воды на производственные нужды промпредприятий определяется по количеству выпускаемой продукции и удельному расходу на единицу продукции.

Максимальный суточный расход воды предприятий на производственные нужды

$$Q_{\text{макс.сут.}} = P \cdot q_{\text{уд}}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.34)$$

где  $P$  - суточная продукция предприятия;

$q_{\text{уд}}$  - средний удельный расход на производство единицы продукции, м<sup>3</sup>.

При отсутствии данных о расходах воды на производственные нужды по отдельным сменам потребление воды принимается равным в течение всего времени работы предприятия.

Максимальный часовой расход при этом равен

$$Q_{\text{макс.час.}} = \frac{Q_{\text{макс.сут.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.35)$$

где  $t$  - продолжительность работы предприятия в течение суток, ч.

Максимальный секундный расход воды на производственные нужды

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.36)$$

#### **1.4. Расход воды на пожаротушение**

Расчётный расход на наружное пожаротушение зависит от размеров населённого пункта, этажности здания и степени их огнестойкости, размеров производственных зданий, категорий производств и других факторов. Нормами противопожарного проектирования устанавливаются величины необходимых секундных расходов для тушения пожаров в населенных местах и на промышленных предприятиях, а также количество одновременных пожаров. Таким образом, максимальный секундный расход воды на тушение пожаров определяется как произведение расчетного секундного расхода, необходимого для тушения одного пожара, на число пожаров

$$Q_{\text{пож}}^c = (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с}, \quad (1.37)$$

где  $q_{\text{пож}}$  - расчётный расход воды на тушение одного наружного пожара принимается для населенных пунктов по табл. 5 [1], а для промышленных предприятий – по табл. 7[1], л/с;

$q'_{\text{пож}}$  - расчётный расход воды на одну струю для внутреннего пожаротушения принимается по табл. 1 [2], л/с;

$n$  - число струй принимается по табл. 1 [2].

Продолжительность пожара в населенных местах и на предприятиях нормами установлена  $t_n=3$  ч. Исходя из этого, полный расход воды на тушение пожара может быть определён по формуле



$$Q'_{\text{пож}} = m \cdot (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с}, \quad (1.38)$$

где  $m$  - расчетное количество одновременных пожаров принимается для населенного пункта по табл. 6 [1], а для промышленного предприятия – в зависимости от занимаемой им площади: один пожар при площади до 150 га, два пожара – более 150 га.

$$Q_{\text{пож}}^n = 10,8 \cdot Q'_{\text{пож}}, \text{ м}^3. \quad (1.39)$$

Полный расход воды на тушение пожара за 3 часа

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}, \text{ м}^3, \quad (1.40)$$

где  $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$  - расход воды на пожаротушение для населенного пункта,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$  - расход воды, необходимый для тушения пожара на предприятии,  $\text{м}^3$ .

Расход воды на пожаротушение за 1 час

$$Q_{\text{час.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (1.41)$$

Секундный расход воды на пожаротушение

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6} \text{ л/с}. \quad (1.42)$$

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗДЕЛУ I

**Пример 1.** Определить расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды жителей города с плотностью населения  $P = 160$  чел/га и площадью жилой застройки – 1000 га. Здания оборудованы внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением. Город расположен на северо-востоке Украины.

*Решение.* Исходя из природно-климатических условий и степени благоустройства города по табл. 1 (приложение 1), принимаем норму хозяйственно-питьевого водопотребления на одного жителя равной 290 л/сут.

При определении расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города необходимо определить количество населения города по отношению (1.3):

$$N = 1000 \cdot 160 = 160000 \text{ чел.}$$

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города в  $\text{м}^3/\text{сут}$ . В формулу (1.4) подставляем числа и получаем

$$Q_{\text{макс.сут.}} = \frac{160000 \cdot 290}{1000} = 46400 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления находим по формулам (1.5) и (1.6)

$$Q_{\text{макс.сут.}} = 1,1 \cdot 46400 = 51040 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{\text{мин.сут.}} = 0,7 \cdot 46400 = 32480 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные часовые расходы воды определяем по формулам (1.7), (1.8) с учетом формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{час.макс.}} = 1,2 \cdot 1,05 \cdot \frac{51040}{24} = 1,26 \cdot \frac{51040}{24} = 2679,6, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{\text{час.мин.}} = 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{32480}{24} = 0,34 \cdot \frac{32480}{24} = 460,13 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Коэффициент, учитывающий количество жителей в городе,  $\beta$  принимаем по табл. 4 [1].

Максимальный секундный расход воды, рассчитываем по формуле (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{2679,6}{3,6} = 744,3 \text{ л/с.}$$

**Пример 2.** Площадь жилой застройки города составляет 500 га. Расчетная плотность населения – 180 га. Расход воды на хозяйственно-питьевое водопотребление – 250 л/чел. в сутки среднего водопотребления. Коэффициент суточной неравномерности водопотребления  $K_{\text{сут}} = 1,2$ . Определить расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды жителей города.

*Решение.* При определении расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города необходимо определить количество населения города по отношению (1.3)

$$N = 180 \cdot 500 = 90000 \text{ чел.}$$

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города. В формулу (1.4) подставляем числа и получаем

$$Q_{\text{макс.сут.}} = \frac{90000 \cdot 250}{1000} = 22500 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления находим по формулам (1.5) и (1.6)

$$Q_{\text{макс.сут.}} = 1,2 \cdot 22500 = 27000 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$Q_{\text{мин.сут.}} = 0,8 \cdot 22500 = 18000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные часовые расходы воды определяем по формулам (1.7), (1.8) с учетом формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{час.макс.}} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{27000}{24} = 1,43 \cdot \frac{27000}{24} = 1608,75 \text{ , м}^3/\text{ч.};$$

$$Q_{\text{час.мин.}} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{18000}{24} = 0,35 \cdot \frac{18000}{24} = 262,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Коэффициент, учитывающий количество жителей в городе,  $\beta$  принимаем по табл. 4 [1] или табл. 1, приложение 1.

