

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

для проведения практических занятий, лабораторных работ, самостоятельной
работы и выполнения курсового проекта

по дисциплине

«ВОДОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ»

*(для студентов 2 – 3 курсов дневной и заочной форм обучения
направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (водные ресурсы))*

**Харьков
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова
2016**

Методические указания и задания для проведения практических занятий, лабораторных работ, самостоятельной работы и выполнения курсового проекта по дисциплине «Водопроводные системы и сооружения» (для студентов 2 – 3 курсов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (водные ресурсы) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова ; сост. С. С. Душкин. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – 115 с.

Составитель канд. техн. наук **С. С. Душкин**

Рецензент: **В. А. Ткачев**, кандидат технических наук, доцент
Харьковского национального университета
городского хозяйства имени А. Н. Бекетова

*Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,
протокол № 1 от 27.08.2015 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	6
1.1 Водопотребление города.....	6
1.1.1 Расход воды на хоз.-питьевые нужды населения.....	7
1.1.2 Расход воды на полив зеленых насаждений и мойку улиц.....	8
1.1.3 Расход воды на нужды промпредприятий.....	8
1.1.4 Расход воды на противопожарные нужды.....	9
Примеры решения задач по теме «Водопотребление города».....	10
Задачи по теме «Водоснабжение города».....	14
1.2 Свободные напоры в водопроводной сети.....	15
Примеры решения задач по теме «Свободные напоры в водопроводной сети».....	16
Задачи по теме «Свободные напоры в водопроводной сети».....	20
1.3 Основы гидравлического расчета и схемы трассировки внешних водопроводных сетей.....	23
Примеры решения задач по теме «Основы гидравлического расчета и схемы трассировки внешних водопроводных сетей».....	25
Задачи по теме «Основы гидравлического расчета и схемы трассировки внешних водопроводных сетей».....	28
2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	30
Лабораторная работа № 1 – Основные требования, предъявляемые к источникам водоснабжения.....	31
Лабораторная работа № 2 – Изучение физических показателей качества воды.....	41
Лабораторная работа № 3 – Гидравлические испытания напорных трубопроводов.....	52
Лабораторная работа № 4 – Нахождение утечки и определение ее размера при помощи прибора Панкевича.....	60
Лабораторная работа № 5 – Фильтры водозаборных скважин.....	63
3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА.....	71
4 ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	77
4.1 Определение расчетного расхода воды отдельными категориями потребителей.....	77
4.1.1 Определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города.....	78

4.1.2 Расход воды на коммунальные нужды города.....	79
4.1.3 Расход воды для промышленных предприятий.....	80
4.1.4 Расход воды на пожаротушение.....	83
4.2 Трассировка магистральных водопроводных сетей и составление их расчётных схем.....	84
4.3 Гидравлический расчёт кольцевой водопроводной сети.....	88
4.4 Построение линии пьезометрического давления и профиля водовода.....	91
4.5 Детализация основных узлов водопроводной сети	93
Приложение А.....	96
Приложение Б.....	97
Приложение В.....	99
Список рекомендуемых источников.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение потребителей водой, отвечающей определенным санитарно-гигиеническим требованиям, является одной из основных задач водоснабжения. В современных условиях требуется комплексный подход к ее решению, учитывающий интересы различных групп потребления воды, ее рациональное использование и постоянное совершенствование систем водоснабжения.

В методических указаниях к практическим занятиям по курсу «Водопроводные системы и сооружения» представлены задачи, в которых определяются расходы воды для различных категорий потребителей.

Для решения задач, приведенных в методических указаниях, необходимо использовать соответствующие нормативные документы и дополнительную литературу.

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

1 УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1.1 ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ГОРОДА

Первоочередной задачей при расчете систем водоснабжения является определение объемов воды, подаваемой потребителям. Для нахождения суммарных расходов используемой воды требуется наиболее полный учет всех абонентов.

Все виды потребления воды условно подразделяют на следующие основные категории:

- расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения с учетом потребности в воде общественных зданий;
- расход воды на поливку и мойку улиц, площадей и зеленых насаждений;
- расход воды на нужды предприятий, получающих ее из городского водопровода, включая хозяйственно-питьевое водопотребление рабочих и служащих во время пребывания их на производстве;
- расход воды на нужды пожаротушения.

Количество воды ($\text{м}^3/\text{сут}$), потребляемое каждой категорией потребителей, определяется как произведение числа водопотребителей на норму водопотребления (*табл. А.1*), а суточный расход всего объекта – как сумма слагаемых по отдельным категориям потребителей:

$$Q_o = Q_{\text{х-п}} + Q_{\text{пол}} + Q_{\text{пр}}, \quad (1.1)$$

где Q_o – общее кол-во воды, потребляемой в сутки объектом; $Q_{\text{х-п}}$ – расход воды на хоз.-питьевые нужды; $Q_{\text{пр}}$ – расход воды на нужды промпредприятия.

Полное водопотребление $Q_{\text{полн}}$ ($\text{м}^3/\text{сут}$), кроме суточного расхода объекта, учитывает также расход воды на собственные нужды водопровода $Q_{\text{сн}}$ (периодическая промывка сети, фильтров, удаление осадков из резервуаров и др.):

$$Q_{\text{полн}} = Q_o + Q_{\text{сн}} = Q_o + \alpha Q_o, \quad (1.2)$$

где α – коэффициент, учитывающий собственные нужды водопровода, для предварительных расчетов принимается 0,05–0,10.

Определение расходов воды по разным категориям потребителей имеет свою специфику, на что следует обращать особое внимание при выполнении соответствующих расчетов.

1.1.1 Расход воды на хоз.-питьевые нужды населения

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хоз.-питьевые нужды населения определяют в зависимости от расчетного числа жителей и норм водопотребления:

$$Q_{\text{ср.сут.}} = \frac{\sum N_i \cdot q_{\text{ж}i}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (1.3)$$

где, $q_{\text{ж}i}$ – норма водопотребления, л/сут·чел; N_i – расчетное число жителей i -го района города, определяемое как произведение площади жилой зоны района F_i на плотность населения района P_i .

Расход на хоз.-питьевые нужды не является постоянным в течении года, поэтому необходимо определять расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления:

$$Q_{\text{макс.сут.}} = K_{\text{макс.сут.}} \cdot Q_{\text{ср.сут.}} \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{мин.сут.}} = K_{\text{мин.сут.}} \cdot Q_{\text{ср.сут.}} \quad (1.5)$$

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления – $K_{\text{сут.}}$, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели, необходимо принимать равным:

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

Одновременно вычисляют коэф. часовой неравномерности:

$$K_{\text{макс.ч.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}} \quad (1.6)$$

$$K_{\text{мин.ч.}} = \alpha_{\text{мин.}} \cdot \beta_{\text{мин.}} \quad (1.7)$$

где, α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства ($\alpha_{\text{макс}} = 1,2-1,4$; $\alpha_{\text{мин}} = (0,4-0,6)$); β – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте (табл. А.2).

На завершающем этапе вычисляют часовые и секундные расходы воды в часы максимального и минимального водопотребления:

$$Q_{\text{макс.ч.}} = K_{\text{макс.ч.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.сут.}}}{24}, \quad (1.8)$$

$$Q_{\text{мин.ч.}} = K_{\text{мин.ч.}} \cdot \frac{Q_{\text{мин.сут.}}}{24}, \quad (1.9)$$

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.ч.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.10)$$

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

Все эти и дальнейшие вычисления удобно проводить в форме таблиц.

1.1.2 Расход воды на полив зеленых насаждений и мойку улиц

Расход воды на мойку улиц, проездов, площадей и полив зеленых насаждений в городах, поселках и промпредприятиях ($\text{м}^3/\text{сут}$), определяют:

$$Q_{\text{п.и}} = \Sigma(10F_{\text{н.и}} \cdot q_{\text{н.и}}) \cdot n, \quad (1.12)$$

где $F_{\text{п.и}}$ – площадь района поливки, га; $q_{\text{п.и}}$ – норма расхода воды на полив, принимается в зависимости от типа покрытия и способа полива (*табл. А.3*), $\text{л}/\text{м}^2$; n – число поливок, принимается в зависимости от режима полива.

При отсутствии данных о площадях суммарный расход воды на поливку в пересчете на 1-го жителя может быть принят 30-90 л/сут в зависимости от местных условий (*табл. А.4*).

Для нахождения расхода воды в часы наибольшего водопотребления, используют коэффициент часовой неравномерности – его можно принимать для больших городов - 2,0, для малых и средних городов - 4,0 (*табл. А.5*).

1.1.3 Расход воды на нужды промпредприятий

На промпредприятиях вода расходуется на хоз.-питьевые нужды рабочих, принятие душа и технологические нужды предприятия.

Сменный расход воды на хоз.-питьевые нужды предприятия определяется:

$$Q_{\text{см}} = \frac{q_{\text{пр}} N_{\text{пр}}}{1000}, \quad (1.13)$$

где $q_{\text{пр}}$ – норма хоз.-питьевого водопотребления в цехе, $N_{\text{пр}}$ – кол-во рабочих в цеху в данную смену.

Часовой расход воды на одну душевую сетку принимается равным 500 л; продолжительность пользования душем – 45 мин (0,75 ч).

Расход воды на принятие душа $\text{м}^3/\text{смена}$ равен:

$$Q_{\text{д}} = 0,375 N_{\text{д}} / A, \quad (1.14)$$

где $N_{\text{д}}$ – кол-во рабочих, пользующихся душем; A – количество человек обслуживаемых 1-й душевой сеткой.

Кол-во душевых сеток, которые устанавливаются на предприятии, определяется по числу людей, пользующихся душем в максимальную смену, а кол-во человек обслуживаемых 1-й душевой сеткой в зависимости от группы производственных процессов (*табл. А.6*).

Расчет расхода воды на производственные нужды предприятий следует начинать с анализа характера использования воды, а также возможных схем водоснабжения этих объектов. В результате этого анализа выбирается наиболее целесообразная схема водоснабжения объекта. При проектировании нормы

расхода воды для различных целей производства, а также восполнение потерь в оборотных системах, должны приниматься по указанию технологов данной отрасли, на основании передового опыта или обоснованного расчета. Для разработки прогнозов технико-экономических обоснований при проектировании схем водоснабжения промузлов, а также реконструируемых систем водоснабжения могут использоваться укрупненные нормы расхода воды на единицу продукции:

$$Q = \sum \Pi \cdot q, \quad (1.15)$$

где Π – производительность предприятия, q – норма расхода на единицу продукции.

1.1.4 Расход воды на противопожарные нужды

Расчетный расход воды на пожаротушение не входит в расчетную сумму суточного водопотребления города, однако его значение необходимо учитывать при проверке водопроводной сети и водоводов на пропуск требуемой воды для тушения пожаров. Противопожарный водопровод обычно объединяют с хоз.-питьевым или производственным водопроводом.

Расход воды на наружное пожаротушение в жилой зоне обычно рассчитывают исходя из количества жителей и этажности застройки (табл. А.7).

Расчетная продолжительность пожара принимается равной 3 часам. Поскольку предприятия расположены в пределах года, то в расчетное число пожаров в жилой зоне включаются пожары на предприятиях, а в расчетные расходы воды – соответствующие расходы на этих предприятиях, но не менее чем расходы воды для тушения пожара в жилой зоне.

Максимальный секундный расход воды на тушение пожаров в жилой зоне определяется по формуле:

$$Q_{\text{пож}} = q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}, \text{ л/с}, \quad (1.16)$$

где $q_{\text{пож}}$ – расчётный расход воды на пожаротушение 1 наружного пожара, л/с;
 $q'_{\text{пож}}$ – расчётный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с;
 n – число пожаров.

Исходя из расчётной продолжительности пожара $t_n=3$ ч., полный расход воды на тушение пожара может быть определён по формуле:

$$Q'_{\text{пож}} = 10,8(q_{\text{пож}} \cdot 2 + q'_{\text{пож}}), \text{ м}^3. \quad (1.17)$$

Примеры решения задач по теме «Водопотребление города»

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

Решение.

Исходя из природно-климатических условий и степени благоустройства города, принимаем норму хозяйственно-питьевого водопотребления на одного жителя равной 270 л/сутки.

При определении расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города необходимо определить количество населения города по отношению: $N = F \cdot P$, где F – площадь жилых кварталов, га; P – плотность, чел/га.

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

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города в $\text{м}^3/\text{сут}$. По формуле (1.3) получаем:

$$Q_{\text{макс.сут.}} = \frac{160000 \cdot 270}{1000} = 43200 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяем по формулам (1.4) и (1.5):

$$Q_{\text{макс.сут.}} = 1,1 \cdot 43200 = 47520 \text{ м}^3/\text{сут}, \quad Q_{\text{мин.сут.}} = 0,7 \cdot 43200 = 30240 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные часовые расходы воды определяем по формулам (1.8), (1.9) с учетом формул (1.6), (1.7):

$$Q_{\text{ч.макс.}} = 1,2 \cdot 1,05 \cdot \frac{47520}{24} = 2494,8, \text{ м}^3/\text{ч.};$$
$$Q_{\text{ч.мин.}} = 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{30240}{24} = 0,34 \cdot \frac{32480}{24} = 428,4 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Максимальный секундный расход воды рассчитываем по ф-ле (1.10):

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{2494,8}{3,6} = 693 \text{ л/с.}$$

Пример 2. Площадь жилой застройки города составляет 500 га. Расчетная плотность населения – 180 чел/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:

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

Расчетный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города в м³/сут. По формуле (1.3) получаем:

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

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяем по формулам (1.4) и (1.5):

$$Q_{\text{макс.сут.}} = 1,2 \cdot 22500 = 27000 \text{ м}^3/\text{сут.}; \quad Q_{\text{мин.сут.}} = 0,8 \cdot 22500 = 18000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные часовые расходы воды определяем по формулам (1.8), (1.9) с учетом формул (1.6), (1.7):

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

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

Максимальную секундную расход воды рассчитываем по ф-ле (1.10):

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

Пример 3.

Определить суточный расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений города при площади улиц $F_{\text{п}} = 80$ га и площади зеленых насаждений $F_{\text{з}} = 90$ га. Число поливок в сутки n принять равным 2.

Решение.

Принимаем норму воды на полив улиц 0,5 л/с на м² и 5 л/с на м² на полив зеленых насаждений (*прил. А табл. 3*).

Суточный расход воды на поливку покрытий и насаждений города:

$$Q_n = \frac{F_{\text{п}} \cdot q_{\text{п}} \cdot n}{1000} + \frac{F_{\text{з}} \cdot q_{\text{з}} \cdot n}{1000} = \frac{800000 \cdot 0,5 \cdot 2}{1000} + \frac{900000 \cdot 5 \cdot 2}{1000} = 9800 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Пример 4.

Определить суточный расход воды на поливку покрытий и зеленых насаждений города с населением $N = 160000$ жителей, приняв поливочную расход воды в пересчете на одного жителя равной 50 л/сутки.

Решение.

Суточный расход воды на поливку покрытий и насаждений города

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

Пример 5.

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 – 1900, на III – 1750.

Решение.

Исходя из норм расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях, определяем переменные расходы воды отдельно в цехах с тепловыделением более 20 ккал. на 1 м³ (горячие цеха) и в других цехах (холодные цеха)

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

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

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

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

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

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

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

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

Пример 6.

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% работников, а в холодных – 20%.

Решение.

В горячих цехах используют душ

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

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

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

В холодных цехах используют душ

$$\text{I см} - 2150 \cdot 0,2 = 430 \text{ чел.};$$

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

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

Исходя из нормы расхода воды на одну душевую сетку $q_{д.с.} = 500 \text{ л/ч.}$ и продолжительности пользования душем $t_{д.} = 45 \text{ мин.}$ после окончания смены, переменная расход воды на предприятии для душевых в м³ может быть

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

где, N_i – количество рабочих, пользующихся душем в смену, с i -ой санитарной характеристикой технологического процесса;

n_i – расчетное количество людей на одну душевую сетку в цехах с i -ой санитарной характеристикой технологического (табл. А.7).

В цехах, что вызывают загрязнение | В цехах, что не вызывают загрязнение

$$\begin{aligned}
 & \text{одежды и рук,} \\
 Q_{душ}^{Iсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 245}{7} = 13,13 \text{ м}^3/\text{см.}; \\
 Q_{душ}^{IIсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 196}{7} = 10,50 \text{ м}^3/\text{см.}; \\
 Q_{душ}^{IIIсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 175}{7} = 9,38 \text{ м}^3/\text{см.} \\
 \hline
 \sum Q_{душ} &= 33,01 \text{ м}^3/\text{см.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{одежды и рук,} \\
 Q_{душ}^{Iсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 430}{15} = 10,75 \text{ м}^3/\text{см.}; \\
 Q_{душ}^{IIсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 380}{15} = 9,50 \text{ м}^3/\text{см.}; \\
 Q_{душ}^{IIIсм} &= \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 350}{15} = 8,75 \text{ м}^3/\text{см.} \\
 \hline
 \sum Q_{душ} &= 29,00 \text{ м}^3/\text{см.}
 \end{aligned}$$

Пример 7.

Определить максимальный секундный расход воды для производственных целей тракторного завода, суточная продукция которого составляет 100 тракторов, работа в 3 смены, удельный расход воды для производства одного трактора 45 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 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

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

Максимальный секундный расход

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

Пример 8.

Определить расчетный расход воды для тушения пожара в населенном пункте при 160 тысячах жителей и 5-ти этажной застройке.

Решение.

Расчетный расход воды для тушения пожаров в населенном пункте и на промышленном предприятии можно определить по формуле (1.16).

Расчетный расход воды на тушение пожара в населенном пункте:

$$Q_{\text{макс.сек}} = 40 \cdot 3 + 10 = 130 \text{ л/с.}$$

Расход воды затраченный на пожар определяют по ф-ле 1.17, и составляет он: $10,8 \cdot 130 = 1404 \text{ м}^3$.

Задачи по теме «Водоснабжение города»

Задача 1.

Определить максимальный секундный расход для жилого микрорайона города в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления.

Исходные данные	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь жилой застройки микрорайона F , га	180	160	130	200	170	165	145	185	190	165
Норма водопотребления, q л/сут·чел	195	210	215	180	235	190	270	220	185	230
Плотность населения P , чел/га	400	330	380	450	200	250	320	410	290	99

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 ²	1500	3500	6000	5320	7485
Площадь зеленых насаждений, F_z , м ²	5000	10500	20000	50500	95000
Норма расхода воды для поливки q_n , л/м ² на 1 м ²	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4
Норма расхода воды для поливки q_z , л/м ² на 1 м ²	3,5	3	4	5	6
Число поливок в сутки, n	2	1	2	1	2

Задача 3.

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

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Кол-во рабочих на предприятии, чел.	1000	6000	2000	5340	7800
Работают в горячих цехах:	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
Работают в холодных цехах:	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 4.

Определить расход воды на душ.

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Кол-во рабочих на предприятии, чел.	2000	5000	1500	7200	5580
Работают в горячих цехах, %	15	40	80	60	70
Работают в холодных цехах, %	10	25	70	40	20
Группа производственных процессов санитарные характеристики производственных процессов (прил. А табл. б)	I, а	I, б	II, г	II, в	I, а

Задача 5.

Определить максимальный секундный расход воды для производственных целей:

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Предприятие	Обувная фабрика	Автозавод	Молокозавод	Мясо-комбинат	Пивоварня
Продукция	обувь	машина	молоко	колбаса	пиво
Суточная продукция предприятия	5000 пар	240 шт.	30 т.	8 т.	25 т.
Удельный расход на единицу товара, $q_{уд}, м^3$	30	45	20	15	15

Задача 6.