Максимальный секундный расход воды рассчитываем по формуле (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{1608,75}{3,6} = 446,88 \text{ л/с.}$$

**Пример 3.** Определить суточный расход воды на поливку покрытий и зеленых насаждений города при площади покрытий  $F_n = 800000 \text{ м}^2$  и площади зеленых насаждений  $F_z = 904358 \text{ м}^2$ . Число поливок в сутки  $n$  принять равным двум.

*Решение.* Суточный расход воды на поливку покрытий и насаждений города

$$Q_n = \frac{F_n \cdot q_n \cdot n}{1000} + \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000} = \frac{800000 \cdot 0,4 \cdot 2}{1000} + \frac{904358 \cdot 4 \cdot 2}{1000} = 7874,9 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Норма расхода воды на поливку  $q_n$  и  $q_3$  в л/м<sup>2</sup> принимается в зависимости от типа покрытия территории, способа ее полива вида насаждений, климатических и других местных условий по табл. 6 [1].

**Пример 4.** Определить суточный расход воды на поливку покрытий и зеленых насаждений города с населением  $N = 160000$  жителей, приняв поливочный расход воды в пересчете на одного жителя  $q$  равным 50 л/сут.

*Решение.* Суточный расход воды на поливку покрытий и насаждений города

$$Q_{n.сут} = q \cdot N = 50 \cdot 160000 = 8000000 \text{ л/сут} = 8000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Пример 5.** Определить вместимость бани и расход воды в ней для города с населением  $N = 160000$  жителей, приняв норму водопотребления согласно приложению 3 [2] равной  $q_{\bar{o}} = 180$  л/сут.

*Решение.* Количество мест в бане  $n_{\bar{o}}$  определяется из расчета 7 мест на 1000 жителей (с учетом перспективы повышения степени благоустройства оно может быть снижено до 5). В городах и поселках, обеспеченных благоустроенным жилым фондом, нормы вместимости бань следует уменьшать до 3 мест на 1000 человек, тогда вместимость бани

$$n_{\bar{o}} = \frac{3 \cdot N}{1000} = \frac{3 \cdot 160000}{1000} = 480 \text{ мест.}$$

Вместимость бань может быть принята равной 50, 100, 200 и 300 мест. Приняв две бани вместимостью  $n_{\bar{o}1} = 200$  мест и  $n_{\bar{o}2} = 300$  мест, определим их суточное водопотребление

$$Q_{\bar{o}.сут.} = \frac{(n_{\bar{o}1} + n_{\bar{o}2}) \cdot q_{\bar{o}} \cdot t_{\bar{o}}}{1000} = \frac{(200 + 300) \cdot 180 \cdot 16}{1000} = 1440 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Продолжительность работы бани принимается обычно равной  $t_{\bar{o}} = 16$  ч (с 7 до 23 ч).

Часовой расход воды в бане

$$q_{\bar{o}.ч.} = \frac{Q_{\bar{o}.сут.} \cdot K_{\bar{o}}}{t_{\bar{o}}} = \frac{1440 \cdot 1}{16} = 90 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления в бане принимается равным  $K_{\bar{o}} = 1$ .

**Пример 6.** Определить общее количество белья, поступающего в прачечную за одну смену, и расход воды в прачечной, приняв норму расхода воды на I кг сухого белья равной  $q_{np} = 75$  л (табл. 2 [2]).

*Решение.* Количество белья, поступающего в прачечную за одну смену ( $t_{см} = 8$  ч) от 1000 жителей, принимается равным  $q_{np} = 100$  кг. Общее количество белья, поступающего в прачечную за одну смену

$$G_{np} = \frac{q_{np} \cdot N}{1000} = \frac{100 \cdot 160000}{1000} = 16000 \text{ кг.}$$

В соответствии с [2] прачечные следует проектировать производительностью 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 75000, 10000 кг и более белья в смену. Обычно работа в прачечной производится в две смены  $n_{см} = 2$  (с 7 до 23 ч).

Принимаем производительность прачечной 17500 кг белья в смену, тогда суточное водопотребление прачечной составит

$$Q_{пр.сут.} = \frac{G_{пр.} \cdot n_{см.} \cdot q_{пр.}}{1000} = \frac{17500 \cdot 2 \cdot 75}{1000} = 2625 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Часовой расход воды в прачечной

$$q_{пр.} = \frac{Q_{пр.сут.} \cdot K_{пр.}}{n_{см.} \cdot t_{см.}} = \frac{2625 \cdot 1}{2 \cdot 8} = 164,06 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления в прачечной  $K_{пр} = 1$ .

**Пример 7.** Определить количество коек и расход воды в больнице, приняв норму водопотребления, отнесенной к одной койке и равной  $q_{бол.} = 250$  л/сут.

*Решение.* Количество коек в больнице  $n_{бол.}$  определяется из расчета 12 коек на 1000 жителей

$$n_{бол.} = \frac{12 \cdot N}{1000} = \frac{12 \cdot 160000}{1000} = 1920 \text{ коек.}$$

Приняв число коек в больнице равным 2000, определяем суточное водопотребление больницы

$$Q_{бол.сут.} = \frac{q_{бол.} \cdot n_{бол.}}{1000} = \frac{250 \cdot 2000}{1000} = 500 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Пример 8.** Определить количество мест в гостинице и суточное водопотребление гостиницы, приняв норму суточного водопотребления на одного постояльца  $q_2 = 300$  л (табл. 2 [2]).

*Решение.* Количество мест в гостинице  $n_2$  определяется из расчета 6 мест на 1000 жителей

$$n_2 = \frac{6 \cdot N}{1000} = \frac{6 \cdot 160000}{1000} = 960 \text{ мест.}$$

Суточное водопотребление гостиницы равно

$$Q_{2.сут.} = \frac{q_2 \cdot n_2}{1000} = \frac{300 \cdot 960}{1000} = 288 \text{ мест.}$$

**Пример 9.** Определить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на промышленном предприятии. Количество рабочих на предприятии составляет 6680 человек. В горячих цехах работают 880 человек, из них: на I смене – 350; на II - 280, на III - 250. В холодных цехах работают 5800 человек, из них: на I смене - 2150; на II - 1960, на III - 1750.

*Решение.* Исходя из норм расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях (табл. 7 [1]), определяем сменные расходы воды отдельно в цехах с тепловыделением более 20 ккал. на I м<sup>3</sup> (горячие цеха)  $Q_{г.ц.}^{см.}$  и в остальных цехах (холодные цеха)  $Q_{х.ц.}^{см.}$

$$Q_{г.ц.}^{см.} = 0,001 \cdot 45 \cdot 350 = 15,75 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$Q_{2.ц.}^{II см} = 0,001 \cdot 45 \cdot 280 = 12,60 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$Q_{2.ц.}^{III см} = 0,001 \cdot 45 \cdot 250 = 11,25 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$\sum Q_{2.ц.} = 39,60 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{х.ц.}^{I см} = 0,001 \cdot 25 \cdot 2150 = 53,75 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$Q_{х.ц.}^{II см} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1900 = 47,50 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$Q_{х.ц.}^{III см} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1750 = 43,75 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$\sum Q_{2.ц.} = 145 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Пример 10.** Пользуясь исходными данными предыдущего примера, определить расход воды на нужды душевых, имея в виду, что производственный процесс в горячих цехах вызывает загрязнение одежды и рук, а в холодных цехах не вызывает такого загрязнения. В горячих цехах душем пользуются 70% рабочих, а в холодных - 20%.

*Решение.* В горячих цехах пользуются душем по сменам

$$\text{I смена} - 350 \cdot 0,7 = 245 \text{ чел.};$$

$$\text{II смена} - 280 \cdot 0,7 = 196 \text{ чел.};$$

$$\text{III смена} - 250 \cdot 0,7 = 175 \text{ чел.}$$

В холодных цехах пользуются душем по сменам

$$\text{I смена} - 2160 \cdot 0,2 = 430 \text{ чел.};$$

$$\text{II смена} - 1900 \cdot 0,2 = 380 \text{ чел.};$$

$$\text{III смена} - 1750 \cdot 0,2 = 350 \text{ чел.}$$

Исходя из нормы расхода воды на одну душевую сетку  $q_{д.с.} = 500$  л/ч и продолжительности пользования душем  $t_{д.} = 45$  мин. после окончания смены, сменный расход воды на предприятии для душевых в  $\text{м}^3$  может быть определен из выражения

$$Q_{душ.}^{см} = \frac{0,001 \cdot q_{д.с.} \cdot t_{д.} \cdot N_i}{n_i},$$

где  $N_i$  - количество работающих, пользующихся душем в смену, с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса;

$n_i$  - расчетное количество человек на одну душевую сетку в цехах с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса (табл. 8 [1]).

В цехах, вызывающих загрязнение одежды и рук,

$$Q_{душ.}^{I см} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 245}{7} = 13,13 \text{ м}^3/\text{см.};$$

$$Q_{душ.}^{II см} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 196}{7} = 10,50 \text{ м}^3/\text{см.};$$

$$Q_{душ.}^{III см} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 175}{7} = 9,38 \text{ м}^3/\text{см.}.$$

$$\sum Q_{душ.} = 33,01 \text{ м}^3/\text{см.}$$

В цехах, не вызывающих загрязнение одежды и рук,

$$Q_{дуи}^{Iсм} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 430}{15} = 10,75 \text{ м}^3/\text{см.};$$

$$Q_{дуи}^{IIсм} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 380}{15} = 9,50 \text{ м}^3/\text{см.};$$

$$Q_{дуи}^{IIIсм} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 350}{15} = 8,75 \text{ м}^3/\text{см.}.$$

$$\sum Q_{дуи} = 29,00 \text{ м}^3/\text{см.}$$

**Пример 11.** Определить максимальный секундный расход воды для производственных целей для тракторного завода, суточная продукция которого составляет 100 тракторов, работа в 3 смены, удельный расход воды для производства одного трактора  $45 \text{ м}^3$ .

*Решение.* Максимальный суточный расход предприятия на производственные нужды определяем по формуле (1.34).

Так как средний удельный расход воды для производства одного трактора  $45 \text{ м}^3$ , следовательно, суточный расход будет

$$Q_{\text{макс.сут}} = 100 \cdot 45 = 4500 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Принимая расход воды на производственные нужды равномерным в течение суток, максимальный часовой расход определяется по формуле (1.35) и равен

$$Q_{\text{макс.час}} = \frac{4500}{24} = 187,5 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Максимальный секундный расход

$$Q_{\text{макс.сек}} = \frac{187,5}{3,6} = 52,1 \text{ л/сек.}$$

**Пример 12.** Определить расчетный расход воды для тушения пожара в населенном пункте и на промышленном предприятии, имеющих общий противопожарный водопровод, при следующих исходных данных:

1. Численность населения города - 160000 человек;
2. Этажность зданий - 5;
3. Площадь территории промышленного предприятия - 60 га;
4. Объем наибольшего здания (цеха) предприятия -  $60 \text{ тыс.м}^3$ ;
5. Категория производства по пожарной опасности - Б;
6. Степень огнестойкости зданий - II.