Определить расчетный расход воды для тушения пожара в населенном пункте при следующих исходных данных:

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Численность населения города, тыс. чел.	110	230	560	470	0,5
Этажность зданий	5	9	12	5	2

1.2 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 внешней водопроводной сети по внутренней до самого верхнего и самого удаленного водозаборного устройства.

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

$$H_{CB.} = H_r + H_{из} + h_{дл.}, \quad (1.18)$$

При одноэтажной застройке необходимый минимальный свободный 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.

$$H_{CB.} = 10 + h_1 \cdot (n - 1), \quad (1.19)$$

где, h_1 – принимается напор на один этаж, м;

n – количество этажей в здании.

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

$$P_i = H_{CB.}^i + Z_i, \quad (1.20)$$

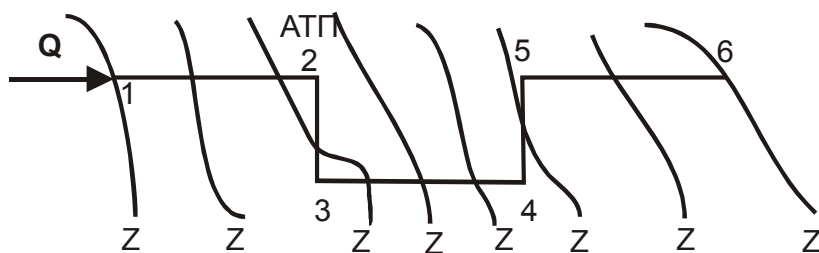
где, P_i – пьезометрическая отметка, м;

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

Z_i – отметка земли в i -й точке, м.

Примеры решения задач по теме «Свободные напоры в водопроводной сети»

Пример 1. Определить $H_{CB.}$ 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.



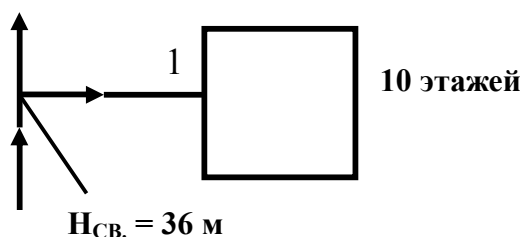
Решение.

1. Определяем свободный напор в точке 6. $H_{CB.}^6 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.

2. Определяем пьезометрическую отметку в точке 6. $P^6 = 26 + 101 = 127$ м.

3. Определяем пьезометрическую отметку в точке 5. $\Pi^5 = 127 + 0,7 = 127,7$ м.
4. Определяем свободный напор в точке 5. $H_{CB}^5 = 127,7 - 99,2 = 28,5$ м.
5. Определяем пьезометрическую отметку в точке 4. $\Pi^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6$ м.
6. Определяем свободный напор в точке 4. $H_{CB}^4 = 128,6 - 98,4 = 30,2$ м.
7. Определяем пьезометрическую отметку в точке 3. $\Pi^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7$ м.
8. Определяем свободный напор в точке 3. $H_{CB}^3 = 129,7 - 95,8 = 33,9$ м.
9. Определяем пьезометрическую отметку в точке 2. $\Pi^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9$ м.
10. Определяем свободный напор в точке 2. $H_{CB}^2 = 130,9 - 96,2 = 34,7$ м.
11. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7$ м.
12. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 131,7 - 94 = 37,7$ м.

Пример 2. Возможно ли подключение здания к водопроводной сети?

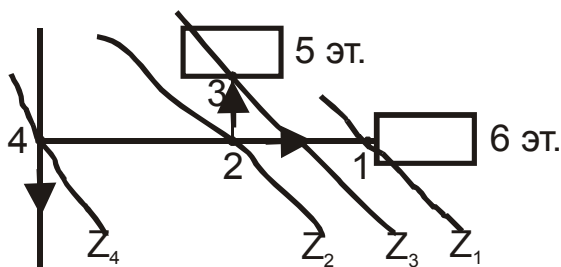


Решение. Определяем свободный напор в т. 1.

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

Подключение здания к водопроводной сети не возможно, т.к. необходимый напор на входе в здание 46 м, а свободный напор в сети – 36 м.

Пример 3. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек 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: $Z_1=90$ м, $Z_2=80$ м, $Z_3=85$ м, $Z_4=75$ м.

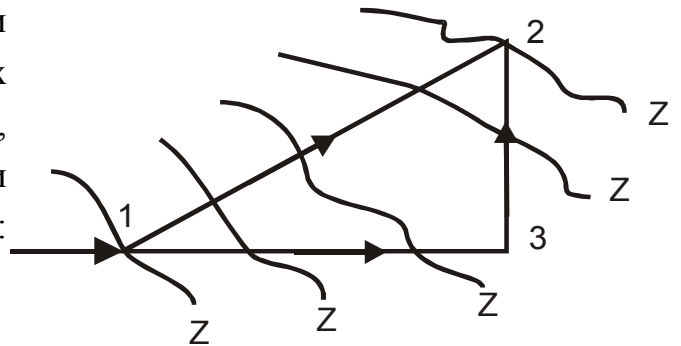


Решение.

1. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30$ м.
2. Определяем свободный напор в точке 3. $H_{CB}^3 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.
3. Определяем пьезометрическую отметку в точке 3. $\Pi^3 = 26 + 85 = 111$ м.
4. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 30 + 90 = 120$ м.
5. Определяем пьезометрическую отметку в точке 2. $\Pi^2 = 120 + 1,1 = 121,1$ м.

6. Определяем свободный напор в точке 2. $H_{CB}^2 = 121,1 - 80 = 41,1$ м.
7. Определяем пьезометрическую отметку в точке 4. $\Pi^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9$ м.
8. Определяем свободный напор в точке 4. $H_{CB}^4 = 121,9 - 75 = 46,9$ м.

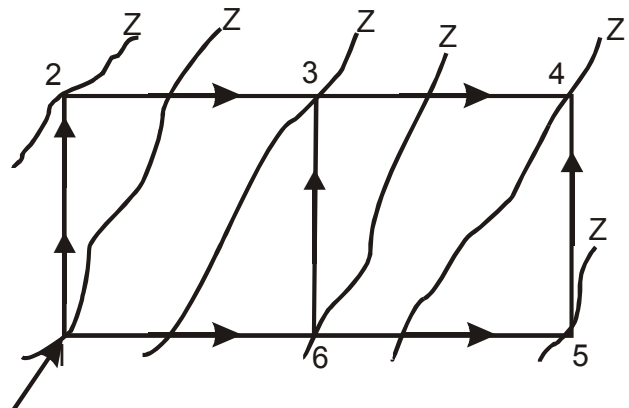
Пример 4. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек. Этажность – 5 этажей. $h_{1-2}=0,8$ м, $h_{2-3}=0,6$ м, $h_{3-1}=1,4$ м. Отметки поверхности земли в узловых точках: $Z_1=41$ м, $Z_2=45$ м, $Z_3=43,4$ м.



Решение.

1. Определяем свободный напор в точке 2. $H_{CB}^2 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.
2. Определяем пьезометрическую отметку в точке 2. $\Pi^2 = 45 + 26 = 71$ м.
3. Определяем пьезометрическую отметку в точке 3. $\Pi^3 = 71 + 0,6 = 71,6$ м.
4. Определяем свободный напор в точке 3. $H_{CB}^3 = 71,6 - 43,4 = 28,2$ м.
5. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4$ м.
6. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 72,4 - 41 = 31,4$ м.
7. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 71 + 1,4 = 72,4$ м.
8. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 72,4 - 41 = 31,4$ м.

Пример 5. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек. 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: $Z_1=144,6$ м, $Z_2=144$ м, $Z_3=146$ м, $Z_4=148$ м, $Z_5=149$ м, $Z_6=147$ м.

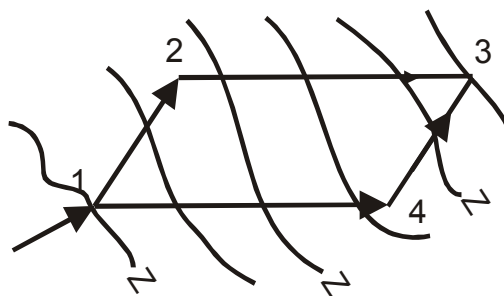


Решение.

1. Определяем свободный напор в точке 4. $H_{CB}^4 = 10 + 4 \cdot (8 - 1) = 38$ м.
2. Определяем пьезометрическую отметку в точке 4. $\Pi^4 = 38 + 148 = 186$ м.
3. Определяем пьезометрическую отметку в точке 3. $\Pi^3 = 186 + 1,2 = 187,2$ м.
4. Определяем свободный напор в точке 3. $H_{CB}^3 = 187,2 - 146 = 41,2$ м.
5. Определяем пьезометрическую отметку в точке 2. $\Pi^2 = 187,2 + 0,5 = 187,7$ м.
6. Определяем свободный напор в точке 2. $H_{CB}^2 = 187,7 - 144 = 43,7$ м.
7. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 187,7 + 1,5 = 189,2$ м.

8. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6$ м.
9. Определяем пьезометрическую отметку в точке 5. $\Pi^5 = 186 + 2,0 = 188$ м.
10. Определяем свободный напор в точке 5. $H_{CB}^5 = 188 - 149 = 39$ м.
11. Определяем пьезометрическую отметку в точке 6. $\Pi^6 = 188 + 0,6 = 188,6$ м.
12. Определяем свободный напор в точке 6. $H_{CB}^6 = 188,6 - 147 = 41,6$ м.
13. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 188,6 + 0,6 = 189,2$ м.
14. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6$ м.

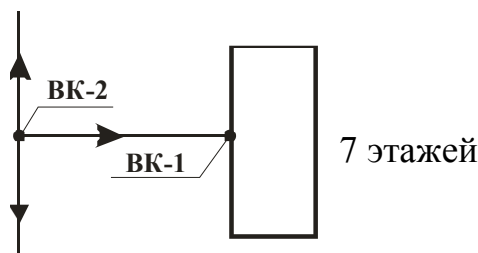
Пример 6. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек. Этажность – 6 этажей. $h_{1-2}=1,8$ м; $h_{2-3}=1,4$ м; $h_{3-4}=0,5$ м; $h_{4-1}=3,6$ м. Отметки поверхности земли в узловых точках: $Z_1=194$ м, $Z_2=195,5$ м, $Z_3=199$ м, $Z_4=197,2$ м.



Решение.

1. Определяем свободный напор в точке 3. $H_{CB}^3 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30$ м.
2. Определяем пьезометрическую отметку в точке 3. $\Pi^3 = 30 + 199 = 229$ м.
3. Определяем пьезометрическую отметку в точке 2. $\Pi^2 = 229 + 2,3 = 231,3$ м.
5. Определяем свободный напор в точке 2. $H_{CB}^2 = 231,3 - 195,5 = 35,8$ м.
6. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 231,3 + 1,8 = 233,1$ м.
7. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 233,1 - 194 = 39,1$ м.
8. Определяем пьезометрическую отметку в точке 4. $\Pi^4 = 229 + 0,5 = 229,5$ м.
9. Определяем свободный напор в точке 4. $H_{CB}^4 = 229,5 - 197,2 = 32,1$ м.
10. Определяем пьезометрическую отметку в точке 1. $\Pi^1 = 229,5 + 3,6 = 233,1$ м.
11. Определяем свободный напор в точке 1. $H_{CB}^1 = 233,1 - 194 = 39,1$ м.

Пример 7. Определить пьезометрические отметки узловых точек. 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. Определяем свободный напор в точке ВК-1. $H_{CB}^{BK-1} = 10 + 4 \cdot (7 - 1) = 34$ м.

2. Определяем пьезометрическую отметку в точке ВК-1.

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

3. Определяем пьезометрическую отметку в точке ВК-2.

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

4. Определяем свободный напор в точке ВК-2. $H_{CB}^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4$ м.

Задачи по теме «Свободные напоры в водопроводной сети»

Задача 1. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек тупиковой сети. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (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 H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек 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 H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек. 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	151
	Z_3	80,3	62,2	105	218	149

Задача 5. Определить H_{CB} и пьезометрические отметки узловых точек. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 5).

Исходные данные		Номера вариантов				
		1	2	3	4	5
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
	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 $H_{СВ}$ и пьезометрические отметки узловых точек. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Рисунок к задаче (см. пример 6).

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 узловых точек. 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:						
	$Z_{ВК-1}$	154	80	19	63	124
	$Z_{ВК-2}$	156	85	19,7	65,4	125,5

1.3 ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА И СХЕМЫ ТРАССИРОВКИ ВНЕШНИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Для определения диаметров труб и потерь напора на всех участках сети при пропуске расчетных расходов воды выполняют гидравлические расчеты водоводов и водопроводной сети. Потери напора нужны для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Гидравлический расчет выполняют только для магистральных линий и водоводов. В зависимости от схемы питания сеть рассчитывают на такие характерные случаи: максимальное водопотребление; максимальное водопотребление и пропуск дополнительных противопожарных расходов; транзит в напорный бак. Расчет на первые два случая нужен для всех схем сети, а на третий - для схемы с контррезервуаром.

Подготовка сети для расчета заключается в составлении условной расчетной схемы. При гидравлическом расчете сети невозможно учесть все реальные точки отбора воды потребителями, поэтому реальная схема заменяется условной с узловыми точками отбора воды, расположенных, как правило, на пересечениях магистральных линий. Узловые точки разделяют сеть на расчетные участки. Порядок определения расходов воды на участках такой:

1. По графику водопотребления для назначенного режима определяют расчетные расходы, q_{\max} л/с.

2. Определяют удельные расходы в л/с на 1 м сети, исключая при этом сосредоточенных водопотребителей:

$$q_{уд} = \frac{q_{\max} - \sum q_{соср}}{\sum L}, \quad (1.21)$$

где, $\sum q_{соср}$ – сумма расходов сосредоточенными водопотребителями, л/с;

$\sum L$ – суммарная длина участков сети, которые отдают воду, м (в нее не включаются участки, предназначенные только для транспортировки воды).

При различном характере застройки (многоэтажная, малоэтажная, индивидуальная) удельные расходы определяют для каждого района в отдельности.

3. Считая, что отбор воды из сетей равномерный, определяют путевые расходы для каждого участка:

$$q_{пут} = q_{уд} \cdot l. \quad (1.22)$$

4. Для упрощения расчетов заменяют путевые расходы узловыми (условно сосредоточенными в узлах) и определяют их как полусумму путевых расходов участков присоединенных к данному узлу:

$$q_{узн} = 0,5 \sum q_{пут}. \quad (1.23)$$

Если есть сосредоточенный расход в узле, то

$$q_{узл} = 0,5 \sum q_{пум} + q_{соср} \cdot \quad (1.24)$$

Сумма расходов, приходящих к узлу, должна быть равной сумме расходов, вытекающих из него.

5. Учитывая, что кроме путевых расходов проходит также транзитный расход $q_{тран}$ для питания следующих участков сети, определяют расчетные расходы для каждого участка:

$$q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{пум} \quad (1.25)$$

где, 0,5 - коэффициент, учитывающий, что в начале участка $q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{пум}$, а в конце $-q_i = q_{тран}$.

Зная расчетные расходы на участках сети и приняв материал труб, определяют диаметры магистральных трубопроводов,

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} \quad (1.26)$$

где, Q – расчетные расходы участка, м³/с;

V – Скорость движения воды в трубе, м/с.

Определяя величину скорости движения, следует учитывать, что малые скорости движения воды ведут к увеличению диаметра, а большие – к его уменьшению. Первое приводит к увеличению строительной стоимости, а второе – к увеличению потерь напора в трубах, и тем самым – к расходам электроэнергии на их преодоление, то есть увеличение эксплуатационных расходов. Экономически выгодная скорость составляет: для труб малого диаметра 0,6–0,9 м/с; для труб большого диаметра – 0,9 – 1,5 м/с (табл. В.2).

По формулам гидравлики при известных диаметрах и расходах участков сети определяют потери напора. Для упрощения расчетов по этим формулам составлены таблицы, пользуясь которыми, общие потери напора определяют, как:

$$h_i = i \cdot l, м \quad (1.27)$$

где, i – уклон трубопровода; l – Длина трубопровода, м.

При расчете магистральных линий потери напора на местные сопротивления не учитывают как сравнительно незначительные.

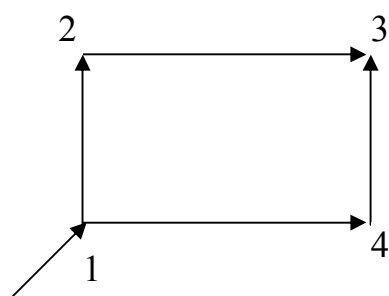
При расчете сложных кольцевых сетей может быть много разных решений распределения воды участками. В этих случаях проводят "увязку" сети, чтобы сумма потерь напора на участках кольца с движением воды по часовой стрелке равнялась сумме потерь напора на участках с движением воды против часовой стрелки ($\sum h = 0$).

Поскольку расходы на участках сети берутся ориентировочно, а

диаметры подбираются, исходя из экономических соображений, то сумма потерь напора не равна нулю, а составляет определенную положительную или отрицательную величину, называемую невязкой. Чтобы увязать сеть, надо часть взятого в начале расчетного расхода перебросить с более нагруженного полукольца на менее нагруженное. После исправления расходов повторно определяют потери напора. Расчет продолжают до тех пор, пока величина невязки не станет допустимой ($\Delta h = 0,3 - 0,5$ м).

Примеры решения задач по теме «Основы гидравлического расчета и схемы трассировки внешних водопроводных сетей»

Пример 1. Определить удельные, путевые и узловые расходы.



Длина участков:
 $l_{1-2} = l_{3-4} = 500$ м, $l_{3-2} = l_{1-4} = 800$ м

$$Q = 500 \text{ л/с}$$

Решение. Определяем удельный расход воды по формуле 3.1.

$$q_{уд} = \frac{500}{2600} = 0,1923 \text{ л/с.}$$

Для каждого участка магистральной сети определяем путевые расходы по формуле 3.2.

В соответствии с рисунком:

$$l_{1-2} = 500 \text{ м} \quad q_{пут}^{1-2} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$l_{2-3} = 800 \text{ м} \quad q_{пут}^{3-2} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$l_{3-4} = 500 \text{ м} \quad q_{пут}^{3-4} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$l_{4-1} = 800 \text{ м} \quad q_{пут}^{3-2} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$\sum q_{пут} = 500 \text{ л/с, что равняется } Q = 500 \text{ л/с}$$

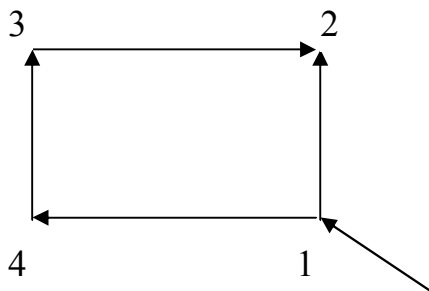
Заменяем путевые расходы узловыми (условно сосредоточенными в узлах) и определяем их как полусумму путевых расходов участков, присоединяются к данному узлу по формуле 3.3

$$q_{узл}^2 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;} \quad q_{узл}^3 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;}$$

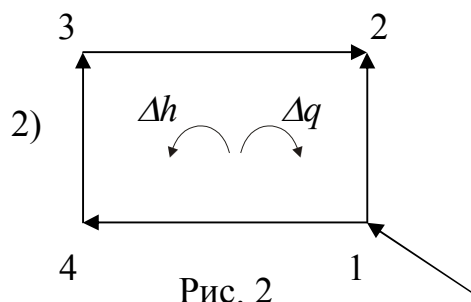
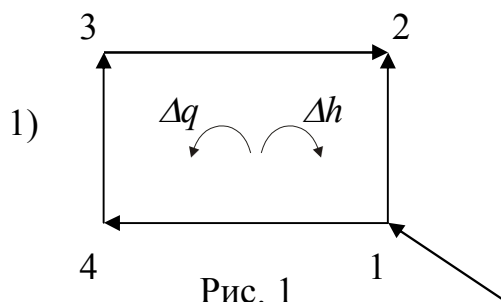
$$q_{узл}^4 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;} \quad q_{узл}^1 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с.}$$

$$\sum q_{узл} = 500 \text{ л/с.}$$

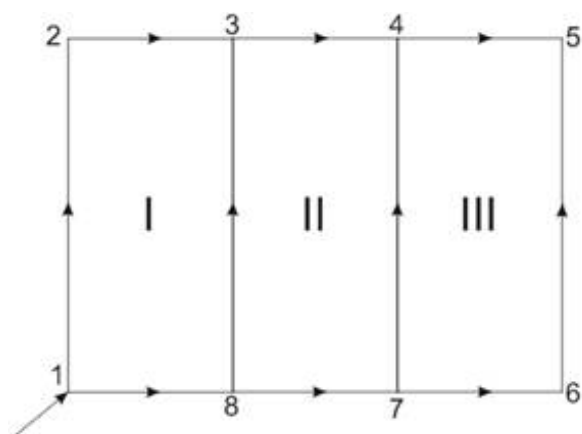
Пример 2. Определите, какие линии перегружены, а какие недогружены, почему? При таких условиях в одном случае $\Delta h > 0$, а в другом - $\Delta h < 0$. Рассмотреть оба случая.



Решение. В первом случае (рис. 1) знак потерь напора «+», совпадает с путем часовой стрелки, таким образом поправочный расход будет со знаком «-» и совпадает с участком 1-2, а это говорит, что этот участок недогружен. Во втором случае (рис. 2) знак потерь напора «-», направлен против пути часовой стрелки, таким образом поправочный расход будет со знаком «+» и совпадает с участками 1-4, 4-3, 3-2, а это значит, что эти участки перегружены.

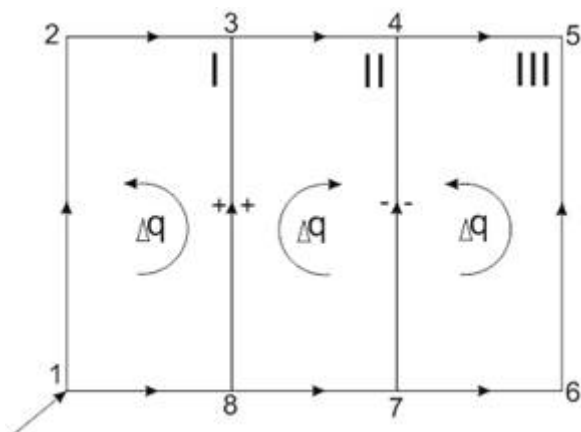


Пример 3. Определить уточненный расход на участке 3–8 и 4–7, если:



$$\begin{aligned} \Delta h_{\text{I}} &> 0, \Delta q_{\text{I}} = 5,5 \text{ л/с;} \\ \Delta h_{\text{II}} &< 0, \Delta q_{\text{II}} = 2,5 \text{ л/с;} \\ \Delta h_{\text{III}} &> 0, \Delta q_{\text{III}} = -3 \text{ л/с;} \end{aligned}$$

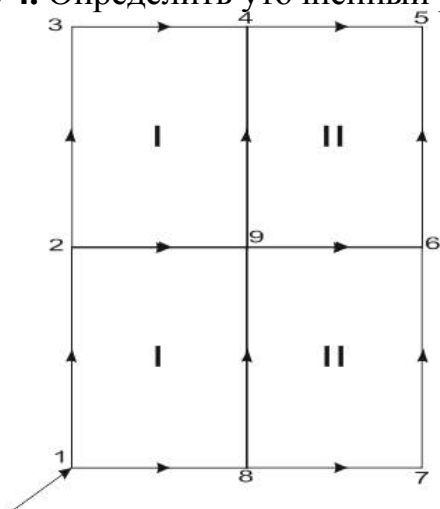
Решение.



$$\Delta q_{3-8} = \Delta q_I + \Delta q_{II} = 5,5 + 2,5 = 8 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{4-7} = -\Delta q_{II} - \Delta q_{III} = -2,5 - (-3) = 0,5 \text{ л/с};$$

Пример 4. Определить уточненный расход на участке 4–9 и 9–8, если:



$$\Delta h_I > 0, \quad \Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{II} < 0, \quad \Delta q_{II} = -2,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{III} > 0, \quad \Delta q_{III} = 3,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{IV} > 0, \quad \Delta q_{IV} = -2 \text{ л/с};$$

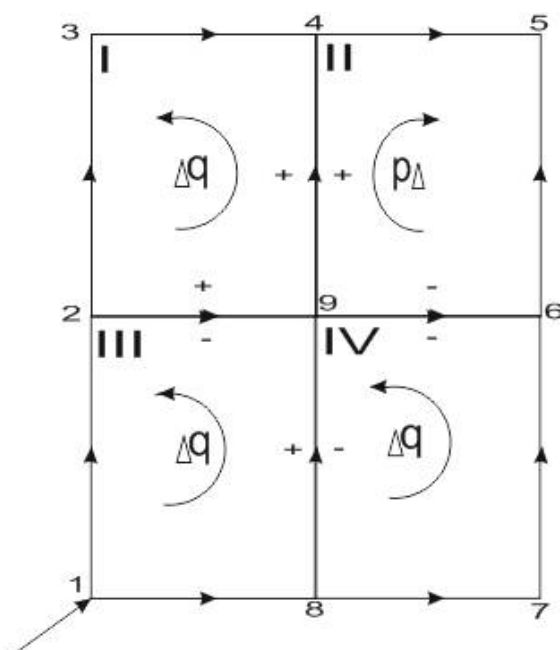
$$\Delta q_{2-9} = 40 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{6-9} = 45 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$$

Решение.



$$q'_{4-9} = q_{4-9} + \Delta q_I + \Delta q_{II} = 50 + 1,5 + (-2,5) = 49 \text{ л/с};$$

$$q'_{9-8} = q_{8-9} + \Delta q_{III} - \Delta q_{IV} = 55 + 3,5 - (-2) = 60,5 \text{ л/с};$$

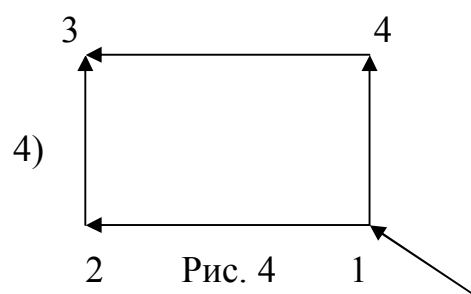
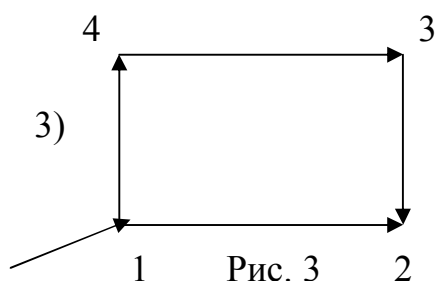
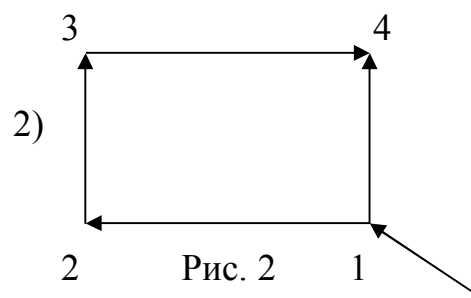
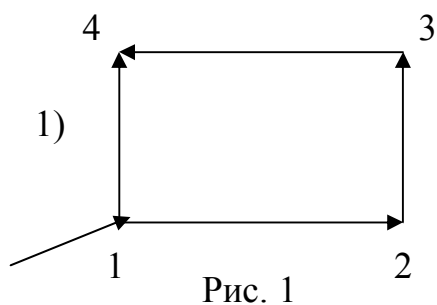
Задачи по теме «Основы гидравлического расчета и схемы трассировки внешних водопроводных сетей»

Задача 1. Определить удельные, путевые и узловые расходы, см. рис. к примеру 1.

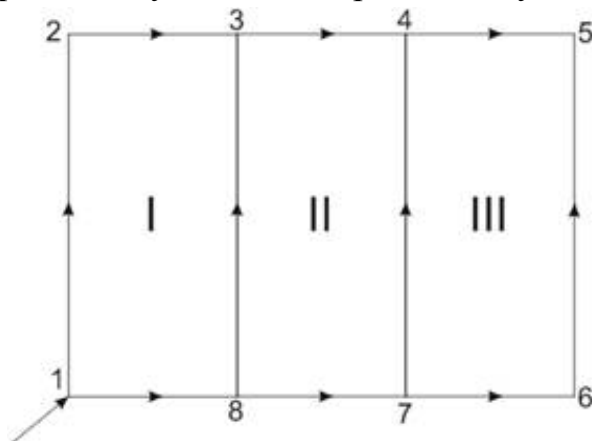
Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Расход воды, что поступает в сеть, л/с	400	500	600	800	1000
Длина участков: l_{1-2} , м	2000	1500	1000	2500	1000
l_{2-3} , м	1700	1200	1800	1000	700
l_{3-4} , м	600	500	900	800	800
l_{4-1} , м	800	400	450	600	1100

Задача 2. Определите, какие линии перегруженные, а какие недогруженные, почему? При решении задачи обязательно показывать направление движения расхода воды и потерь напора.

Исходные данные	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Потери напора	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$
Рисунок для решения задачи	рис. 1	рис. 2	рис. 3	рис. 4	рис. 2

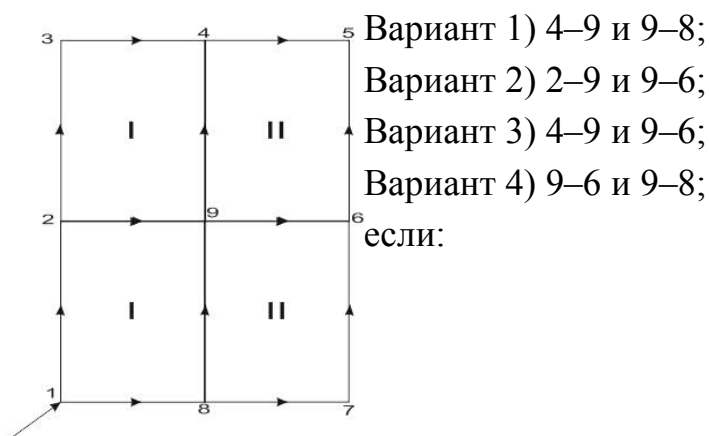


Задача 3. Определить уточненный расход на участке 3–8 и 4–7, если:



Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 4,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I > 0$	$\Delta q_I = -5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{II} > 0$	$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_{II} < 0$	$\Delta q_{II} = -5 \text{ л/с};$	$\Delta h_{II} > 0$	$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_{II} > 0$	$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{III} < 0$	$\Delta q_{III} = -2 \text{ л/с};$	$\Delta h_{III} < 0$	$\Delta q_{III} = 3 \text{ л/с};$	$\Delta h_{III} > 0$	$\Delta q_{III} = -3 \text{ л/с};$	$\Delta h_{III} > 0$	$\Delta q_{III} = -2 \text{ л/с};$

Задача 4. Определить уточненный расход на участке:



Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$\Delta h_I > 0;$	$\Delta h_I > 0;$	$\Delta h_I > 0;$	$\Delta h_I < 0;$
$\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{II} < 0;$	$\Delta h_{II} > 0;$	$\Delta h_{II} < 0;$	$\Delta h_{II} < 0;$
$\Delta q_{II} = -2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{II} = -3,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{II} = -1,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{II} = -1,5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{III} > 0;$	$\Delta h_{III} > 0;$	$\Delta h_{III} > 0;$	$\Delta h_{III} < 0;$
$\Delta q_{III} = 3,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{III} = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{III} = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{III} = -2,5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{IV} > 0;$	$\Delta h_{IV} > 0;$	$\Delta h_{IV} > 0;$	$\Delta h_{IV} < 0;$
$\Delta q_{IV} = -2 \text{ л/с};$	$\Delta q_{IV} = -3 \text{ л/с};$	$\Delta q_{IV} = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta q_{IV} = -1,2 \text{ л/с};$
$\Delta q_{2-9} = 45 \text{ л/с};$	$\Delta q_{2-9} = 40 \text{ л/с};$	$\Delta q_{2-9} = 42 \text{ л/с};$	$\Delta q_{2-9} = 45 \text{ л/с};$
$\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$	$\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$	$\Delta q_{4-9} = 53 \text{ л/с};$	$\Delta q_{4-9} = 55 \text{ л/с};$
$\Delta q_{6-9} = 65 \text{ л/с};$	$\Delta q_{6-9} = 45 \text{ л/с};$	$\Delta q_{6-9} = 41 \text{ л/с};$	$\Delta q_{6-9} = 50 \text{ л/с};$
$\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$	$\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$	$\Delta q_{8-9} = 58 \text{ л/с};$	$\Delta q_{8-9} = 40 \text{ л/с};$

2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Рекомендации к проведению лабораторных занятий

Лабораторные работы проводят по циклам. На каждый цикл отводится определенное время. В каждом цикле несколько задач, на выполнение каждой из них отводится 2 часа.

Количество и содержание лабораторных задач может быть в пределах общего количества часов, предусмотренных учебным планом.

Студенты приступают к выполнению лабораторных работ после изучения соответствующего раздела теоретического курса и выполняют их звеньями по два - шесть человек.

Перед началом выполнения лабораторных работ студенты должны четко усвоить теоретические основы процессов и определить порядок проведения работы. Для каждой лабораторной работы желательно иметь рисунок со схемой установки и инструкцию по ее проведению.

Все записи в процессе проведения работ, подсчеты, исследовательские данные, графики заносят в специальную тетрадь.

Целевое назначение лабораторных работ - закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях и в процессе самостоятельной работы учебного материала; обучение навыкам выполнения экспериментальных работ.

Общие правила работы и безопасности жизнедеятельности в лаборатории.

В лаборатории студенты должны быть аккуратными и внимательными, чтобы не произошло несчастного случая. Надежной гарантией безаварийной работы может служить лишь полное понимание студентами смысла каждой операции, каждого действия, сущности явлений и их возможных результатов, соблюдения требований безопасности.

На рабочих местах должны быть даны краткие инструкции, содержащие перечень безопасных приемов выполнения работ.

При возникновении каких-либо неясностей следует обратиться к лаборанту или преподавателю. Перед выполнением новой работы и с новыми веществами каждый студент получает подробный инструктаж.

Операции, связанные с повышенной опасностью, необходимо проводить только под непосредственным наблюдением преподавателя или лаборанта. На рабочем месте должны находиться только необходимые в данный момент приборы и оборудование.

При работе с реактивами следует исходить из того, что любые химические вещества, даже самые «безобидные», в большей или меньшей степени ядовиты. Для предотвращения попадания химических соединений на кожу, в рот, дыхательные пути необходимо соблюдать меры предосторожности, приведенные ниже.

Реактивы, необходимые для работы, следует держать плотно закупоренными, а летучие (например, соляную кислоту, раствор аммиака, бром) - на специальных полках в вытяжной шкаф.

Все работы с пылевыми и летучими реактивами следует проводить только в вытяжном шкафу. Шкафы, в которых высушивают вещества, также должны иметь тягу.

При работе с ядовитыми химическими веществами необходимо быть особенно аккуратным. Реактивы, которые прокинул или пролили, следует немедленно и тщательно убрать. Если во время работы будет пролита кислота или щелочь в большом количестве, нужно сообщить о случившемся лаборанту. Удалять кислоту и щелочь следует быстро, так как эти реактивы портят стол и другие предметы, и осторожно, чтобы не прожечь одежду и не повредить руки. Особенно осторожно следует обращаться с концентрированными щелочами и кислотами. Концентрированную кислоту (или щелочь), которые попали на тело, нужно быстро смыть сильной струей воды и обратиться к лаборанту за помощью.

Категорически запрещается выбрасывать в раковину жидкости и твердые вещества, которые не смешиваются с водой, а также сильные яды.

Во время работы следует пользоваться только незагрязненными реактивами, чистой посудой и приборами.

Лабораторная работа № 1 – Основные требования, предъявляемые к источникам водоснабжения

Целью лабораторной работы является изучение студентами требований предъявляемым к источникам водоснабжения, ознакомится с нормативными документами, регламентирующими качество подаваемой воды, научиться оценивать качество воды с точки зрения экологической безопасности.

Перед студентами ставятся следующие *задачи*:

1. Оценить качество воды с точки зрения экологической безопасности.
2. Разобраться с гигиеническими требованиями к питьевой воде предъявляемыми СанПиНом Украины.
3. Решение задач.

4. Сравнить основные требования, к качеству воды рекомендуемые ВОЗ с регламентированными на территории Украины, ЕС и США.
5. Органолептическое определение качества заготовленной воды.
6. Получить знания о бытовых водоочистительных фильтрах.

1.1 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности

Водные объекты считаются пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения:

- не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды для питьевого водоснабжения;
- выполняются условия $C \leq ПДК$,

где, C – содержание примесей в водном объекте, $г/м^3$

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (2.1)$$

где, C_i и $ПДК_i$ – соответствующая концентрация лимитируемых примесей.

Гигиенические требования, которые определяют пригодность воды для питьевых целей, включают:

- безопасность в эпидемиологическом отношении;
- безвредность химического состава;
- благоприятные органолептические свойства;
- радиационную безопасность.

1.2 Основные требования к качеству питьевой воды в Украине

Основные требования к качеству питьевой воды в Украине нормируют – Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) принятые 12.05.2010 указом №400 Министерства здравоохранения Украины с внесенными изменениями от 15.08.2011 указом № 505.

В данном разделе студенту необходимо проанализировать предоставленную воду в соответствии с требованиями к питьевой воде, для неочищенной воды – возможность применения источника для питьевых целей, очищенную воду (родник, водопровод, бутилированная) на пригодность использования для питьевых целей, физиологическую полноценность ее минерального состава.

Решение задач

Задача 1. При анализе пробы воды, взятой из водоносного горизонта, получены следующие результаты: запах 1 балл, мутность 1,2 мг/л, цветность 8 град., Активная реакция (рН) 7,6, жесткость общая 3,4 мг·экв/л, содержание

кальция 36,8 мг/л, меди 19,8 мг/л; железо общее 0,22 мг/л, хлор 7 мг/л, сульфаты 30 мг / л, сухой остаток 140 мг / л. Можно ли использовать эту воду для водоснабжения, и достаточен ли объем выполненного анализа для такой оценки?

Ответ: По всем приведенным показателям качество воды источника удовлетворяет требованиям СанПиНа Украины, однако на основании этих данных вывод о пригодности воды для питьевых целей сделать нельзя, потому что не выполнены бактериологические анализы; не определена концентрация фтора, наличие которого в воде обязательно и строго нормированная; нет санитарно-токсикологического анализа.

Задача 2. Определить, пригодна ли вода для питьевых целей, если она удовлетворяет требованиям СанПиНа по органолептическим и бактериологическим показателям, а в веществах, нормированных по санитарно-токсикологическим показателям вредности, обнаружены ионы свинца $[Pb^{2+}]$ 0,0085 мг/л, стронция $[Sr^{2+}]$ 0,9 мг/л, молибдена $[Mo^{2+}]$ 0,01 мг/л?

Ответ: Концентрация свинца, стронция и молибдена не превышает норм, установленных СанПиНом Украины, однако для учета кумулятивного (общего) действия соединений перечисленных элементов нужно провести расчет (ф-ла 2.1):

$$\frac{0,0085}{0,01} + \frac{0,9}{7} + \frac{0,01}{0,07} = 1,252 > 1$$

Сумма отношения концентраций каждого из веществ, к соответствующей ПДК, больше единицы, значит такая вода непригодна для питьевых целей.