*Решение.* Расчетный расход воды для тушения пожаров в населенном пункте и на промышленном предприятии можно определить по формуле (1.37).

Расчетный расход воды на тушение пожара в населенном пункте

$$Q_{\text{пож}}^2 = 3 \cdot (40 + 2 \cdot 2,5) = 135 \text{ л/с.}$$

Расчетный расход воды на тушение пожара на промышленном предприятии составит

$$Q_{\text{пож}}^{н.пр.} = 1 \cdot (30 + 2 \cdot 2,5) = 35 \text{ л/с.}$$

Расчетный расход воды для объединенного водопровода, обслуживающего населенный пункт и промышленные предприятия, надлежит определять как сумму потребного большего расхода (на предприятии или в населенном пункте)

плюс 60% потребного меньшего расхода (на предприятии или в населенном пункте). Тогда расчетный расход воды для тушения пожара составит

$$Q_{\text{пож}} = 135 + 35 \cdot 0,5 = 152,5 \text{ л/с.}$$

## ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ РЕШЕНИЯ

### Задача 1

Определить максимальный суточный расход воды (средний за год) для жилого микрорайона города, а также в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления.

При составлении задачи допущена условность – степень благоустройства зданий не увязана с заданной этажностью зданий.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Площадь жилой застройки микрорайона $F$ , га	180	160	130	200	150
Степень благоустройства жилых зданий (по табл. 2)	5	1	4	3	2
Плотность населения $P$ , чел/га	400	330	380	450	440
Число этажей жилой застройки	8	5	8	12	12

Таблица 2

№	Степень благоустройства жилых зданий
1	Жилые дома квартирного типа с водопроводом, канализацией и газоснабжением
2	То же, с ваннами и газовыми водонагревателями
3	То же, с быстродействующими газовыми водонагревателями с многоточечным водоразбором
4	То же, с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками, душами
5	То же, с сидячими ваннами, оборудованными душами

### Задача 2

Определить расход воды на коммунальные нужды города.

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Площадь улиц и площадей, $F_n$ , м <sup>2</sup>	1500	3500	6000	5320	7485
Площадь зеленых насаждений $F_3$ , м <sup>2</sup>	5000	10500	20000	50500	95000
Норма расхода воды для поливки $q_n$ , л/м <sup>2</sup> на 1 м <sup>2</sup>	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4
Норма расхода воды для поливки $q_3$ , л/м <sup>2</sup> на 1 м <sup>2</sup>	3,5	3	4	5	6
Число поливок (моек) в сутки, $n$	2	1	2	1	2

### Задача 3

	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Определить количество и суточный расход	мест	коек	мест	коек	белья
Исходные данные					
Число жителей, чел.	100000	300000	140000	200000	50000
Норма водопотребления на 1 единицу, л	250	115	360	200	40
Продолжительность работы предприятия 1 смены, ч	16	-	-	-	8
Коэффициент часовой неравномерности водопотребления	1	1	1	1	1

### Задача 4

Определить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на промышленном предприятии.

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Количество рабочих на предприятии, чел.	1000	6000	2000	5340	7800
В горячих цехах работают, из них:	600	1500	1280	3500	4900
на I смене, чел.	480	500	640	2400	2690
на II смене, чел.	120	500	360	800	1310
на III смене, чел.	-	500	280	300	900
В холодных цехах работают, из них:	400	4500	720	1840	2900
на I смене, чел.	300	2800	450	1000	1680
на II смене, чел.	100	1000	150	600	880
на III смене, чел.	-	700	120	240	340

### Задача 5

Определить расход воды на нужды душевых.

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Количество рабочих на предприятии, чел.	2000	5000	1500	7200	5580
В горячих цехах работают, %	15	40	80	60	70
В холодных цехах работают, %	10	25	70	40	20
Группа производственных процессов и санитарные характеристики производственных процессов (см. приложение 1, табл. 3)	I, а	I, б	II, г	II, в	I, а



### Задача 6

Определить максимальный секундный расход воды для производственных целей для:

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Предприятие	Обувная фабрика	Автозавод	Молокозавод	Колбасное производство	Пивоваренный
Продукция	обувь	машина	молоко	колбаса	пиво
Суточная продукция предприятия.	5000 пар	240 шт.	30 т.	8 т.	25 т.
Средний удельный расход на производство единицы продукции, $q_{уд}$ , м <sup>3</sup>	30	45	20	15	15

### Задача 7

Определить расчетный расход воды для тушения пожара в населенном пункте и на промышленном предприятии, имеющих общий противопожарный водопровод, при следующих исходных данных:

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Численность населения города, тыс. чел.	110	230	560	470	24
Этажность зданий	5	9	12	5	3
Площадь территории промышленного предприятия, га	70	100	200	250	160
Объем наибольшего здания (цеха) предприятия, тыс. м <sup>3</sup>	70	100	200	250	60
Категория производства по пожарной опасности	Б	А	В	Г	В
Степень огнестойкости зданий	І	ІІ	І	ІІ	ІІ

## РАЗДЕЛ II. СВОБОДНЫЕ НАПОРЫ В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

В любой точке наружной водопроводной сети напор должен быть достаточным для того, чтобы вода под его действием могла поступать из наружной по внутренней водопроводной сети до самого верхнего и наиболее отдаленного водозаборного прибора.

Необходимый свободный минимальный напор ( $H_{св}$ ) в водопроводной сети в точке присоединения ввода в здание определяется как сумма геометрической высоты подъема воды ( $H_z$ ), запаса напора для нормальной работы водоразборных приборов ( $H_{уз}$ ) и потерь напора по длине трубопровода от ввода до наиболее удаленного водоразборного прибора ( $h_{дл}$ ):

$$H_{св} = H_z + H_{уз} + h_{дл}, \quad (2.1)$$

При одноэтажной застройке необходимый свободный минимальный напор составляет не менее 10 метров. При многоэтажной – на первый этаж принимается 10 метров, а на каждый последующий в час максимального водопотребления – по 4 метра, в другие часы – по 3,5 метра.

$$H_{св} = 10 + h_1 \cdot (n - 1), \quad (2.2)$$

где  $h_1$  – принимаемый напор на один этаж, м;

$n$  – количество этажей здания.

Под пьезометрической отметкой в узле водопроводной сети подразумевается сумма отметки земли и свободного напора в этом узле.

$$П_i = H_{св}^i + Z_i, \quad (2.3)$$

где  $П_i$  – пьезометрическая отметка, м;

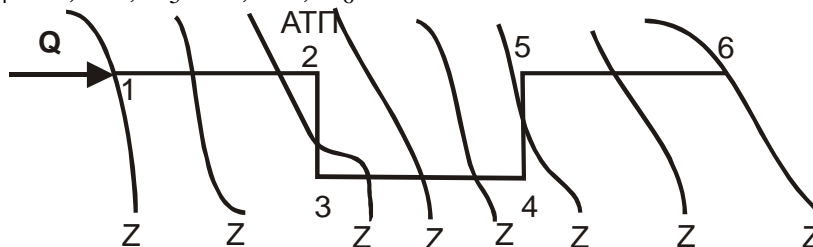
$H_{св}^i$  – свободный напор в  $i$ -й точке, м;

$Z_i$  – отметка земли в  $i$ -й точке, м.

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗДЕЛУ II

#### Пример 1.

Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки узловых точек тупиковой сети. Этажность – 5 этажей.  $h_{1-2}=0,8$  м,  $h_{2-3}=1,2$  м,  $h_{3-4}=1,1$  м,  $h_{4-5}=0,9$  м,  $h_{5-6}=0,7$  м. Отметки поверхности земли в узловых точках равны:  $Z_1=94$  м,  $Z_2=96,2$  м,  $Z_3=95,8$  м,  $Z_4=98,4$  м,  $Z_5=99,2$  м,  $Z_6=101$  м.



Решение: 1. Находим свободный напор в точке 6.

$$H_{св}^6 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Находим пьезометрическую отметку в точке 6.

$$П^6 = 26 + 101 = 127 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке 5.

$$П^5 = 127 + 0,7 = 127,7 \text{ м.}$$

4. Находим свободный напор в точке 5.

$$H_{св}^5 = 127,7 - 99,2 = 28,5 \text{ м.}$$

5. Находим пьезометрическую отметку в точке 4.

$$П^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6 \text{ м.}$$

6. Находим свободный напор в точке 4.

$$H_{св}^4 = 128,6 - 98,4 = 30,2 \text{ м.}$$

7. Находим пьезометрическую отметку в точке 3.

$$П^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7 \text{ м.}$$

8. Находим свободный напор в точке 3.

$$H_{св}^3 = 129,7 - 95,8 = 33,9 \text{ м.}$$

9. Находим пьезометрическую отметку в т. 2.

$$П^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9 \text{ м.}$$

10. Находим свободный напор в точке 2.

$$H_{св}^2 = 130,9 - 96,2 = 34,7 \text{ м.}$$

11. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

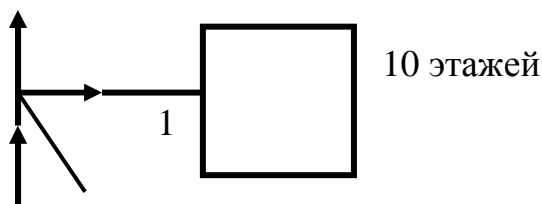
$$П^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7 \text{ м.}$$

12. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 131,7 - 94 = 37,7 \text{ м.}$$

### Пример 2.

Возможно ли подключение здания к водопроводной сети?



$$H_{св} = 36 \text{ м}$$

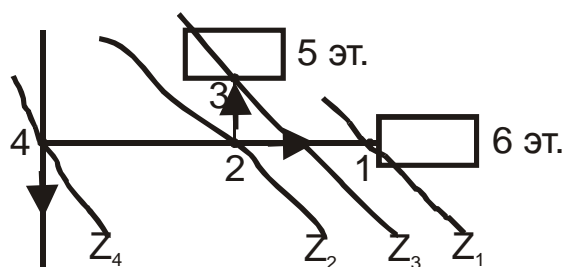
Решение: 1. Находим свободный напор в т. 1.

$$H_{св}^1 = 10 + 4 \cdot (10 - 1) = 46 \text{ м.}$$

Подключение здания к водопроводной сети не возможно, так как напор при входе в здание 46 м, а требуемый – 36 м.

### Пример 3.

Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки в узловых точках 1, 2, 3, 4.  $h_{1-2}=1,1$  м;  $h_{2-3}=0,6$  м;  $h_{2-4}=0,8$  м. Отметки поверхности земли в узловых точках равны:  $Z_1=90$  м,  $Z_2=80$  м,  $Z_3=85$  м,  $Z_4=75$  м.



*Решение:* 1. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

2. Находим свободный напор в точке 3.

$$H_{св}^3 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке 3.

$$П^3 = 26 + 85 = 111 \text{ м.}$$

4. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

$$П^1 = 30 + 90 = 120 \text{ м.}$$

5. Находим пьезометрическую отметку в точке 2.

$$П^2 = 120 + 1,1 = 121,1 \text{ м.}$$

6. Находим свободный напор в точке 2.

$$H_{св}^2 = 121,1 - 80 = 41,1 \text{ м.}$$

7. Находим пьезометрическую отметку в точке 4.