В данном разделе студент решает 2 аналогичных задачи предложенных преподавателем.

1.3 Сравнение основных требований к качеству воды, рекомендуемых ВОЗ, с регламентированными на территории Украины, ЕС и США

При подготовке данного блока студент изучает рекомендации ВОЗ к качеству питьевой воды, а также требования, предъявляемые к качеству питьевой воды в США и ЕС (прил. Б). На основании изученного материала студент описывает наиболее характерные особенности и отличия, от рекомендаций ВОЗ и требований к питьевой воде на территории Украины.

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ). Всемирная Организация Здравоохранения (World Health Organization) – это специализированное учреждение ООН, основная функция которого состоит в решении международных проблем здравоохранения и охраны здоровья населения. "Руководство по контролю качества питьевой воды", выпущенное

этой организацией в 1984 году (пересмотренное и дополненное в 1992 году) является основным стандартом, на основании которого разрабатываются нормативы.

Агентство по охране окружающей среды США (U.S.EPA). Агентство по охране окружающей среды США (U.S. Environment Protection Agency) – правительственное учреждение США, в задачу которого входит защита здоровья населения и охрана окружающей среды. Этим агентством был разработан федеральный стандарт качества питьевой воды США. Данный стандарт включает в себя два раздела: *National Primary Drinking Water Regulations* – это обязательный для соблюдения стандарт, объединяющий на сегодняшний день 79 параметров (органические и неорганические примеси, радионуклиды, микроорганизмы), потенциально опасных для здоровья человека; *National Secondary Drinking Water Regulations* – стандарт, носящий рекомендательный характер и включающий перечень из 15 параметров, превышение нормативов по которым может ухудшить потребительские качества воды. Интересной особенностью американского стандарта является то, что в нем с 1986 года по каждому параметру установлены два норматива Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) и Maximum Contaminant Level (MCL). Первый из них - MCLG - представляет собой тот максимальный уровень, при котором данное вещество гарантированно не оказывает вредного влияния на организм человека. Строгое соблюдение этого уровня не является обязательным. Это как бы цель, к которой следует стремиться. MCL – это обязательная для соблюдения величина, представляющая собой предельно допустимый уровень по каждому параметру качества воды.

Директива Европейского Сообщества (European Community, EC), касающаяся "качества воды, предназначенной для потребления населением" (80/778/EC) была принята Европейским Советом 15 июля 1980 года. Более известный под названием "Директива по Питьевой Воде" (Drinking Water Directive), данный документ лег в основу водного законодательства стран Евросоюза. В Директиве нормируются 66 параметров качества питьевой воды, разбитые на несколько групп (органолептические показатели; физико-химические параметры; вещества, присутствие которых в воде в больших количествах нежелательно; токсичные вещества, микробиологические показатели и параметры умягченной воды, предназначенной для потребления). ЕС устанавливает для большинства параметров два уровня предельно допустимой концентрации:

- Уровень G – это долговременная цель, которую странам ЕС желательно достигнуть в перспективе.
- Уровень I – это обязательный для выполнения всеми странами порядок величин, определяющих качество воды.

В Директиве эти нормы закреплены в виде величин МАС (Maximum Admissible Concentration) для каждого параметра. Законодательство стран ЕС должно устанавливать нормы качества воды не хуже, чем величина МАС.

1.4 Органолептическое определение качества воды

В этом разделе студенты учатся определять качество воды по внешним признакам. Результаты заносят в журнал

Предварительное суждение о соответствии либо о несоответствии воды критериям физиологической полноценности можно сделать на основе характерных органолептических признаков, то есть по вкусу, цвету и запаху воды.

Признаками несоответствия водопроводной воды качеству «питьевая» являются следующие:

1. Солоноватый привкус воды – симптом того, что в воде присутствует избыток хлорид - ионов. Значит, уровень её минерализации превышает физиологически оптимальное значение.
2. Горьковатый привкус воды – может быть вызван либо повышенной щелочностью воды, что практически безопасно, либо повышенным содержанием в ней растворенных сульфатов, что чревато расстройством пищеварения.
3. Металлический привкус воды указывает на присутствие в воде растворенного железа. В водопроводную воду железо чаще всего попадает из-за коррозии водопроводных труб, но может присутствовать в ней и из-за длительного выщелачивания железорудных массивов (залежей). Вода с растворенным железом может быть прозрачной и бесцветной, но при контакте с кислородом воздуха железо обязательно окисляется, и вода приобретает цветность от желтоватого до красно-бурого оттенков с выделением окрашенного осадка коллоидной ржавчины.
4. Вода с плотной белой взвесью. Набираемая из-под крана вода имеет белесоватый цвет и содержит муть, которая постепенно опускается на дно в виде осадка. Это признак того, что в воде присутствует много солей кальция.
5. Образование накипи свидетельствует о повышенной жесткости воды, вызванной большим содержанием в ней солей кальция и магния.

6. Характерный запах тухлых яиц и темные пятна на серебряных (посеребрённых) столовых приборах, а также желтые пятна на раковине это признаки присутствия в водопроводной воде растворенного сероводорода.
7. Затхлый запах воды. Неприятный запах обусловлен попаданием в питьевую воду азотосодержащих веществ.
8. Запах акварельной краски (гуаши). Этот запах вызывается фенолом, источником которого являются промышленные стоки.
9. Аптечный запах создают галогенированные (хлорированные) ароматические углеводороды – токсичные примеси воды, образующиеся в ней при действии хлора на некоторые природные и синтетические органические вещества, попавшие в воду.
10. Разноцветные разводы на поверхности воды вызывается пленками нефтепродуктов.
11. Желтая вода. Вода приобретает желтоватый оттенок, оставляющий пятна на светлых тканях из-за её загрязнения танином и гуминовыми кислотами. Это вещества природного происхождения. Они накапливаются в воде при её естественной фильтрации через слои растительного перегноя или через торфянистую почву.
12. Вода мутного молочного цвета, которая становится прозрачной при её отстаивании. Этот эффект является следствием насыщения воды растворенными газами (азотом, углекислым газом, метаном).
13. Образование грязной пены «мыльных пузырей» на поверхности воды при её закипании чаще всего пытаются объяснить присутствием в воде поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые используются в качестве моющих средств (стиральные порошки, мыло и т.д.), но на самом деле природа эффекта совсем иная и связана она с высвобождением поверхностно - активных веществ из клеток бактерий, образующих биологические обрастания в водопроводных сетях.

1.5 Бытовые водоочистительные фильтры

В этом разделе студенты изучают краткие сведения о очистке воды в домашних условиях (народные методы, бытовые фильтры). Свои наблюдения записывают в журнал.

В настоящее время происходит все более полное насыщение потребительского рынка различными водоочистительными устройствами. Необходимость их применения диктуется повсеместно ухудшающейся экологической обстановкой.

Для осознанного выбора модели фильтра или водоочистительной системы следует определить:

- состав и концентрацию примесей в исходной воде;
- суточную потребность семьи или коллектива в очищенной воде;
- производительность и селективность приобретаемого фильтра или водоочистительной системы;
- состояние водопровода, из которого вода будет поступать на очистку;
- давление воды в водопроводе;
- габариты потенциально приобретаемого изделия;
- площади и объемы пространств, где предполагается установить покупку;
- периодичность регламентного обслуживания для приобретаемого изделия;

1.5.1 Виды фильтрации

Механическая фильтрация

Механическая фильтрация обеспечивает задержание с помощью мелкоячеистых сеток или специальных инертных пористых фильтрующих материалов тех видов загрязнений, которые состоят из минеральных и органических взвесей, ржавчины и т.д. На степень их удаления из очищаемой воды влияет диаметр ячеек в фильтрующей сетке или размеры пор в «объемном» фильтрующем материале. Чем они меньше, тем более глубокой является очистка воды от указанных примесей.

- грубая механическая фильтрация обеспечивает задержание частиц с размерами в пределах от 5 до 500 мкм.
- тонкая механическая фильтрация обеспечивает задержание частиц с размерами в пределах от 0,5 до 5,0 мкм,
- ультратонкая механическая фильтрация обеспечивает задержание частиц с размерами, не превышающими 0,45 мкм.

Фильтры грубой механической очистки чаще всего представляют собой сетчатые перегородки. Обычно их устанавливают на трубопроводе входа воды в помещение. Такие фильтры предохраняют грандбуксы современных смесителей, электрические клапаны и другие гидравлические устройства в бойлерах, стиральных, посудомоечных машинах и т.д. от загрязнения ржавчиной и взвесями.

Фильтры тонкой и ультратонкой механической очистки устанавливают перед водоразборными кранами на кухнях и в других местах потребления воды. Эти фильтры существенно повышают прозрачность воды, удаляют ржавчину, но не корректируют химического состава воды.

Соли жесткости, хлор и хлорорганические примеси воды фильтрами тонкой и ультратонкой механической очистки не удаляются.

Ионообменная фильтрация

Этот вид фильтрации применяют для умягчения воды. Используя ионообменные фильтры, потребитель должен четко представлять себе, что они требуют регулярной замены, а если не замены, то обязательной регенерации с использованием специальных солей, кислот и щелочей.

Адсорбционная фильтрация

Самым распространенным материалом в бытовых водоочистительных фильтрах, является активированный уголь. Его получают по технологии специальной термической обработки растительного сырья. Активированный уголь хорошо адсорбирует молекулы определенных видов органических примесей воды, таких как бензол, хлорбензол и др. Он также поглощает из фильтруемой воды большинство растворенных в ней газов, (таких как метан, сероводород и др.).

Активированный уголь наиболее часто рекомендуют к использованию для доочистки водопроводной воды, потребляемой для питья и приготовления пищи. В водопроводной воде, отфильтрованной через загрузку из активированного угля, резко понижается концентрация хлора и хлорорганических производных, но повышается кислотность воды из-за появления в ней избытка ионов водорода (H^+), взамен на нейтрализованный хлор.

Ионы тяжелых и поливалентных металлов в угольных фильтрах поглощаются слабо. Тем не менее, вода, отфильтрованная с применением свежего активированного угля, всегда становится более прозрачной и бесцветной. Она приобретает приятный вкус и у неё исчезает запах.

Важно знать, что угольные фильтры также как и ионообменники, при обработке сильно загрязненной воды быстро утрачивают свою поглотительную способность. При длительном фильтровании воды, не содержащей растворенного кислорода, они обрастают колониями гнилостных бактерий. Эти бактерии в большом количестве стравливаются в фильтрат при резких изменениях скорости фильтрации воды, например, при остановке фильтрации на ночь и при последующем включении фильтрации утром.

Обратноосмотическая фильтрация

Этот мембранный физико-химический способ водоочистки имеет сравнительно недавнюю историю. Вода очищается за счет ее медленного просачивания под давлением от 4-х до 24 атмосфер через специальные

(обратноосмотические) мембраны. Функциональные отверстия в этих мембранах действуют так, что при давлении, превышающем осмотический предел, они пропускают сквозь себя воду, а все более концентрирующийся солевой раствор остается у входа в эти отверстия, то есть он накапливается с внешней стороны мембраны, где давление высокое. При этом собственно химическое вещество H_2O (чистая вода) накапливается в пространстве с обратной стороны мембраны, где давление низкое.

Для реализации обратноосмотической технологии необходима соответствующая предварительная подготовка воды.

1.5.2 Классификация бытовых водоочистительных фильтров

Изучая ассортимент водоочистительных приборов и механизмы их работы, можно обнаружить, что в них редко используется какой-либо один способ очистки воды. Эффективную работу той или иной модели чаще всего гарантирует комбинация нескольких способов водоочистки реализованных в ней.

Фильтры-кувшины

Если пользователь желает приобрести дешевый и эффективный водоочистительный прибор, не требующий специального монтажа и не занимающий много места, но согласен с необходимостью последующего частого приобретения фильтрующих вставок для него, то, скорее всего, он остановится на выборе водоочистителя типа фильтр – кувшин.

Свое название этот водоочистительный прибор получил от формы основной емкости, в которую вставляется дополнительный съемный сосуд с фильтрующим патроном (картриджем). Водопроводная вода наливается в этот съемный сосуд, проходит через фильтрующую вставку (картридж) и, очищенная, попадает в основную емкость (кувшин). Удобная форма и эргономичный дизайн кувшина позволяют с легкостью переливать отфильтрованную воду в другую посуду.

Основным наполнителем фильтрующего патрона в водоочистителе кувшинного типа является активированный уголь, обогащенный серебром и ионообменными смолами. С его помощью фильтруемая вода умягчается и очищается от хлора и др. примесей.

Объем фильтра-кувшина может варьировать в пределах от 1,5 до 5 литров. Они удобны в использовании и не зависят от водопровода, не требуют специального монтажа. К недостаткам можно отнести очень медленную скорость фильтрации и необходимость частой замены фильтрующих картриджей.

Фильтры-насадки

Эти фильтры устанавливаются вместо расщепителя на выходе водоразборного крана или смесителя. Некоторые модели фильтров-насадок оборудованы переключателями, направляющими струю воды из крана либо через фильтр, либо мимо него. Скорость очистки воды в фильтрах-насадках выше, чем у кувшинов, так как фильтрация осуществляется под напором давления воды в водопроводе, но качество очистки воды — существенно ниже, так как загрязнения из потока быстро фильтруемой воды не успевают эффективно поглощаться этими фильтрами.

Настольные фильтры

Настольные фильтры являются проточными устройствами. Масса активного фильтрующего вещества в их картриджах варьирует от 0,5 до 2,0 кг. Картриджи помещаются в герметичный корпус со штуцером подачи воды на очистку и водоразборным краном. Фильтр устанавливается на столешнице возле раковины или на стене, но так, чтобы струя очищенной воды могла попадать прямо в раковину, а сам фильтр мог быть стационарно подключен к водопроводу гибким напорным шлангом.

Обечаечные картриджные фильтры

Эти фильтры выпускаются с разными функциональными возможностями и с разными типоразмерами их фильтрующих картриджей. Фильтрующие картриджи устанавливаются в соответствующие им стандартные проточные цилиндрические обечайки.

Обечайки с картриджами разного назначения (механическая фильтрация, ионообменная фильтрация, адсорбционная фильтрация, насыщение солями) соединяют в фильтрующую конструкцию (батарею) с последовательным соединением её модулей и тем самым добиваются комбинированной водоочистки с необходимой степенью удаления примесей из потока фильтруемой воды.

Мембранные фильтры

Бытовые системы для обратноосмотической очистки воды обязательно komponуются как минимум трехступенчатым устройством для предварительной очистки воды, направляемой на обратноосмотическую фильтрацию. Такое устройство включает в себя фильтры грубой и тонкой механической очистки, а также адсорбционный угольный и ионообменный фильтры. Но на этом комплектация не заканчивается. После обратноосмотического модуля обязательно требуется установка еще двух фильтров. Один из них предназначен для дегазации получаемого обратноосмотического фильтрата и

состоит из активированного угля, а второй предназначен для восстановления необходимого уровня минерализации обратноосмотической воды и представляет собой солевой картридж.

Производительность бытовых обратноосмотических водоочистительных систем варьирует от 12 до 180 литров сутки.

Контрольные вопросы:

1. На основании каких показателей определяют пригодность того или иного источника для водоснабжения?
2. В чем состоит контроль состоянием воды в поверхностных и подземных источниках водоснабжения?
3. По каким показателям нормируют качество воды?
4. Требования качеству питьевой воды на территории Украины.
5. Зарубежные требования к качеству питьевой воды (рекомендации ВОЗ (ООН), требования Агентства по охране окружающей среды (США), Директивы ЕС (Евросоюз).
6. Органолептические признаки «некачественной» питьевой воды.
7. Расскажите о видах фильтрации, используемой в бытовых фильтрах.

Классификация бытовых водоочистительных фильтров.

Лабораторная работа № 2 – Изучение физических показателей качества воды

Цель занятия. Знакомство с физическими, органолептическими, химическими и бактериологическими показателями качества воды. Научиться анализировать питьевую воду на соответствие ее основным гигиеническим требованиям СанПиН путем решения ситуационных задач. Научиться давать развернутое гигиеническое заключение о пригодности исследуемого образца воды для хозяйственно-питьевых целей.

Практические навыки. Умение разобраться с основными физическими, химическими и бактериологическими показателями загрязнения воды. Решить ситуационную задачу и дать развернутое гигиеническое заключение и рекомендации по улучшению качества воды.

2.1 Физические и органолептические свойства воды

Физические свойства воды (температура, запах, вкус, цветность, прозрачность, осадок, мутность) обуславливают внешний вид воды. Определение физических свойств воды имеет большое гигиеническое значение, так как наличие в воде постороннего запаха, привкуса, окраски может указывать на загрязнение воды посторонними веществами, кроме того

отталкивает потребителя, действуя на его эстетические чувства, даже если она безвредна.

2.1.1 Определение температуры

Температура воды имеет большое физиологическое и гигиеническое значение. Наиболее благоприятной для питьевой воды является температура от +7 °С до + 12 °С. Вода более высокой температуры не оказывает освежающего действия. Охлажденная вода вызывает усиление деятельности слюнных и желудочных желез, способствует охлаждению слизистой оболочки рта и глотки. Вода при температуре ниже + 5 °С может вызвать простудные заболевания, нарушение целостности эмали зубов. Температура рассматривается и как показатель санитарного состояния водоема. Высокая температура воды в колодце летом и низкая зимой говорит о поверхностном расположении грунтовой воды, а, следовательно, большой возможности её загрязнения извне. Повышенная температура воды способствует размножению сапрофитов. Температура питьевой воды должна быть постоянной, так как постоянство температуры воды в водоеме указывает на отсутствие притока в него поверхностных, загрязненных вод.

2.1.2 Определение запаха

Характер и интенсивность запаха определяют органолептически. Характер запаха определяют по ощущению воспринимаемого запаха. Различают две группы запахов: запахи естественного и искусственного происхождения. Запахи естественного происхождения обусловлены живущими и отмирающими в воде организмами, влиянием берегов, дна, почв, грунтов. Так, присутствие в воде растительных остатков придает ей землистый, илистый или болотный запах. Если вода цветет, и в ней содержатся продукты жизнедеятельности актиномицетов, то она имеет ароматический запах. Наличие сероводорода придает воде запах тухлых яиц.

При гниении органических веществ в воде или загрязнении её нечистотами возникает гнилостный, сероводородный или фекальный запах. Обычно характер запаха воды описывается следующими терминами: ароматический (огуречный, цветочный); болотный (кислый, тинистый); гнилостный (фекальный, сточный); древесный, землистый, плесневелый, рыбный, сероводородный, травянистый, неопределенный.

Запахи искусственного происхождения возникают при загрязнении воды промышленными и сельскохозяйственными сточными водами. Их характер определяют по названию тех веществ, запах которых они представляют: фенольный, камфорный, аптечный, хлорный, металлический.

2.1.3 Вкус и привкус воды

Питьевая вода должна быть приятной, иметь освежающий вкус без какого-либо постороннего привкуса. Вкус воды зависит от минерального состава воды, её температуры и растворенных газов.

Органолептическим методом определяют характер и интенсивность вкуса и привкуса. Различают четыре основных вкусовых ощущения: соленое, кислое, сладкое, горькое. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами (щелочной, металлический, хлорный, вяжущий и т.д.).

Определение вкуса воды производят только в обеззараженной или заведомо чистой воде при температуре + 20 °С. В сомнительных случаях воду подвергают кипячению в течение 5 минут с последующим охлаждением. Исследуемую воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая, задерживают 3 – 5 секунд.

Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5 балльной системе: 0 баллов – нет вкуса; 1 балл – очень слабый; 2 балла – слабый; 3 балла – заметный; 4 балла – отчетливый; 5 баллов – очень сильный.

Интенсивность вкуса и привкуса должна быть не более 2 баллов, а при хлорировании – не превышать 1 балла.

Гигиеническое значение определения запахов и привкусов состоит в том, что при их интенсивности свыше 2 баллов ограничивается водопотребление, интенсивность естественных запахов и привкусов свыше 2 баллов свидетельствует о наличии в воде биологически активных веществ, искусственные запахи и привкусы могут быть показателями загрязнения воды сточными водами.

2.1.4 Определение прозрачности

Прозрачность воды является важным признаком её доброкачественности. Прозрачность зависит от содержания в воде механических взвешенных веществ (мутность), химических примесей, солей железа. Цветение водоемов ведет также к понижению прозрачности воды. Питьевая вода должна быть прозрачной. Мутная, непрозрачная вода неэстетичная и всегда подозрительна в эпидемиологическом отношении, так как в мутной воде создаются оптимальные условия для размножения микроорганизмов.

Ход определения. Определение прозрачности производится на месте отбора проб воды. Исследуемую воду после взбалтывания наливают в цилиндр Снеллена, отградуированный по высоте в сантиметрах, с прозрачным плоским дном и имеющий у своего основания тубус для выпуска воды, на который надета резиновая трубка с зажимом. Цилиндр ставят на расстоянии 4 см от дна

до печатного шрифта Снеллена, смотрят сверху вниз через толщу воды. Если шрифт не виден, выпускают через нижнюю трубку воду до тех пор, пока не определится отчетливо шрифт. Высота этой толщи воды в сантиметрах определяет степень прозрачности воды.

Минимально допустимая прозрачность питьевой воды - не менее 30 см по шрифту Снеллена. Вода с прозрачностью от 20 до 30 см – слабо мутная, от 10 до 20 см – мутная, до 10 см – очень мутная.

2.1.5 Определение мутности

Определение мутности производят не позднее 24 часов после отбора пробы воды. Мутность воды связана с присутствием в ней твердых частиц, находящихся в различной степени дисперсности в виде взвешенных веществ и не должна превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Мутность воды определяют фотометрическим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями.

2.1.6 Определение цветности

Питьевая вода должна быть бесцветной. Цветность природной воды обусловлена наличием в ней гуминовых веществ, образующихся в результате разложения растительных остатков, что придает воде желтоватый оттенок. Окраску воде могут придавать соединения железа (желто-зеленоватое окрашивание), цветущие водоросли, взвешенные вещества. Вода может приобретать несвойственные ей оттенки в результате загрязнения сточными водами различных промышленных предприятий и др. В таких случаях окраску воды обозначают не как “цветность” воды, а как “цвет” и определение цветности не производят.

Принцип метода. Цветность определяют фотометрически в градусах, путем сравнения проб исследуемой жидкости со стандартами, имитирующими цвет природной воды и должна быть не более 20° .

2.1.7 Определение сухого остатка

Величина сухого остатка характеризует общее содержание растворенных в воде нелетучих минеральных и частично органических веществ, которые влияют на органолептические показатели воды.

Общее количество солей должно быть не выше 1000 мг/дм^3 , в отдельных случаях допускается использование воды с сухим остатком до 1500 мг/дм^3 . Воду с сухим остатком до 1000 мг/дм^3 называют пресной, свыше 1000 мг/дм^3 – минерализованной.

Гигиеническое значение этого показателя состоит в том, что воды, содержащие повышенные количества минеральных солей, не пригодны для питья, так как имеют соленый или горький вкус, а их употребление приводит к

неблагоприятным физиологическим отклонениям в организме. Слабоминерализованная вода (ниже 50-100 мг/дм³) неприятна на вкус, содержит мало микроэлементов и может привести к неблагоприятным физиологическим сдвигам в организме.

2.2 Исследование химического состава воды

Вода различных источников отличается известным постоянством. Появление в воде водоисточника новых соединений или повышение концентрации содержащихся в ней солей указывает на возможное загрязнение его за счет спуска промышленных, сельскохозяйственных или бытовых сточных вод. Вода хозяйственно-питьевого назначения отвечает гигиеническим требованиям, если она имеет постоянный химический состав, концентрации минеральных и органических веществ не превышают предельно допустимых, нет косвенных показателей её загрязнения, отсутствуют ядовитые вещества.

2.2.1 Определение pH воды

Реакция воды обусловлена концентрацией водородных ионов и обозначается символом pH (водородный показатель). С целью получения ориентировочного представления о химическом составе воды в ней предварительно определяют реакцию, или её кислотность и щелочность. Природная вода обычно имеет слабощелочную реакцию. Увеличение щелочности указывает на загрязнение её или цветение водоема. Кислая реакция воды отмечается при наличии гуминовых веществ или проникновении промышленных сточных вод. Активная реакция (pH) питьевой воды должна быть 6,0 – 9,0. Для определения pH воды пользуются специальным прибором – ионометром, шкала которого проградуирована в единицах pH.

2.2.2 Определение жесткости воды

Жесткость воды определяется количеством растворенных в ней солей угольной, серной, соляной, фосфорной, азотной кислот, главным образом кальция и магния. В некоторых случаях жесткость воды обусловлена присутствием солей калия, натрия, железа (II), марганца (II), алюминия.

Практически различают три вида жесткости: общую, устранимую и постоянную. Общая жесткость – это жесткость сырой воды, обусловленная всеми соединениями кальция и магния (иногда железа и марганца), независимо от того, с какими анионами они связаны. Постоянная жесткость – жесткость воды после одночасового кипячения. Она обусловлена присутствием сульфатов и хлоридов кальция, железа, магния, калия, натрия, т.е. солей, не дающих осадка при кипячении. Устранимая жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, меньше магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, которые

устраняются при кипячении, оседают на стенках сосудов в виде накипи (CaCO_3 , MgCO_3). Таким образом, устранимая жесткость есть часть общей жесткости, которую можно вычислить по разнице между общей и постоянной жесткостью. Карбонатная жесткость обусловлена присутствием в воде карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния (иногда калия, натрия, алюминия, марганца, железа). При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются. Образующиеся карбонаты кальция и магния выпадают в осадок, и поэтому вода теряет часть жесткости. Щелочность природных вод обуславливается содержанием в ней гидрокарбонатов и карбонатов щелочноземельных металлов (Ca, Mg, K, Na) и других солей слабых кислот. Практически - это устранимая жесткость. Щелочность воды имеет значение для процесса коагуляции воды при её очистке.

Жесткость воды зависит также от химического состава почвы, через которую проходит вода, содержания в ней оксида углерода, степени загрязнения её органическими веществами.

2.2.3 Определение окисляемости воды

Окисляемость воды – это количество кислорода в миллиграммах, которое расходуется на химическое окисление органических и неорганических (соли железа, сероводород, аммонийные соли, нитраты и др.) веществ, содержащихся в 1 л воды. Повышенная окисляемость может указывать на загрязнение воды. Наименьшую окисляемость – (1 – 2 мг/л O_2) имеют глубокие подземные воды. В грунтовых водах окисляемость составляет 2 – 4 мг/л, причем она тем больше, чем выше цветность воды. В воде открытых водоемов окисляемость выше 5 – 6 мг/л O_2 в реках и 5 – 8 мг/л O_2 в водохранилищах.

2.2.4 Определение хлоридов

Гигиеническое значение хлоридов определяется их происхождением. Большое содержание хлоридов возможно при прохождении водоносного горизонта через солончаковые почвы, загрязнении воды сточными водами. Согласно нормативам содержание хлоридов в воде не должно превышать 350 мг/л. Содержание хлоридов в воде свыше 350 мг/л придает воде соленый вкус. Значительное содержание хлоридов, аммиака, высокая окисляемость в сочетании с неблагоприятными бактериологическими показателями указывают на санитарное неблагополучие водисточника.

2.2.5 Определение сульфатов

Сульфаты в количествах, превышающих 500 мг/л, придают воде горьковато-солончатый вкус, при концентрации 1000 – 1500 мг/л неблагоприятно влияют на желудочную секрецию, могут вызывать

диспепсические явления. В водопроводной воде содержание сульфатов не должно превышать 500 мг/л.

2.2.6 Определение железа

В воде могут находиться соединения железа (II) и железа (III). Большие количества растворенного в воде железа не оказывают вредного влияния на здоровье людей, но такая вода непригодна для хозяйственно-бытовых целей. Повышенное содержание железа вызывает окрашивание, помутнение, придает воде запах сероводорода, неприятный чернильный привкус, а в сочетании с гуминовыми соединениями – болотный привкус. Колонии железобактерий могут закупорить просвет трубопроводов. Вода с повышенным содержанием железа не пригодна для использования в ряде отраслей промышленности. Санитарными нормами установлена для воды водопроводов ПДК железа, равная 0,3 мг/л.

2.2.7 Аммиак, нитриты и нитраты в воде

При оценке качества воды учитываются значения химических показателей загрязнения воды органическими веществами, какими являются содержание аммиака, нитритов и нитратов.

Аммиак является начальным продуктом разложения органических азотсодержащих веществ. Поэтому при централизованном водоснабжении его содержание в воде категорически недопустимо. Наличие аммиака в воде в количествах, превышающих 0,1 мг/л при местном водоснабжении, во многих случаях расценивается как показатель опасного в эпидемиологическом отношении свежего загрязнения воды органическими веществами животного происхождения. Иногда, особенно в глубоких подземных водах, возможно присутствие аммиака, образовавшегося за счет восстановления нитратов при отсутствии кислорода. В этом случае аммиак не указывает на недоброкачество воды. Не является показателем органического загрязнения повышенное содержание аммиака в болотистых и торфяных водах (аммиак растительного происхождения).

Показателем более давнего загрязнения являются соли азотистой кислоты – нитриты, которые представляют собой продукты окисления аммиака под влиянием микроорганизмов в процессе нитрификации. При централизованном водоснабжении нитриты не допускаются в воде. При местном водоснабжении наличие нитритов в количествах, превышающих 0,002 мг/л, свидетельствует о возможном загрязнении воды органическими азотсодержащими веществами биологического происхождения.

Соли азотной кислоты – нитраты – конечные продукты минерализации органических азотсодержащих веществ. Наличие в воде нитратов без аммиака и солей азотистой кислоты указывает на завершение процесса минерализации и при высоком их содержании в воде свидетельствуют о давнишнем загрязнении её. Одновременное содержание в воде всех трех компонентов – аммиака, нитритов и нитратов – свидетельствует о незавершенности процесса минерализации и опасном в эпидемиологическом отношении загрязнении воды. Повышенное содержание нитратов в воде может быть также минерального происхождения за счет растворения почвенных солей, например, селитры. Допустимое содержание нитратов в воде при централизованном водоснабжении – 10 мг/л, при местном – 20 мг/л.

Показателем органического загрязнения воды является также биохимическое потребление кислорода – БПК. БПК_{полн.} – количество кислорода, расходуемое на полное биохимическое (с участием микроорганизмов) окисление органических веществ в 1 л воды при температуре + 20 °С.

2.2.8 Фториды в воде. Гигиеническое значение фтора в питьевой воде

Особое место в исследовании химического состава воды занимает содержание фторидов в воде. Фтор относится к числу микроэлементов, обладающих выраженным биологическим действием. При его участии осуществляются процессы минерализации в тканях зубов и костей. Особенно выраженное влияние он оказывает на клетки, принимающие участие в формировании эмали. Поэтому при потреблении воды с малым содержанием фтора нарушаются процессы нормальной минерализации зубов и, как следствие этого, среди населения отмечается повышенная заболеваемость кариесом зубов. При потреблении воды с высоким содержанием фтора значительно усилены процессы минерализации зубов и костей, и возникает другая специфическая патология - флюороз зубов и костей.

2.2.8.1 Содержание фтора в природных водоисточниках

– **Атмосферные** воды в большинстве своем содержат малые концентрации фтора – 0,05 – 0,1 мг/л. Эти воды редко используются для питьевого водоснабжения. Однако они играют важную роль в формировании поверхностных (открытых) водоисточников.

– **Поверхностные (открытые)** воды, являющиеся основными источниками водоснабжения для крупных водопроводов, содержат фтор в больших количествах, чем атмосферные воды. Однако в большинстве поверхностных

вод содержание фтора также нередко невелико, не превышает, как правило, 0,5 мг/л.

– **Подземные** воды содержат фтора значительно большие количества, чем предыдущие водоисточники. В грунтовых водах содержание фтора достигает 1 – 1,5 мг/л, хотя в большинстве составляет до 0,5 мг/л.

2.2.8.2 Гигиенические нормативы фтора в питьевой воде

Предельно допустимая концентрация фтора в питьевой воде установлена на уровне 1,5 мг/л. Учитывая, что водопотребление зависит от климато-географических условий местности, при организации фторирования воды выбор дозы фтора производится в зависимости от климатических районов. Согласно нормативам при фторировании воды постоянной дозой содержание в ней фтора должно быть в I и II климатических районах 1,5 мг/л, в III климатическом районе – 1,2 мг/л и IV климатическом районе – 0,7 мг/л.

Фторирование воды осуществляют при концентрации фтора в источнике хозяйственного-питьевого водоснабжения менее 0,6 – 0,5 мг/л и пораженности кариесом зубов свыше 25 – 30% населения.

Для фторирования питьевой воды применяют фторид натрия NaF , кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 или кремнефтористый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, которые обладают высоким противокариозным действием. Фторсодержащие реагенты добавляют в воду в виде сухого вещества или раствора.

Оптимальной концентрацией фтор-иона (до которой доводят при искусственном фторировании воды) считают 70 – 80% от ПДК, т.е. для I-го района – 1,1 мг/л, II-го района – 1,0 мг/л, III-го – 0,9 мг/л, IV-го – 0,6 мг/л.

2.2.8.3 Принцип метода определения фтора в питьевой воде и оценка результатов определения.

Принцип метода определения фтора в воде основан на способности фторид-ионов образовывать с цирконием бесцветный комплекс (ZrF_6). Освобождающаяся азаринсульфоновая кислота способствует появлению желтого цвета. При этом красная окраска, свойственная азарин-циркониевому лаку, по мере образования бесцветного комплекса с фтором, содержащимся в воде, переходит в желтые тона. Определение может производиться фотометрически и визуально. Содержание фтора 0,5 мг/л и ниже оценивается как низкое, 1,5 мг/л – предельно допустимое, более высокое содержание фтора в воде является основанием к недопущению употребления воды для питьевых целей при условии длительного водопользования без предварительного обесфторивания воды.

2.3 Основные бактериологические показатели загрязнения воды

С эпидемиологической точки зрения при оценке воды имеют значение преимущественно патогенные микроорганизмы. Однако на современном этапе исследование воды на присутствие в ней патогенных микроорганизмов, а тем более вирусов, является трудоемким процессом. В оценке качества воды в практике широко используются косвенные показатели загрязнения воды. При этом считается, что чем менее вода загрязнена сапрофитами, тем менее опасна она в эпидемиологическом отношении.

К бактериологическим показателям загрязнения воды относятся: коли-титр, коли-индекс и микробное число (или счет колоний).

Коли - титр – то наименьшее количество воды, в котором обнаруживается одна кишечная палочка. Чем ниже коли-титр, тем значительнее фекальное загрязнение. В норме при централизованном водоснабжении коли-титр – 330, при местном – 100.

Коли-индекс – количество кишечных палочек в одном литре воды. В норме при централизованном водоснабжении коли-индекс – 3, при местном водоснабжении – 10.

Микробное число (или счет колоний) - это количество колоний, вырастающих при посеве 1 мл исследуемой воды на мясо-пептонный агар после 24 часов выращивания при температуре + 37 °С.

Микробное число характеризует общую бактериальную обсемененность воды. В норме при централизованном водоснабжении микробное число (или счет колоний) – 100, при местном – 300 – 400.

Экспериментальные исследования показали, что кишечная палочка более устойчива к дезинфицирующим агентам, чем возбудители кишечных инфекций, туляремии, лептоспироза и бруцеллеза, и поэтому может служить не только показателем загрязнения воды, но и индикатором надежности её обеззараживания, например, на водопроводе.

2.4 Образцы типовых ситуационных задач

необходимо решить задачу и дать гигиеническое заключение о качестве воды и пригодности её для питья и приготовления пищи.

Анализ воды № 1 (из колодца)

I. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Прозрачность по шрифту Снеллена	– свыше 30 см.
Цвет	– бесцветная
Запах	– без постороннего
Вкус	– соленый

Осадок – не обнаружен

II. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РН – 7,3.

Окисляемость – 14 мг/л O₂.

Аммиак – положит.

Нитриты – положит.

Нитраты – 186 мг/ дм³

Хлориды – 586 мг/ дм³

Сульфаты – 348 мг/ дм³

Железо – 170 мг/ дм³

Жесткость общая – 5 ммоль/дм³

III. БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Коли-титр – 86,0

Микробное число (счет колоний) – 615

Анализ воды № 19 (из артезианской скважины)

I. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Прозрачность по шрифту Снеллена – свыше 30 см

Цвет – бесцветная

Запах – без постороннего

Вкус – не определялся

II. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

РН – 7,1

Окисляемость – 3,5 мг/л O₂

Аммиак – не обнаружен

Соли азотистой кислоты – не обнаружены

Соли азотной кислоты – 26 мг/ дм³

Хлориды – 116 мг/ дм³

Сульфаты – 143 мг/ дм³

Железо – отрицат.

Фтор – 0,8 мг/л

Жесткость общая – 11 ммоль/дм³

III. БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Коли-титр – 155,0

Микробное число (счет колоний) – 99

Лабораторная работа № 3 – Гидравлические испытания напорных трубопроводов

Цель работы:

1. Определить величины испытательных давлений в трубопроводе.
2. Выполнить гидравлические испытания на прочность и герметичность.
3. Установить воздействие объема воздуха, который находится в испытуемом трубопроводе, на скорость понижения давления в трубопроводе, при наличии истекания воды из него.

Материальное обеспечение лабораторной работы:

1. Секундомер;
2. Мерные цилиндры емкостью 100 и 1000 мл;
3. Две емкости по 10 л.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомление с лабораторной установкой.
2. Определение испытательных давлений в трубопроводах из различных материалов (*табл. Б.1*) при рабочем давлении $P_p = 0,6$ МПа для испытаний на прочность P_b и герметичность P_r .
3. Определение допустимой величины истекания в испытуемом трубопроводе в зависимости от материала, диаметра и его длины.
4. Установление фактической величины истечения в трубопроводе.
5. Установление зависимости влияния воздуха, которой находится в испытуемом трубопроводе, на скорость снижения давления в нем при наличии истекания (не менее 3-х наблюдений).
6. Построение графика зависимости продолжительности понижения давления от P_b до P_r от объема воздуха в трубопроводе $t_s = f(W)$.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Строительство трубопроводов и сооружений водоснабжения и канализации в особых природных и климатических условиях следует осуществлять в соответствии с проектом и требованиями ДБН В.2.5-74, ДБН В.2.5-75 и ДСТУ Н.Б.В.2.5-40

Построенные трубопроводы и сооружения водоснабжения и водоотведения необходимо принимать в эксплуатацию в соответствии с требованиями ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012. Обычно напорные трубопроводы испытываются на прочность и герметичность гидравлическим способом.

Испытания напорных трубопроводов всех классов должны проводиться строительно-монтажной организацией в два этапа:

первый – предварительное испытание на прочность и герметичность после засыпки землей на половину диаметра трубы в соответствии с требованиями пр. ДСТУ-Н Б.В.2.1-28:2013 с оставленными открытыми для осмотра стыковыми соединениями; это испытание допускается выполнять без участия представителей заказчика и эксплуатационной организации с составлением акта, который утверждается главным инженером строительной организации;

второй – приемное (конечное) испытание на прочность и герметичность после полной засыпки трубопровода при участии представителей заказчика: эксплуатационной организации и составлением акта установленной формы приложений А или В.