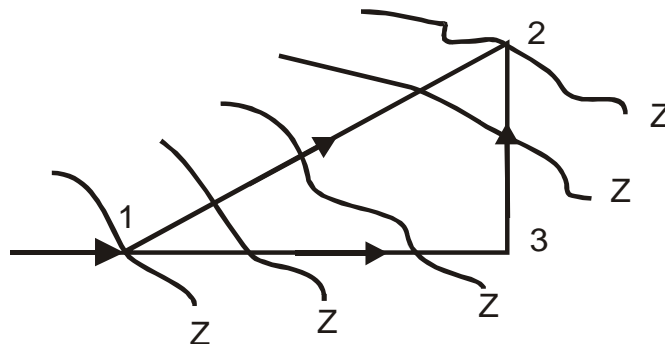
$$П^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9 \text{ м.}$$

8. Находим свободный напор в точке 4.

$$H_{св}^4 = 121,9 - 75 = 46,9 \text{ м.}$$

#### **Пример 4.**

Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки в узловых точках. Этажность – 5 этажей.  $h_{1-2}=0,8$  м,  $h_{2-3}=0,6$  м,  $h_{3-1}=1,4$  м. Отметки поверхности земли в узловых точках равны:  $Z_1=41$  м,  $Z_2=45$  м,  $Z_3=43,4$  м.



*Решение:* 1. Находим свободный напор в самой удаленной точке в точке 2.

$$H_{св}^2 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Находим пьезометрическую отметку в точке 2.

$$П^2 = 45 + 26 = 71 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке 3.

$$П^3 = 71 + 0,6 = 71,6 \text{ м.}$$

4. Находим свободный напор в точке 3.

$$H_{св}^3 = 71,6 - 43,4 = 28,2 \text{ м.}$$

5. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

$$П^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4 \text{ м.}$$

6. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

7. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

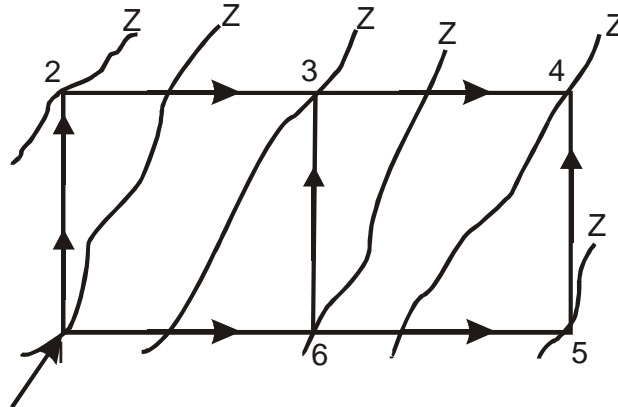
$$\Pi^1 = 71 + 1,4 = 72,4 \text{ м.}$$

8. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

**Пример 5.**

Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки в узловых точках. Этажность – 8 этажей.  $h_{1-2}=1,5$  м,  $h_{2-3}=0,5$  м,  $h_{3-4}=1,2$  м,  $h_{4-5}=1,3$  м,  $h_{5-6}=2,0$  м,  $h_{6-1}=0,6$  м. Отметки поверхности земли в узловых точках равны:  $Z_1=144,6$  м,  $Z_2=144$  м,  $Z_3=146$  м,  $Z_4=148$  м,  $Z_5=149$  м,  $Z_6=147$  м.



*Решение:* 1. Находим свободный напор в точке 4.

$$H_{св}^4 = 10 + 4 \cdot (8 - 1) = 38 \text{ м.}$$

2. Находим пьезометрическую отметку в точке 4.

$$\Pi^4 = 38 + 148 = 186 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке 3.

$$\Pi^3 = 186 + 1,2 = 187,2 \text{ м.}$$

4. Находим свободный напор в точке 3.

$$H_{св}^3 = 187,2 - 146 = 41,2 \text{ м.}$$

5. Находим пьезометрическую отметку в точке 2.

$$\Pi^2 = 187,2 + 0,5 = 187,7 \text{ м.}$$

6. Находим свободный напор в точке 2.

$$H_{св}^2 = 187,7 - 144 = 43,7 \text{ м.}$$

7. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

$$\Pi^1 = 187,7 + 1,5 = 189,2 \text{ м.}$$

8. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

9. Находим пьезометрическую отметку в точке 5.

$$\Pi^5 = 186 + 2,0 = 188 \text{ м.}$$

10. Находим свободный напор в точке 5.

$$H_{св}^5 = 188 - 149 = 39 \text{ м.}$$

11. Находим пьезометрическую отметку в точке 6.

$$\Pi^6 = 188 + 0,6 = 188,6 \text{ м.}$$

12. Находим свободный напор в точке 6.

$$H_{св}^6 = 188,6 - 147 = 41,6 \text{ м.}$$

13. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

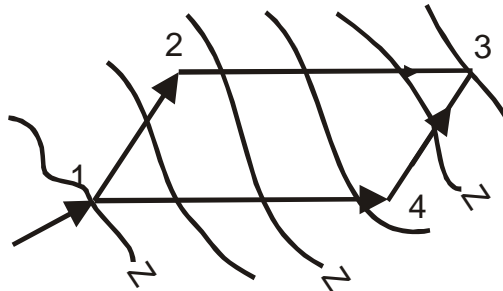
$$П^1 = 188,6 + 0,6 = 189,2 \text{ м.}$$

14. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

### Пример 6.

Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки. Этажность – 6 этажей.  
 $h_{1-2}=1,8$  м;  $h_{2-3}=1,4$  м;  $h_{3-4}=0,5$  м;  $h_{4-1}=3,6$  м. Отметки поверхности земли в узловых точках равны:  $Z_1=194$  м,  $Z_2=195,5$  м,  $Z_3=199$  м,  $Z_4=197,2$  м.