Оба этапа испытания должны выполняться до установки гидрантов, вантузов, предохранительных клапанов. Вместо них на время испытания устанавливаются фланцевые заглушки.

Строительно-монтажные и проектные дефекты и недостатки, обнаруженные при осмотре и испытаниях, отмечаются в акте с указанием срока их ликвидации.

Трубопроводы из стальных, чугунных, железобетонных и асбестоцементных труб, независимо от способа испытания, необходимо испытать участками длиной не более 1 км, а пластмассовых – до 0,5 км. При гидравлическом способе испытания длину испытываемых участков стальных трубопроводов разрешается принимать больше 1 км.

Для испытания на герметичность давление в трубопроводе повышают до испытательного на герметичность P_T , которое принимают выше расчетного P_P на величину ΔP .

$$P_T = P_P + \Delta P, \quad (2.2)$$

где ΔP – дополнительная величина давления.

Трубопроводы из стальных, чугунных, железобетонных и асбестоцементных труб, независимо от способа испытания, необходимо испытать участками длиной не более 1 км, а пластмассовых до 0,5 км. Длину испытываемых участков стальных трубопроводов при гидравлическом способе испытания разрешается принимать больше 1 км.

С целью водонасыщения трубопроводы наполняют водой и выдерживают в заполненном состоянии в зависимости от материала труб не менее: 72 ч – ж/б трубы, 21 ч – асбестоцементные трубы, 24 ч – чугунные трубы, для стальных трубопроводов выдержка с целью водонасыщения не производится. Железобетонные и асбестоцементные трубопроводы в пределах указанного

времени должны находиться не меньше 12 ч под внутренним расчетным давлением P_r .

Предварительное и приемное гидравлическое испытание напорного трубопровода на прочность и герметичность проводят в следующей последовательности.

При испытании на прочность давление в трубопроводе повышают до испытательного P_m и подкачкой воды поддерживают его не менее 10 мин., не допуская снижения давления более чем на 0,1 МПа. Затем снижают испытательное давление до внутреннего расчетного P_r и, поддерживая его покачиванием воды, осматривают трубопровод с целью выявления дефектов на нем на протяжении времени, которое необходимо для выполнения этого обзора. В случае выявления дефектов их ликвидируют и проводят повторное испытание трубопровода.

После окончания испытания трубопровода на прочность проводят его испытания на герметичность, для чего давление в трубопроводе повышают до величины испытательного давления на герметичность P_g . Фиксируют время начала испытания $T_{п}$ и замеряют начальный уровень воды $H_{п}$ в мерном бачке гидравлического пресса. Проводят наблюдения за снижением давления. При этом могут иметь место три случая его снижения:

первый – если в течение 10 мин. давление упадет не менее чем на два деления шкалы манометра, но не ниже внутреннего расчетного P_r тогда на этом наблюдение за снижением давления заканчивают;

второй – если за 10 мин. давление упадет не менее чем на два деления шкалы манометра, при этом продолжительность наблюдения не должна превышать 3 ч. – Для железобетонных и 1 ч. – Для чугунных, асбестоцементных и стальных трубопроводов; если по наблюдения давление не снизится до внутреннего расчетного P_r , тогда нужно сбросить воду из трубопровода в мерный бачок (или определить объем сброшенной воды другим способом);

третий – если в течение 10 мин. давление упадет, ниже внутреннего расчетного давления P_r , тогда дальнейшее испытание трубопровода заканчивают и принимают меры по нахождению и ликвидации сокрытии дефектов трубопровода путем выдерживания его под внутренним расчетным давлением P_r до тех пор, пока при осмотре не будут найдены дефекты, вызывающие недопустимое снижение давления в трубопроводе.

После окончания наблюдений за снижением давления в первом случае или сброса воды во втором испытании продолжают в такой последовательности:

- подкачивая воду из мерного бачка повышают давление в трубопроводе до испытательного на герметичность P_T , фиксируют время окончания испытания на герметичность T_k и замеряют конечный уровень воды H_k в мерном бачке гидравлического пресса;
- определяют продолжительность испытания трубопровода ($T_k - T_n$), объем подкачанной воды в трубопровод из мерного бачка (для первого случая), разницу между объемами подкачанного в трубопровод и сброшенной из него воды (для второго случая);
- рассчитывают величину фактических расходов дополнительно подкачанной воды Q_ϕ , л/мин, по формуле:

$$Q_\phi = \frac{W}{T_k - T_n}, \quad (2.3)$$

где, W – объем перекачанной воды, л;

T_k и T_n – время начала и конца испытания.

Заполнение трубопровода дополнительным объемом воды при испытании на герметичность необходимо: для замещения воздуха, который вышел через непроницаемые для воды неплотности в соединениях; заполнения объемов трубопровода, которые возникли при незначительных угловых деформациях труб в стыковых соединениях, оползнях резиновых уплотнительных колец и манжет в этих соединениях и смещениях торцевых заглушек; дополнительного замачивания под испытательным давлением стенок асбестоцементных и железобетонных труб, а также для восстановления возможных скрытых утечек воды в местах недоступных для осмотра трубопровода.

Напорный трубопровод признается выдержавшим предварительное и приемное испытания на герметичность, если величина фактических расходов подкачанной воды не превышает значений допустимых утечек воды на испытуемом участке трубопровода длиной 1 км.

Если расходы подкачанной воды превышают допустимую величину утечки, тогда считается что трубопровод не выдержал испытания на герметичность и необходимо принять меры, направленные на выявление и ликвидацию скрытых дефектов трубопровода. После этого проводят повторное испытание трубопровода.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лаборатории испытуемый трубопровод 1 (рис. 2.1), проложенный из стальных труб диаметром $d = 80$ мм, длиной $l = 5,5$ м, с уклоном $i = 0,033$. Концы трубопровода закрыты заглушками 14.

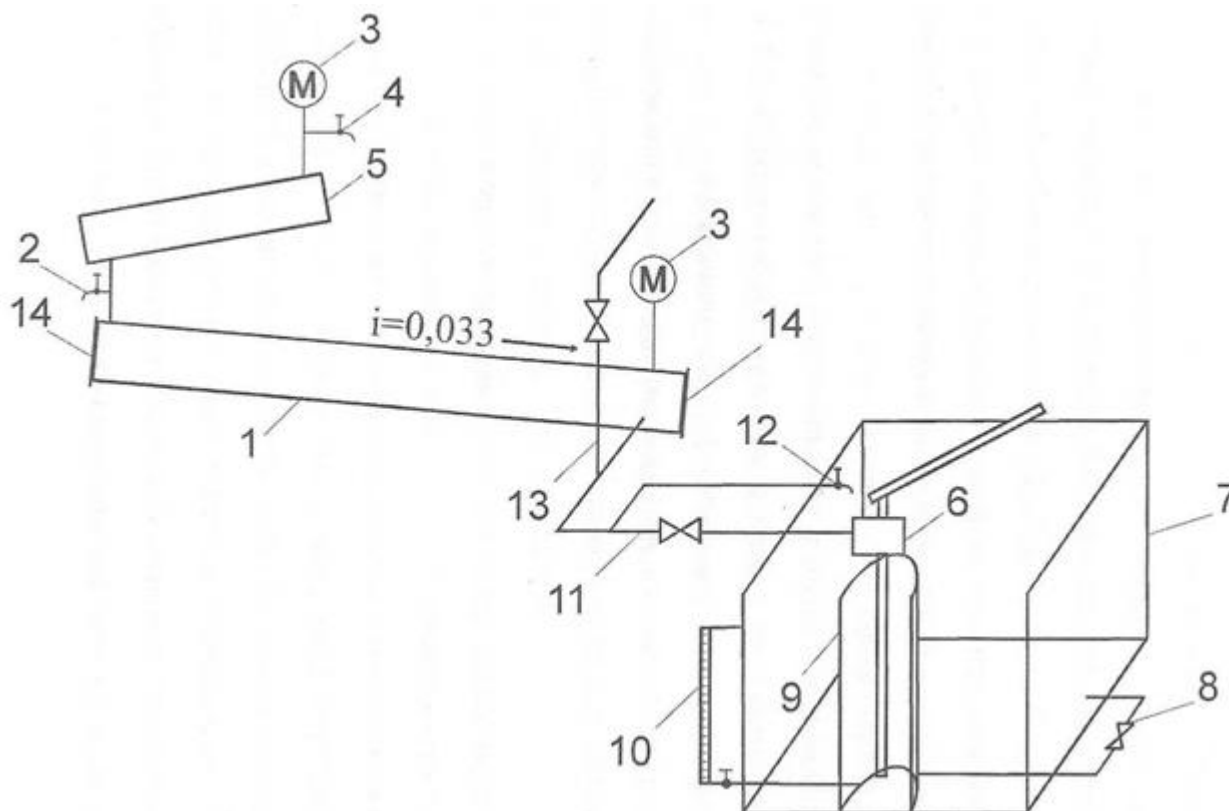


Рисунок 2.1 – Схема лабораторной установки

1 – испытуемый трубопровод; 2 – водоразборный кран; 3 – манометры; 4 – кран для впуска и выпуска воздуха; 5 – «воздушный» колпак; 6 – гидравлический пресс; 7 – бак для воды; 8 – труба для подачи воды в мерный бак; 9, 10 – уровнемер; 11 – труба для закачки воды прессом; 12 – труба для сброса воды; 13 – труба для подачи воды от водопровода; 14 – заглушки.

Для создания давления в испытуемом трубопроводе 1 применяют гидравлический пресс (плунжерный насос) 6, который забирает воду из мерного бачка 9, и установленный внутри бака для воды 7. Заполнение мерного бачка 9 производится по трубе 8 открывая вентиль, который установлен на нем. наблюдение за уровнем воды в мерном бачке осуществляется с помощью пьезометрической трубки 10. Вода подается в трубопровод 1 по трубе 11.

Утечки воды из испытуемого трубопровода 1 создают путем открытия крана 2. Для наблюдения за давлением в испытуемом трубопроводе 1 на его концах установлены манометры 3, класса точности 0,4.

Объем воды, л, подаваемой гидравлическим прессом 6 в испытуемый трубопровод 1, замеряют по показателям пьезометра 10 применяя формулу:

$$W = 0,0133H, \quad (2.4)$$

где, 0,0133 – переводной коэффициент, учитывающий единицы измерения и площадь зеркала воды в мерном бачке;

H – разница между показанием пьезометров до и после закачки воды в испытуемый трубопровод, см.

Для определения влияния объема воздуха, находящегося в испытуемом трубопроводе, на скорость снижения давления в нем лабораторная установка оборудована "воздушным" колпаком в виде закрытого с торцов отрезка трубы 5 емкостью 3,7 л, который имеет кран для впуска-выпуска воздуха 4.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Испытательные давления в трубопроводе 1 определяют согласно рекомендациям приведенных ранее, для выполнения лабораторной работы принимают давление равным 0,6 МПа.

ОПЫТ 1: Гидравлическое испытание трубопровода

В трубопроводах, зарытых в землю, невозможно установить величину утечки замерами, как это проводится в лаборатории. Поэтому на практике величину утечки определяют по количеству воды подкаченного в трубопроводе в течение всего опыта.

Гидравлическое испытание трубопровода на прочность и герметичность при выполнении лабораторной работы (создание утечки из крана 2) проводится после частичного спуска из него воздуха через кран 4 при заполнении его водой.

На прочность трубопровод 1 испытывают следующим образом. Гидравлическим прессом 6 повышают давление в трубопроводе до испытательного на прочность P_m создают утечку воды через кран 2, подкачивают воду прессом, не допуская снижения давления ниже P_m . Подкачку воды останавливают и фиксируют время. Если в течение 10 минут давление не снизится ниже рабочего P_p , то испытания на прочность считают завершенным, иначе уменьшают утечку воды из крана 2 и опыт повторяют заново.

На герметичность трубопровод испытывают после того, как он выдержал испытание на прочность. Для этого давление в нем повышают до испытательного на герметичность P_g , фиксируют время начала испытаний T_n и начальный уровень H_n воды в мерном бачке 9 с помощью пьезометра 10, а под кран 2 подставляют мерный цилиндр.

Наблюдения за снижением давления в трубопроводе 1 в течение 10 мин. При этом может быть три случая:

- 1) Стрелка манометра 3 опустится не менее чем на два деления его шкалы, но не снизится ниже рабочего P_p . Наблюдение за снижением давления прекращают.
- 2) Давление снизится менее чем на два деления шкалы манометра. Необходимо наблюдение за снижением давления до тех пор, пока оно не снизится не менее чем на два деления шкалы манометра. При этом продолжительность наблюдения не должна превышать 10 минут (для лабораторной работы).
- 3) В течение 10 мин давление упадет ниже рабочего P_p . – считают, что трубопровод не выдержал гидравлического испытания на герметичность.

После окончания наблюдений за падением давления в первом или втором случае подкачивают воду, гидравлическим прессом 6 из мерного бачка 9. Давление в трубопроводе 1 поднимают до испытательного на герметичность P_r , фиксируют время окончания испытаний и конечный уровень воды в мерном бачке H_k , забирают мерный цилиндр из-под крана 2. По разнице уровней воды в мерном бачке ($H = H_k - H_n$) по формуле 2.4 определяют объем воды W , который нужен для восстановления давления в испытательном трубопроводе. Величину утечки Q_ϕ , л/мин., определяется по формуле 2.3. Результаты испытаний заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Испытание трубопровода на герметичность

№ опыта	Время опыта, мин			Уровень воды в мерном баке, см			Объем подкачен-ной во-ды, W , л	Утечка воды, Q_ϕ , л/мин
	T_n	T_k	T	H_n	H_k	H		
1								
2								
3								
Среднее значение								

Рекомендуется сравнивать величину утечки с объемом воды, который поступил в мерный цилиндр из крана 2 за период наблюдения. Определяют допустимую величину утечки в испытательном трубопроводе в зависимости от его материала, диаметра и длины, которые указываются преподавателем для каждой группы отдельно (табл. Б.2). Сравнивая фактическую величину утечки с допустимой, студенты делают соответствующие выводы относительно гидравлического испытания трубопровода.

ОПЫТ 2: Влияние воздуха в трубопроводе на проведение гидравлических испытаний

Устанавливают зависимость влияния объема воздуха, находящегося в испытательном трубопроводе, на скорость снижения давления в нем, при наличии утечки воды.

НАБЛЮДЕНИЕ 1. Испытательный трубопровод 1 и "воздушный" колпак 5 полностью заполняют водой из трубопровода 13 выпуская при этом воздух через кран 4. Гидравлический пресс 6 создают в трубопроводе давление на 0,03 МПа больше испытательного P_m создают утечку воды из трубопровода 2, который в течение всего времени проведения лабораторной работы должен быть открытым на одну и ту же величину. В момент, когда давление в трубопроводе 1 снизится до испытательного P_m , включают секундомер и одновременно под кран 2 подставляют мерный цилиндр. В тот момент, когда давление в трубопроводе 1 снизится до 0,6 МПа, секундомер останавливают и забирают мерный цилиндр из-под крана 2. Результаты наблюдений заносят в табл. 2.2. Величину утечки, мл, определяют по формуле:

$$Q_y = \frac{W_y}{t_y}, \quad (2.5)$$

где, W_y – количество воды, которая вытекла из испытательного трубопровода в мерной цилиндр, мл;

t_y – промежуток времени, с, при котором давление от испытательного P_m снизился до рабочего P_p .

Таблица 2.2 – Данные наблюдения влияния объема воздуха на время снижения давления в трубопроводе от испытательного до рабочего

№ наблюдения	Объем воздуха в трубопроводе, W_b , мл	Объем воды, $W_{вод}$, мл	Продолжительность наблюдения, t, с	Вылечена утечки, Q_b , мл/с
1	0			
2	1000			
3	2000			
...	...			

НАБЛЮДЕНИЯ 2. Избыточное давление в испытательном трубопроводе 1 снижают до атмосферного, путем открытия крана 12. Затем, открыв кран 4, через кран 12 выпускают 1,0 л воды с "воздушного" колпака 5. Выпуск воды из воздушного колпака прекращают внезапным закрытием крана 4 и с последовательным закрытием крана 12. Открывая вентиль на трубе 11 гидравлическим прессом 6 закачивают воду в трубопровод 1, создавая давление в нем на 0,03 МПа больше испытательного P_m . В момент когда давление в трубопроводе 1 снизится до испытательного P_m , включают секундомер и

одновременно под кран 2 подставляют мерный цилиндр. Опыт продолжают аналогично наблюдению 1.

НАБЛЮДЕНИЕ 3 и последующие выполняются в такой же последовательности, что и наблюдения 2. При этом "воздушный" колпак 5 при каждом наблюдении частично освобождают от воды, заполняя его воздухом. Данные наблюдений заносят в табл. 2.

По результатам наблюдений строят график зависимости времени снижения давления t_y (от P_m до P_p) от объема воздуха в трубопроводе (рис. 2.2).

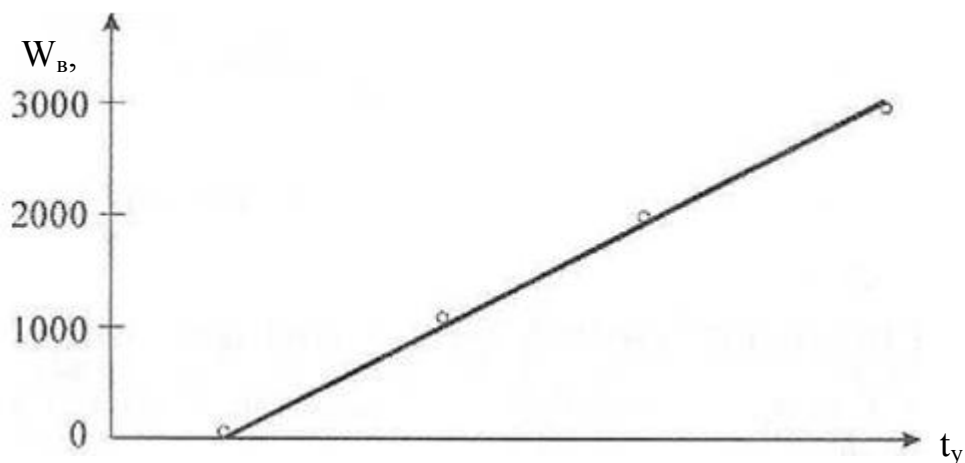


Рисунок 2.2 – график зависимости $t_y = f(W_в)$

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете дается краткое описание процесса гидравлического испытания лабораторной установки. Результаты испытаний заносятся в таблицы. Приводится график зависимости влияния воздуха, находящегося в испытательном трубопроводе, на скорость снижения давления в нем, вычисления допустимой величины утечки. В конце отчета даются выводы по результатам вычислений.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется воспользоваться данными (прил. Б).

Лабораторная работа № 4 – Нахождение утечки и определение ее размера при помощи прибора Панкевича

Цель работы: ознакомление с принципом нахождения утечек воды и определение их размеров.

Материальное обеспечение: 1. прибор для нахождения утечек; 2. баллон; 3. тройники (2 шт.); 4. манометр; 5. гибкий шланг; 6. кран; 7. накидная гайка подключения; 8. секундомер.

Лабораторный прибор изображен на рис 2.3

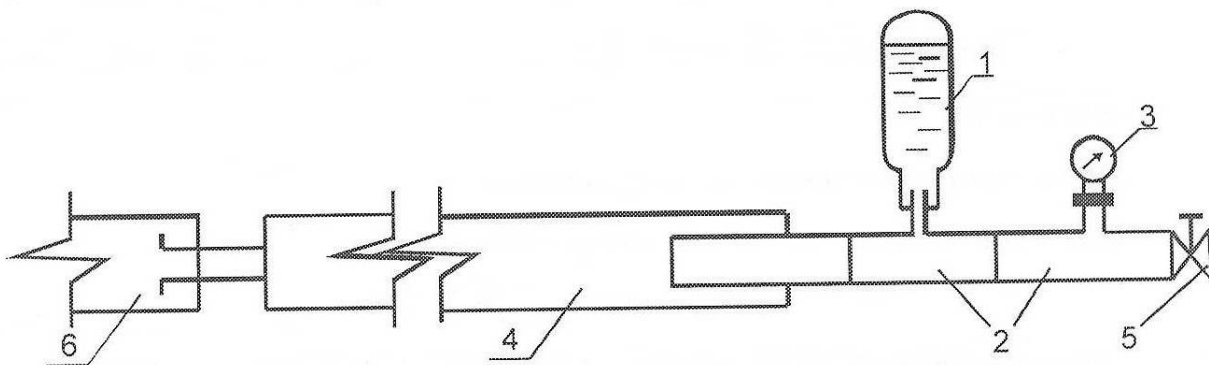


Рисунок 2.3 – Схема прибора инженера Панкевича

1. баллон; 2. тройники; 3. манометр; 4. гибкий шланг; 5. кран; 6. накидная гайка подключения.

Принцип действия прибора основан на чередовании падения давления в баллоне при наличии утечки на участке сети (задвижки, отключающие испытываемый участок, обязательно должны быть исправными).

Последовательность работы прибора:

1. Проверяют плотность перекрытия задвижками испытываемого участка сети, а в процессе работы на домовом вводе одновременно снимают водосчетчик.
2. Прибор подключают к испытываемому участку, при этом на вводах используют штуцеры для присоединения водосчетчиков, а на уличной сети – имеющуюся арматуру.
3. Участок сети с прибором ставят под давление, фиксируя последний манометр, путем открывания одной из задвижек и выпуска воздуха из шланга через краник.
4. Задвижки закрывают. Манометром измеряют падение давления, а секундомером - время, в течение которого давление падает на 0,5 ... 1 атм.
5. Утечку воды определяют по уравнению:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \text{const} \quad (2.6)$$

где P_1 – атмосферное давление, $P_1 = 1$ атм;

P_2 – манометрическое (избыточное) давление, что соответствует давлению в сети и измеряется манометром, атм;

P_3 – избыточное давление, что соответствует снижению давления в сети, атм;

V_1, V_2, V_3 – объем воздуха в баллоне при давлении соответственно атмосферному, граничному и пониженному, м^3 .

Необходимо помнить, что уравнение Бойля-Мариотта, которое используем в расчетах, выражает давление в абсолютных атмосферах (ата), равному атм +1. Поэтому показания давления, измеряемого манометром, следует увеличивать на единицу.

Для трубопроводов диаметром до 200 – 300 мм следует брать баллон емкостью 12 л. Для обнаружения утечки используем баллон от пенящего огнетушителя вместимостью 12 л.

Измеряем начальное давление в баллоне, который соответствует давлению в сети P_2 . За 10 с давление снижается до P_3 . Выполняем вычисления:

1. Объем воздуха в баллоне при начальном давлении:

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2 + 1}, \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

2. Объем воздуха в случае снижения давления до P_3 при использовании значений V_2 и P_2

$$V_3 = \frac{P_2 V_2}{P_3 + 1}, \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

3. Размер утечки воды, равный разнице объемов воды в баллоне, разделенной на время, зафиксирован секундомером:

$$q = \frac{V_2 - V_1}{10}, \text{ м}^3 \square \text{сут} \quad (2.9)$$

В зависимости от диаметра испытанной сети емкость баллона может равняться 6...100 л.

Длина гибкого шланга должна быть равной 3...4 м.

Указанным способом можно выявить не только наличие утечки воды из трубопровода, но и определить ее размер в условиях, приближенных к рабочему состоянию трубопровода.

Чтобы точнее определить размер утечки, падение давления и время, в течение которого происходит испытание, следует измерять на участке как можно меньших размеров, то есть не допускать падения давления по сравнению с начальным падением.

Этот способ применяется при плановых обнаружениях поврежденных участков сети и утечек.

ПРИМЕР РАСЧЕТА РАЗМЕРА УТЕЧКИ

Для выявления утечки используем баллон 12 л. Допустим, что начальное давление в баллоне по манометры, соответствующее давлению в сети P_2 , было 3 атм. За 10 с давление снизилось до $P_2=1$ атм. Находим:

1. Объем воздуха в баллоне при начальном давлении

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2 + 1} = \frac{1 \cdot 12}{3 + 1} = 3, \text{ л}$$

Следовательно, начальный объем воды в баллоне $12-3=9$ л.

2. Объем воздуха в случае снижения давления до P_3 при использовании значений V_2 и P_2

$$V_3 = \frac{P_2 V_2}{P_3 + 1} = \frac{(3+1) \cdot 3}{1+1} = 6, \text{ л}$$

Следовательно, оставшийся объем воды в баллоне $12-6=6$ л.

3. Размер утечки воды, равный разнице объемов воды в баллоне, разделенной на время, зафиксирован секундомером:

$$q = \frac{V_2 - V_1}{10} = \frac{9 - 6}{10} = 0,3 \text{ л} \cdot \text{с} = 1,08 \text{ м}^3 \cdot \text{ч} = 23 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}$$

Лабораторная работа № 5 – Фильтры водозаборных скважин

Цель работы: Изучение типов и области применения фильтров водозаборных скважин.

Материальное обеспечение лабораторной работы:

Модель фильтровальной колонны; модели участков каркасно-стержневого, трубчатого с круглой и щелевой перфорацией, проводного, сетчатого, гравийно-кожухового, блочного фильтров.

5.1 Общие сведения об оборудовании водоприемной части скважины

Фильтр устанавливается в скважине в зоне эксплуатационного водоносного пласта при заборе воды из рыхлых и неустойчивых скальных и полускальных пород. Он предназначен для пропуска в скважину воды без механических примесей и предотвращения обвалов водоносного пласта при работе насоса скважины, фильтровальная колонна (рис. 2.4) состоит из водоприемной (рабочей) части фильтра, надфильтровой трубы и отстойника. Верхняя часть надфильтровой трубы должна быть выше башмака обсадной колонны не менее, чем на 3 м при глубине скважины до 30 м и не менее, чем на 5 м при глубине скважины более 30 м. Длина отстойника принимается до 2 м в зависимости от характера почвы водоносного пласта.

Водоприемная часть собирается из отдельных звеньев, длина которых 2...5 м, с помощью резьбовых муфт или сварки.

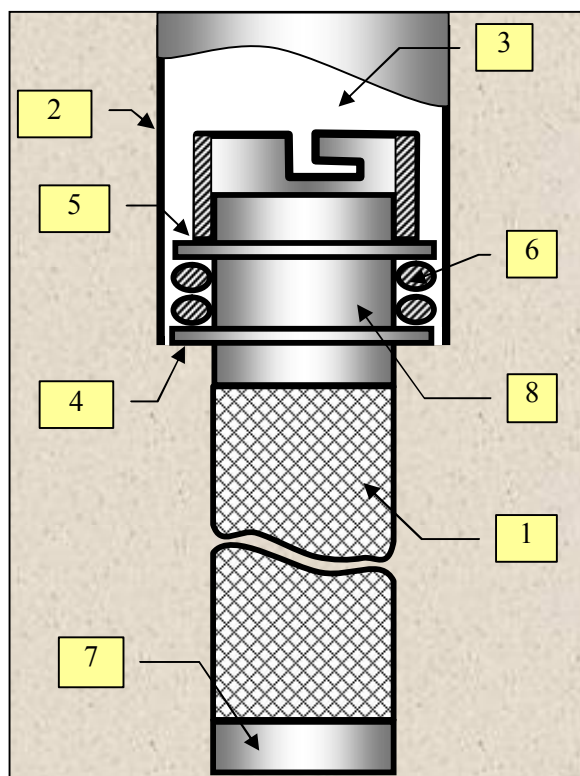


Рисунок 2.4 – Фильтровальная колонна
1 – рабочая часть фильтровальной колонны; 2 – эксплуатационная колонна обсадных труб; 3 – муфта с "Г" образным вырезом; 4 – нижнее кольцо (приварено к телу фильтра); 5 – верхнее кольцо (свободно одето на фильтр); 6 – сальник; 7 – отстойник; 8 – надфильтровая часть.

Длина водоприемной части зависит от мощности водоносного пласта, производительности скважины, водопроницаемости пород, гидрохимических условий.

Фильтровальные колонны опускают в скважину:

- а) в сплошной колонне обсадных труб;
- б) на колонне обсадных труб с последующим отвинчиванием второй части;
- в) на буровых трубах.

5.2 Требования к конструкции фильтров:

1. Необходима механическая прочность конструкции и достаточная устойчивость против химической и электрохимической коррозии.
2. Скважность фильтров (отношение суммарной площади отверстий к площади фильтра) и размер проходных отверстий, учитывая возможность химического и механического кольматажа при эксплуатации, должны быть максимальными.
3. При эксплуатации скважины фильтр должен оберегать ее от пескования.
4. Диаметр фильтровальных каркасов рассчитывается на возможность пропуска воды со скоростью до 1,5 ... 5 м/с.
5. Фильтры должны быть доступными для проведения различных операций с обновлением производительности скважины химическими реагентами и быть устойчивыми к воздействию взрывных методов.

5.3 Выбор типа фильтра и размеров его проходных отверстий

Тип фильтра водозаборной скважины принимается в зависимости от глубины скважины, принятого способа ее бурения и характеристики водоносного пласта. При этом для рыхлых пород следует определить гранулометрический состав с целью установления:

- а) d_{10} , d_{50} , d_{60} – размеров частиц, меньше которых в водоносном слое уместается соответственно 10, 50, 60%
- б) коэффициента неоднородности породы $K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

Требования государственного стандарта к принятию типа и конструкции фильтра приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Выбор типа и конструкции фильтра

Породы водоносных пластов	Типы и конструкции фильтров
1. Скальные и полускальные неустойчивые породы, щебеночные и галечные отложения с преобладающим размером частиц 20 ... 100 мм (более 50% по массе)	Фильтры каркасные (без дополнительной фильтрующей поверхности) стержневые и трубчатые с круглой и щелевой перфорацией, штампованные из стального нержавеющей листа толщиной 4 мм с антикоррозионным покрытием, спирально-стержневые.
2. Гравий, гравийный песок с крупностью частиц от 2 до 5 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки или стального нержавеющей штампованного листа. Фильтры, штампованные из стального нержавеющей листа толщиной 4 мм с антикоррозионным покрытием, спирально-стержневые.
3. Крупные пески с размером частиц 1-2 мм (более 50% по массе)	
4. Среднезернистыми пески крупностью 0,25-0,5 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки и сеток квадратного плетения, штампованного листа из нержавеющей стали с песчано-гравийным обсыпкой, спирально-стержневые.
5. Мелкозернистого пески крупностью 0,1-0,25 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки и сетей галунного плетения, штампованного листа из нержавеющей стали с однослойным или двухслойным песчано-гравийным обсыпкой, спирально-стержневые.

Размеры переходных отверстий фильтров при устройстве гравийной обсыпки принимаются равными среднему диаметру частиц объема гравийной обсыпки, прилегающих к стенке фильтра, а без устройства гравийной обсыпки – по табл. 2.4, в которой приведены требования государственного стандарта к принятию размеров проходных отверстий фильтров. Меньшие значения коэффициентов при d_{50} относятся к мелкозернистым породам, а больше – к крупнозернистым.

Таблица 2.4 – Определение размеров отверстий фильтров

Тип фильтра	Размеры отверстий фильтров	
	$K_{II} \leq 2$	$K_{II} \geq 2$
С круглой перфорацией	$(2,5 \dots 3,0) d_{50}$	$(3 \dots 4) d_{50}$
С щелевой перфорацией	$(1,25 \dots 1,5) d_{50}$	$(1,5 \dots 2) d_{50}$
Сетчатые	$(1,5 \dots 2) d_{50}$	$(2 \dots 3) d_{50}$
Проволочные	$1,25 d_{50}$	$1,5 d_{50}$

5.4 Конструкции фильтров

Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией (рис. 2.5) представляют собой трубу с водоприемными круглыми отверстиями (2) или в виде узких щелей (3). Расстояние между центрами круглых отверстий принимается равной в горизонтальном направлении 1,5 ... 2, а вертикальном - 1,25 ... 1,5 диаметров отверстий. Длина щели принимается 25 ... 100 мм, расстояние между щелями в вертикальном направлении - 10 ... 20 мм, в горизонтальном 10а (а - ширина щели). Щели должны быть трапецевидные с расширением в середине трубы. Это не допускает заклинивания частиц породы в щелях. Для изготовления таких фильтров применяют стальные обсадные, асбестоцементные, пластмассовые, фарфоровые и другие трубы. Сквозность трубчатых фильтров должна быть 20 ... 25%.

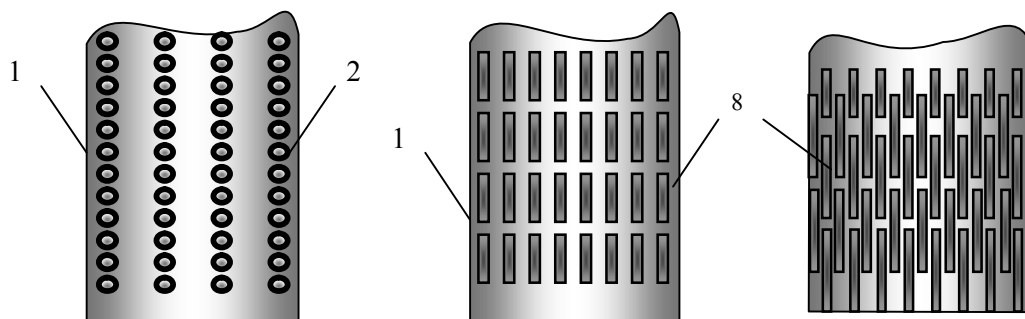


Рисунок 2.5 – Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией.

Стержневые фильтры (рис. 2.6) изготавливают из стержней стали (1) марки Ст. 5 и ст. 7 диаметром 6, 10, 12, 14, 16 мм длиной от 2 до 3,5 м, приваренных к соединительным патрубкам (2) из стальных труб длиной 250...300 мм. Для придания фильтра нужной жесткости через каждые 200...300 мм по всей высоте его цепи между стержнями

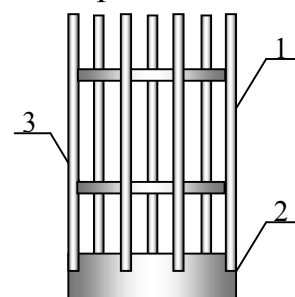


Рисунок 2.6 – Стержневой фильтр

вставляют и приваривают к ним кольца жесткости (3) из обрезков обсадных труб соответствующего диаметра. Стержневые фильтры рекомендуют устанавливать в скважинах глубиной до 120 м.

Спирально-стержневые фильтры (рис. 2.7) имеют в основе спираль (2) с приваренными к ней стержнями (3), концы которых так же присоединены сваркой к соединительным патрубкам (1). Для опорного каркаса используется спираль из круглого проката диаметром 6...11мм с шагом навивки 20...60мм с 9...13

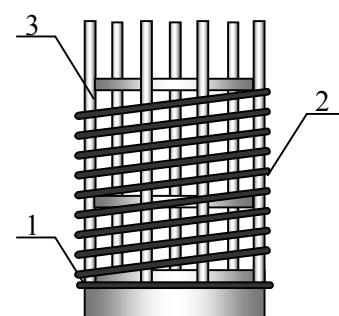


Рисунок 2.7 – Спирально-стержневой фильтр

стержнями диаметром 9...10 мм. Спирально-стержневые фильтры устанавливаются в скважинах глубиной до 200 м.

Фильтры с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки (рис. 2.8) изготавливают или на стержневом каркасе (1, 2, 3 – те же обозначения, что на рис. 3) или на каркасе из трубчатого фильтра с круглой и щелевой перфорацией (5) путем намотки по спирали прута (4) из нержавеющей стали диаметром 2... 4 мм. При этом на трубчатый каркас устанавливают длинные стержни (6) из стали марок Ст. 3, Ст. 5 диаметром 5...10 мм. Для предотвращения сползания витков намотки, их прикрепляют к стержней эпоксидной смолой ЭД-5 и ЭД-6 или пайкой с мягким припоем.

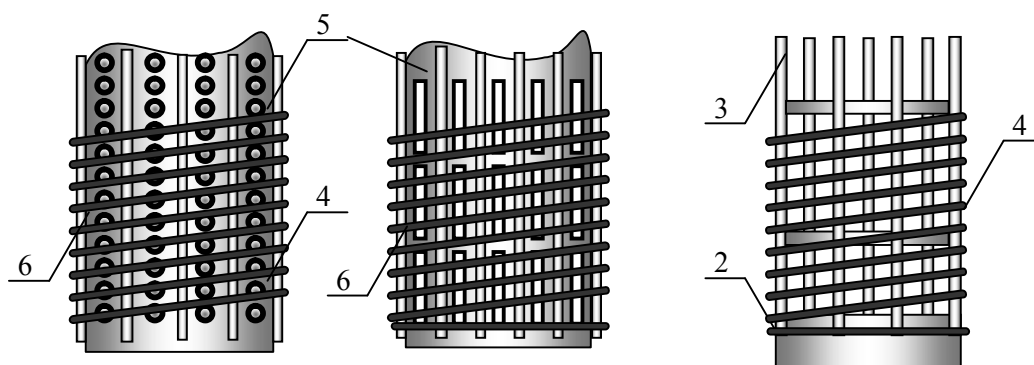


Рисунок 2.8 – Фильтры с водоприемной поверхностью из проволочной обмоткой

Фильтры с водоприемной поверхностью из штампованного стального листа с антикоррозийным покрытием (рис. 2.9). Штампованный просечно лист изготавливается из стального нержавеющей листа толщиной 0,7 ... 1 мм путем просечки отверстий с вытяжкой или щелями различной формы открытого типа.

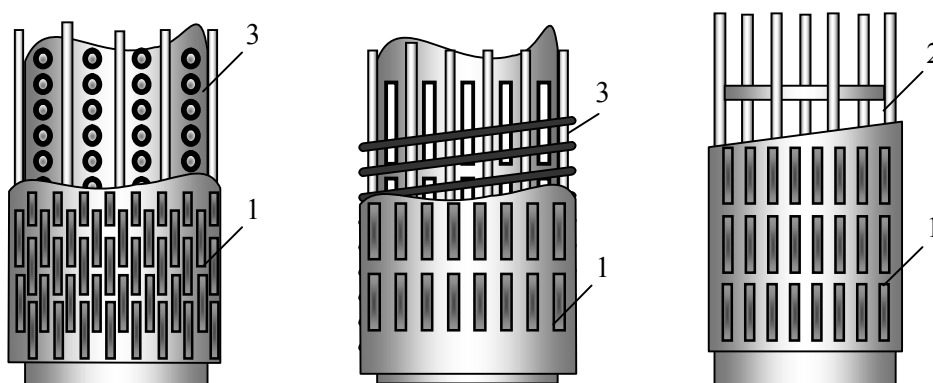


Рисунок 2.9 – Фильтры с водоприемной поверхностью из стального штампованного листа

Монтаж листа (1) выполняется на стержневом каркасе (2) непосредственно по стержню или на каркасах трубчатых фильтров (3) с круглой или щелевой перфорацией – по предварительно намотанной и закрепленным на концах подогнутыми стальными планками полиэтиленовым

или резиновым шнуром диаметром 4 ... 6 мм. Шаг навивки шнура 60 ... 100 мм. Сборник письмо с просечками с каркасом выполняется с помощью цепного обжима и сварки. Шероховатость фильтров должна быть не более 30 ... 60%.