Решение: 1. Находим свободный напор в точке 3.

$$H_{св}^3 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

2. Находим пьезометрическую отметку в точке 3.

$$П^3 = 30 + 199 = 229 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке 2.

$$П^2 = 229 + 2,3 = 231,3 \text{ м.}$$

5. Находим свободный напор в точке 2.

$$H_{св}^2 = 231,3 - 195,5 = 35,8 \text{ м.}$$

6. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

$$П^1 = 231,3 + 1,8 = 233,1 \text{ м.}$$

7. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

8. Находим пьезометрическую отметку в точке 4.

$$П^4 = 229 + 0,5 = 229,5 \text{ м.}$$

9. Находим свободный напор в точке 4.

$$H_{св}^4 = 229,5 - 197,2 = 32,1 \text{ м.}$$

10. Находим пьезометрическую отметку в точке 1.

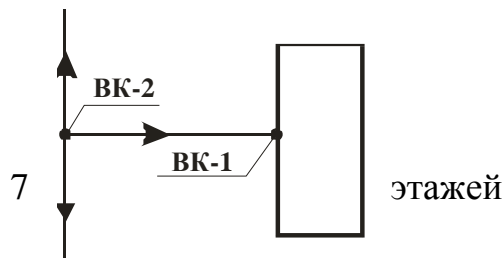
$$П^1 = 229,5 + 3,6 = 233,1 \text{ м.}$$

11. Находим свободный напор в точке 1.

$$H_{св}^1 = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

### Пример 7.

Определить пьезометрические отметки в узловых точках ВК-1, ВК-2 и свободные напоры, если  $Z_1=85,0$  м,  $Z_2=84,5$  м,  $h_{1-2} = 1,9$  м.



Решение: 1. Находим свободный напор в точке ВК-1.

$$H_{св}^{BK-1} = 10 + 4 \cdot (7 - 1) = 34 \text{ м.}$$

2. Находим пьезометрическую отметку в точке ВК-1.

$$\Pi^{BK-1} = 34 + 85 = 119 \text{ м.}$$

3. Находим пьезометрическую отметку в точке ВК-2.

$$H_{св}^{BK-2} = 119 + 1,9 = 120,9 \text{ м.}$$

4. Находим свободный напор в точке ВК-2.

$$\Pi^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4 \text{ м.}$$

### ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ РЕШЕНИЯ

**Задача 1.** Определить  $H_{св}$  и пьезометрические отметки узловых точек тупиковой сети. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок (см. пример 1).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки	12	14	16	9	12
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	0,7	1,0	1,3	0,5	1,1
$h_{2-3}$	1,0	1,4	1,7	0,7	1,5
$h_{3-4}$	1,3	1,3	1,5	0,9	1,4
$h_{4-5}$	0,6	1,1	1,4	1,0	1,2
$h_{5-6}$	1,1	0,9	1,2	0,6	0,9
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_1$	75	52	100	224	137
$Z_2$	77,5	54,5	102,6	226,4	139,4
$Z_3$	76,7	53,9	101,8	225,6	138,9
$Z_4$	79,8	56,8	104,9	228,8	141,8
$Z_5$	80,2	57,1	105,3	229,1	142,0
$Z_6$	84	59	107	231	144

**Задача 2.** Возможно ли подключение здания к водопроводной сети? Рисунок к задаче (см. пример 2).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки	12	14	16	9	12
Свободный напор в точке подключения.	38	46	34	27	34

**Задача 3.** Определить Нсв и пьезометрические отметки в узловых точках 1, 2, 3, 4. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 3).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки в т. 3.	7	6	8	9	12
Этажность застройки в т. 1.	9	10	11	14	15
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	1,5	0,8	1,3	0,9	1,6
$h_{2-3}$	1,0	0,3	0,8	1,7	1,2
$h_{3-4}$	1,2	0,5	1,4	1,9	1,3
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_1$	70	40	45	20	100
$Z_2$	75	41	50	25	105
$Z_3$	80	42	55	30	110
$Z_4$	85	43	60	35	115

**Задача 4.** Определить Нсв и пьезометрические отметки в узловых точках. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 4).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки	16	12	14	10	8
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	0,7	1,0	1,2	0,5	1,1
$h_{2-3}$	0,5	0,8	1,0	0,3	0,9
$h_{3-1}$	0,6	0,9	1,1	0,4	1,0
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_1$	78	60	95	214	147
$Z_2$	82	64	115	225,6	151
$Z_3$	80,3	62,2	105,4	218	149,5

**Задача 5.** Определить Нсв и пьезометрические отметки в узловых точках. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 5).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Этажность застройки	9	10	12	13	15
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	1,7	1,9	1,3	1,1	1,8
$h_{2-3}$	0,7	0,9	0,2	0,1	0,8
$h_{3-4}$	1,4	1,6	1,0	0,8	1,5
$h_{4-5}$	1,5	1,7	1,1	0,9	1,6



Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
$h_{5-6}$	2,2	2,4	1,8	1,6	2,3
$h_{6-1}$	0,8	1,0	0,4	0,2	0,9
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_1$	42	105	69	53	20
$Z_2$	41	100	68	52	15
$Z_3$	43	110	70	54	25
$Z_4$	45	120	72	56	35
$Z_5$	46	125	73	57	40
$Z_6$	44	115	71	55	30

**Задача 6.** Определить Нсв и пьезометрические отметки в узловых точках. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример б).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки	5	12	15	16	10
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	2,0	2,2	1,5	1,1	2,8
$h_{2-3}$	1,6	1,8	1,1	0,7	2,4
$h_{3-4}$	2,7	2,9	2,2	1,8	4,5
$h_{4-1}$	1,8	2,0	1,3	0,9	3,6
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_1$	145	805	29	63	120
$Z_2$	146,5	85,6	30,7	64,4	125,5
$Z_3$	148,1	95,2	32,3	66,1	135,2
$Z_4$	150	105	34	68	145

**Задача 7.** Определить пьезометрические отметки в узловых точках ВК-1, ВК-2 и свободные напоры. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 7).

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Этажность застройки	6	10	9	8	11
Потери напора на участках, м:					
$h_{1-2}$	2,0	2,1	2,5	1,4	2,3
Отметки поверхности земли в узловых точках, м:					
$Z_{BK-1}$	154	80	19	63	124
$Z_{BK-2}$	156	85	19,7	65,4	125,5

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.
2. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
4. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. – К.: КНУБА, 2001. – 256 с.
5. Найманов А.Я. и др. Водоснабжение. – Донецк: Норд-пресс, 2004. – 649 с.
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник для вузів. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Нормы водопотребления для городов и поселков

Характер оборудования санитарно-техническими устройствами		Водопотребление на одного жителя, л/сутки										
		среднесуточное (за год)										
Внутренний водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение		230 - 350										
Внутренний водопровод, канализация и ванны с газовыми колонками		160 - 230										
Внутренний водопровод и канализация без ванн		125 - 160										
Значения коэффициентов часовой неравномерности												
Кол-во жителей, тыс. чел.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более	
$\beta_{\text{макс.}}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1	
$\beta_{\text{мин.}}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1	

Таблица 2

Назначение воды	Измеритель	Расходы воды на поливку, л/м <sup>2</sup>
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2 – 1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 поливка	0,3 – 0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	То же	0,4 – 0,5
Поливка городских зеленых насаждений	«	3 - 4
Поливка газонов и цветников	»	4 - 6

Таблица 3

Группа производственных процессов	Санитарные характеристики	Расчетное число моющихся на одну душевую сетку
I	а) Не вызывающих загрязнения одежды и рук	15
	б) Вызывающие загрязнения одежды и рук	7
II	в) С выделением больших количеств пыли или особо загрязненных веществ	3
	г) С применением воды	5

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

Заданием на контрольную работу предусматривается решение задач по вариантам, номера которых указаны в таблице

Номера задач	Номера вариантов																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>По I разделу</i>																										
1	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
2	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5	
3	4	5	1	2	3	3	5	2	4	1	2	3	2	3	5	5	1	4	4	4	1	2	3	5	1	
4	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	1	3	4	1	1	2	2	5	5	2	3	4	3	4	
5	2	3	4	5	1	5	2	4	1	3	1	5	5	1	2	4	2	1	2	3	3	4	3	4	5	
6	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	2	3	4	5	4	3	4	5	3	1	4	5	1	1	3	
7	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	1	4	5	4	3	4	5	3	1	5	3	2	4	2	2	
<i>По II разделу</i>																										
1	5	3	1	4	2	5	3	1	2	3	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	4	5	1	4	2	
2	5	5	5	1	5	3	1	3	3	4	4	2	5	4	1	2	3	4	2	4	5	1	2	3	1	
3	1	3	1	4	1	5	2	2	4	5	3	1	4	5	2	4	4	5	3	3	1	2	3	2	5	
4	4	4	2	5	2	1	3	5	5	1	2	5	3	3	3	5	2	1	4	1	2	3	4	1	4	
5	5	3	3	2	2	2	5	1	1	2	1	4	2	4	4	3	1	4	1	5	3	4	5	5	3	
6	3	1	4	3	4	4	4	2	2	3	5	3	1	1	5	1	5	3	5	3	4	5	1	4	2	
7	2	4	3	1	5	3	5	1	3	4	4	2	5	2	2	5	3	4	4	4	4	5	1	2	3	1

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания.....	3
РАЗДЕЛ I. Водопотребление города.....	3
1.1. Определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города.....	4
1.2. Расход воды на коммунальные нужды города.....	5
1.3. Определение расхода воды для промышленных предприятий.....	6
1.4. Расход воды на пожаротушение.....	8
Примеры решения задач по разделу I.....	9
Варианты задач для решения.....	15
РАЗДЕЛ II. Свободные напоры в водопроводной сети.....	18
Примеры решения задач по разделу II.....	18
Варианты задач для решения.....	23
Список литературы.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ I.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ II.....	28

Учебное издание

Методические указания к практическим занятиям по курсу "Водоснабжение"  
РАЗДЕЛ I. "Водопотребление города". РАЗДЕЛ II. "Свободные напоры в водопроводной сети" (для студентов дневной, заочной форм обучения, экстернов и иностранных студентов специальностей 6.092100 «Водоснабжение и водоотведение», 6.092100 «Промышленное и гражданское строительство», 6.092100 «Охрана труда в строительстве» 6.092100 «Техническое обслуживание ремонт и реконструкция зданий», 6.092100 «Городское строительство и хозяйство»).

Составители: Станислав Станиславович ДУШКИН,  
Галина Ивановна БЛАГОДАРНАЯ

Редактор: Н.З. Алябьев  
Корректор: З.И.Зайцева

План 2006, поз. 247

---

Подп. к печати 7.09.04 г.	Формат 60x84 1/16	Бумага офисная.
Печать на ризографе.	Усл.-печ. лист. 1,7	Учет.-изд. лист. 2,2.
Зак. №	Тираж 200 экз.	Цена договорная.

---

61002, Харьков, ХНАГХ, ул. Революции, 12

---

Сектор оперативной полиграфии при ИВЦ ХНАГХ

61002, Харьков, ул. Революции, 12