Фильтры с водоприемной поверхностью из сеток (рис. 2.10). На трубчатый каркас с круглой или щелевой перфорацией (1) устанавливается или подкладочный намотки (2) из нержавеющей стали диаметром 5 ... 10 мм или синтетическая гофрированная сетка (3). Сверху с помощью пайки крепится латунная или из нержавеющей стали сетка (5). Сетка крепится к стержневому каркасу (4).

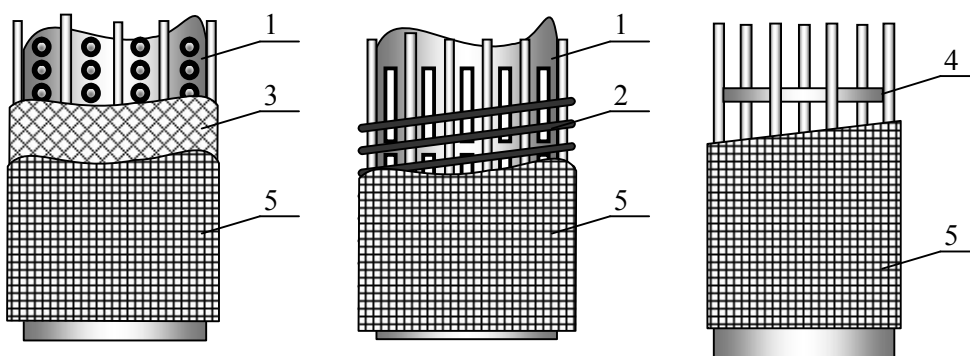


Рисунок 2.10 – Фильтры с водоприемной поверхностью из сеток

Чаще всего для фильтров используют сетки галунного (гладкого) плетения с дробным обозначением номеров 6/70; 7/70 и т.д. Цифра числителя показывает количество вертикальных прутьев основы, а знаменатель – количество горизонтальных прутьев на 1 дюйм сетки. Возможно использование сетей квадратного плетения с номерами 2,6; 2,5; 1,25 и т.д., обозначающий размер ячеек.

Как подкладочную подмотку под рабочую сетку используют сетку квадратного плетения с размером ячейки 15 мм или продольную проволочную диаметром 3 ... 4 мм, поверх которой наматывается спираль из проволоки диаметром 2 ... 3 мм с шагом 15 ... 25 мм.

Гравийные фильтры состоят из стержневого или трубчатого каркаса с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, стального штампованного листа или из сетчатого покрытия. Тип водоприемной поверхности принимается в зависимости от пятидесятипроцентной диаметра частиц обсыпки, примыкающей к конструкции фильтра.

Пятидесятипроцентный диаметр частиц, которые контактируют с водоприемной поверхностью, принимаются $D_{50} = (8...12)d_{50}$, где d_{50} – пятидесятипроцентный диаметр частиц водоносной породы.

При обустройстве двух или трехслойного гравийной обсыпки соотношение $\frac{D_2}{D_1} = 4 \dots 6$, где D_1 , D_2 – средний диаметр частиц материала соседних слоев обсыпки.

Гравийные фильтры могут делаться на забое скважины после установки фильтрующего каркаса в скважину (обсыпные фильтры) и на поверхности земли (кожуху, корзины), которые опускают в скважину в собранном виде.

Обсыпной гравийный фильтр (рис. 2.11) состоит из каркаса (1), фонарей (2), обсыпки (3). Устраивают его следующим образом: в скважину, которая обсажена трубами (4) к подошве водоносного горизонта, опускают фильтр с водоприемной поверхностью из проволочной обмоткой (стального листа или сетчатого покрытия), внешний диаметр которого должен быть не менее чем на 100 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб. Это обеспечит толщину обсыпки более 50 мм. Для центровки фильтра в скважине на нем в нескольких местах прикрепляют электросваркой фонари (направляющие планки с полосовой стали длиной 6 ... 8 мм). Внешний диаметр по кромкам фонарей должен быть на 15 ... 20 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб.

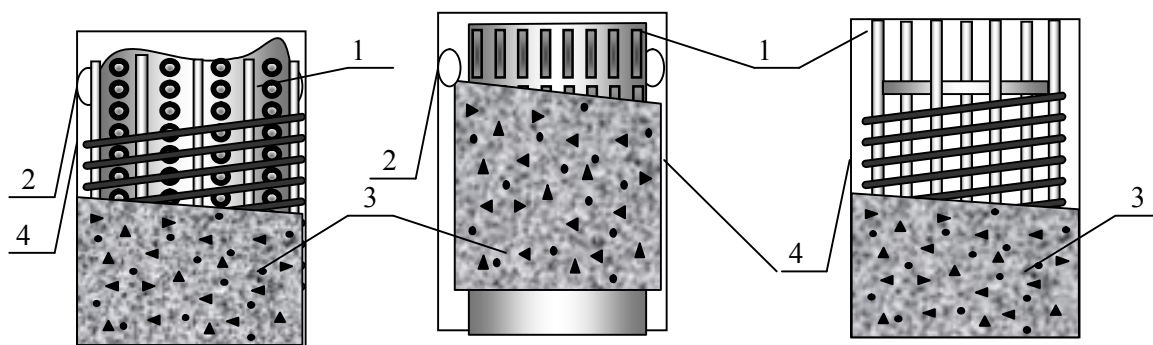


Рисунок 2.11 – Гравийный обсыпной фильтр

В кольцевое пространство между фильтром и обсадной трубой по трубке диаметром 38 ... 50 мм засыпают мелкими порциями просеянный гравий или песок. При засыпке через определенные интервалы (0,5 ... 5 м) постепенно поднимают обсадные трубы с таким расчетом, чтобы внутренняя кромка засыпки находилась постоянно в кольцевом зазоре между фильтром и обсадной трубой. После того, как весь фильтр будет полностью открыт, поднятия обсадной трубы будет закончено, но обсыпку следует довести на 5 ... 10 м выше башмака обсадной трубы.

Гравийно-кожуховые фильтры (рис. 2.12) собираются на поверхности земли и в готовом виде опускаются в скважину. К нижней части каркаса (1) крепится хомутами (2) кожух, в образовавшееся пространство засыпают гравийное обсыпки (3), а затем хомутами прикрепляют к каркасу верхнюю

часть кожуха. В качестве кожуха используют простую стальную сетку квадратного плетения с ячейками 2x2 или 3x3 мм (4) или штампованный лист (5). При этом толщина обсыпки должна быть не менее 30 мм, а отверстия в каркасе должны начинаться на 400 ... 500 мм ниже верхней кромки обсыпки.

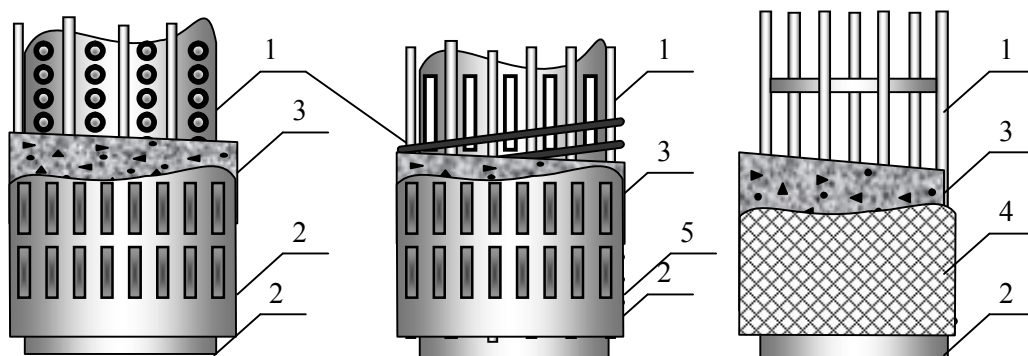


Рисунок 2.12 – Гравийный кожуховый фильтр

Корзинный фильтр изготавливают на поверхности земли в виде корзинок (1) (рис. 2.13), приваренных нижней частью к стальной трубе (2). При этом в трубе в основе корзины сделаны отверстия (3). В корзину засыпают один или два слоя гравия с условием, что толщина каждого слоя будет составлять не менее 30 мм.

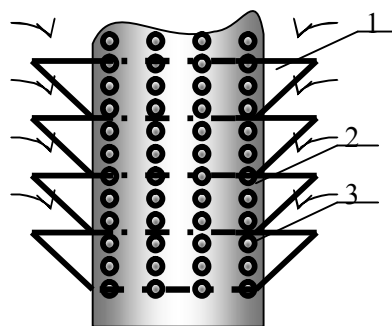


Рисунок 2.13 – Корзинный фильтр

Блочные фильтры собирают на земле из блоков (4) (рис. 2.14) из пористой керамики, пористого бетона и др. К стержневому (1) или трубчатому (2) каркасу приварены опорные фланцы (3), на которые одеты отдельные блоки фильтра и разделены резиновыми уплотнительными прокладками (5). Диаметр пор в блоке составляет 0,2 ... 0,45 мм, длина блока 330 ... 350 мм, толщина стенок - 15 ... 30 мм. Блочные фильтры не рекомендуют к установке в скважине, которая пробурена с применением глинистого раствора, в глинистых песках и в воде с повышенным содержанием солей железа и кальция.

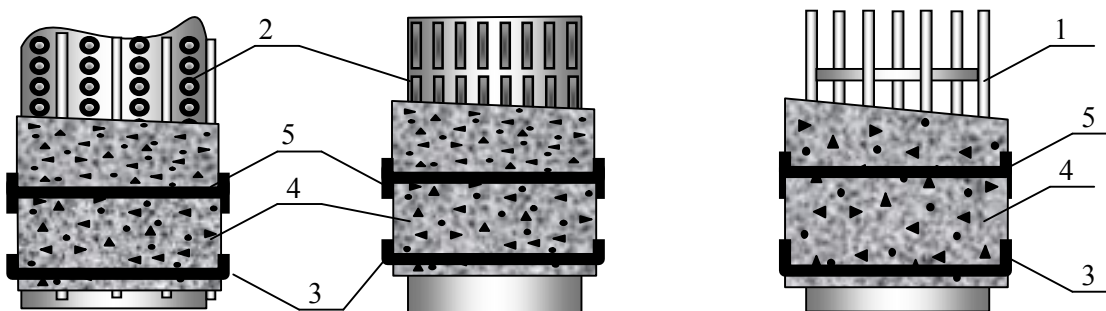


Рисунок 2.14 – Блочные фильтры

Контрольные вопросы

1. Где и в каких условиях устанавливают фильтр в скважине?
2. Из чего состоит фильтровальная колонна?
3. Какие требования предъявляются к фильтрам?
4. От чего зависит выбор типа и конструкции фильтра?
5. Как выглядят трубчатые фильтры?
6. Какие особенности стержневых фильтров?
7. Из чего состоят гравийные фильтры?

3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

(вопросы для самоконтроля)

СМ 1.1. СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАК КОМПЛЕКС ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Тема 1. Введение. Основные задачи курса. Водохозяйственный баланс, его составление.

1. Дайте определение системы водоснабжения как комплекса инженерных сооружений и приведите основные ее составляющие?
2. Приведите основные задачи системы водоснабжения населенного пункта?
3. Дайте определение водохозяйственного баланса, назовите основную цель его составления?
4. Водохозяйственный баланс предприятия, особенности его составления.
5. Водохозяйственный баланс населенного пункта, особенности его составления.

Тема 2. Характеристика систем водоснабжения как комплекса инженерных сооружений.

1. Какие элементы могут включать в себя система водоснабжения населенного пункта?
2. Когда целесообразно объединять системы водоснабжения?
3. В каких случаях возникает необходимость дополнительных насосных станций по трассе водовода?
4. Какие из водоводов (районные, групповые или местные) имеют, как правило, наибольшую производительность, а какие наименьшую?
5. Какое минимальное количество насосных станций может быть при подземном и поверхностном источниках водоснабжения?

Тема 3. Классификация систем водоснабжения.

1. По каким признакам классифицируют системы водоснабжения населенных пунктов?
2. Опишите требования для систем водоснабжения с разной степенью обеспеченности подачи воды?
3. Какие варианты схем водоснабжения населенного пункта из поверхностных источников существуют?
4. Какие варианты схем водоснабжения населенного пункта из подземных источников существуют?

Тема 4. Источники водоснабжения, их характеристика.

1. Что относится к источникам водоснабжения?
2. Какие основные требования предъявляются к источникам водоснабжения населенных пунктов?
3. Где качество воды стабильно - в подземных или поверхностных источниках и почему?
4. Какие источники - поверхностные или подземные - лучше защищены от антропогенного воздействия?

Тема 5. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения, назначения их.

1. Назовите основное назначение зон санитарной охраны источников водоснабжения?
2. Какие последствия будет иметь загрязнение поверхностных источников водоснабжения недостаточно очищенными сточными водами?
3. Какие мероприятия и процессы необходимо принимать для предотвращения проникновения в подземные источники вредных и таких веществ, можно установить только через значительный промежуток времени?
4. Какие меры по охране вод относятся к профилактическим мерам, а какие к мероприятиям по устранению неблагоприятного воздействия хозяйственной деятельности на состояние водных объектов?

Тема 6. Сооружения для забора воды, конструктивные особенности и их типы.

1. Как классифицируют водозаборные сооружения?
2. В чем специфика водозаборных сооружений с поверхностных источников?
3. Как производится выбор типа и места расположения водозабора?
4. Приведите схемы и дайте характеристику береговых и русловых водозаборов раздельного и совмещенного типов?
5. Назовите основное назначение и особенности конструкции решеток, плоских и вращающихся сеток?
6. В чем заключается сущность расчета водозаборных сооружений с поверхностных источников?

7. Дайте характеристику водозаборов подземных вод и условия их использования?
8. Дайте характеристику водозаборных сооружений из водохранилищ, морей, каналов?
9. Какие вы знаете типы фильтров водозаборных скважин и в чем заключается их расчет?
10. Назовите особенности каптажных сооружений?
11. Опишите основные схемы горизонтальных водозаборов подземных вод?
12. Опишите основные схемы лучевых водозаборов подземных вод?
13. Как происходит искусственное пополнение подземных вод?

Тема 7. Водопотребление населенных пунктов. Построение суммарного графика водопотребления и определения расчетных расходов воды водопровода, который проектируется.

1. Охарактеризуйте основных водопотребителей населенных городов?
2. Назовите режимы водопотребления. Приведите суточный график водопотребления и интегральную кривую водопотребления?
3. Что такое удельные расходы воды, как они определяются?
4. Как определяются суточные, часовые, секундные и годовые расчетные расходы?
5. Что такое свободные, действительны и нужны напоры в сети?

СМ 1.2. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ, ЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ И РАСЧЕТ

Тема 8. Режим работы водопроводных сооружений.

1. Каким требованиям должен соответствовать водопроводная сеть?
2. На расчетные случаи проводится расчет водопроводной сети и основных сооружений системы водоснабжения?
3. Назовите основные недостатки и преимущества кольцевой и тупиковой водопроводной сети?
4. Приведите классификацию участков водопроводной сети?
5. Назовите условия, при соблюдении которых допускается проектировать тупиковые водопроводные сети?

Тема 9. Зонные системы водоснабжения.

1. Приведите основные схемы зонирования водопроводной сети?
2. Дайте сравнительный анализ параллельного и последовательного зонирования?

3. проводят зонирование сети при свободных напорах менее 60 м? Какие преимущества оно может предоставить?
4. В чем заключаются основные недостатки зонирования водопроводных сетей?

Тема 10. Водопроводная сеть, ее трассировки.

1. Как необходимо выполнять трассировку магистральных сетей?
2. От чего зависит очерк водопроводной сети в плане?
3. Как необходимо выполнять трассировку распределительных сетей?
4. Приведите основные требования к расположению водопроводной сети наряду с различными объектами (фундаментами зданий, ограждений, опор связи и др.)?
5. Приведите основные требования к расположению водопроводной сети наряду с другими инженерными сетями?

Тема 11. Гидравлический расчет водопроводных сетей.

1. В чем заключается гидравлический расчет водопроводной сети?
2. Назовите цель и порядок проведения гидравлического расчета водопроводной сети?
3. На расчетные случаи выполняется гидравлический расчет?
4. Определение дорожной, узловой и расчетного расхода?
5. Приведите основные принципы предварительного потокораспределения?
6. Какая точка сети называется диктуя? Как определить ее расположение?
7. Приведите основы расчета пьезометрических отметок и свободных напоров в узлах водопроводной сети?
8. Назовите методы увязки водопроводной сети?
9. Для чего проводится проверка работы сети при возникновении пожара или аварии?

Тема 12. Оборудование водопроводной сети.

1. Назовите основные виды труб, используемых в системах водоснабжения, дайте их характеристику?
2. Приведите основные преимущества и недостатки чугунных труб, способы их сочетания?
3. Приведите основные преимущества и недостатки стальных труб, способы их сочетания?
4. В чем заключается защита металлических трубопроводов от наружной и внутренней коррозии?
5. Приведите основные преимущества и недостатки асбестоцементных и железобетонных труб, способы их сочетания?

6. Приведите основные преимущества и недостатки пластиковых труб, способы их сочетания?

Тема 13. Арматура и сооружения на сети.

1. Приведите классификацию задвижек и поворотных затворов?
2. Опишите схему расположения запорной арматуры на городской водопроводной сети?
3. Назовите основные типы предупредительной арматуры, ее основное назначение?
4. Назовите источники попадания воздуха в трубопроводы и правила расположения вантузов, выпусков?
5. Назовите основное назначение и правила расположения пожарных гидрантов?
6. Какие типы колодцев используют на водопроводной сети, их основное назначение?
7. Приведите основные способы перехода водопроводных линий через автомобильные дороги и железную дорогу?
8. Как выполняют пересечение водоводов с водными преградами? Схема устройства дюкера?

СМ 1.3. ОСОБЕННОСТИ СООРУЖЕНИЙ И ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Тема 14. Регулирующие и запасные емкости.

1. Какие сооружения относятся к напорным и безнапорным емкостей?
2. С какой целью в системах водоснабжения используют водонапорные башни?
3. Охарактеризуйте основное назначение резервуаров чистой воды (РЧВ)?
4. Для чего необходим регулирующий объем воды?
5. Как определить регулирующий объем воды?
6. Как определить противопожарный объем воды в водонапорной башне?
7. Как определить противопожарный объем воды в РЧВ?
8. Из каких основных элементов состоит водонапорная башня?
9. Какие потребности покрывает аварийный запас воды в резервуарах?
10. Как выбрать место расположения водонапорной башни в системе водоснабжения?
11. Какое основное оборудование должно быть предусмотрено при строительстве водонапорной башни и РЧВ?
12. Из каких материалов обычно выполняют водонапорные башни и РЧВ?

13. Приведите основные типы и схемы гидропневматических установок?

Тема 15. Сооружения для транспортировки воды. Особенности гидравлического расчета открытых каналов.

1. Назовите основные виды систем транспортировки воды на территорию объекта, в который будет поставляться вода?
2. От каких факторов зависит тип сооружений, будут транспортировать воду от естественного источника к потребителю?
3. Каким требованиям должны соответствовать сооружения для транспортировки воды потребителям?
4. Назовите сферы применения гравитационных (самотечных) водоводов, их преимущества и недостатки?
5. Назовите сферы применения открытых и закрытых каналов для транспортировки воды, их преимущества и недостатки?

Тема 16. Устройство дворовой и внутренне квартальной водопроводной сети.

1. Назовите особенности устройства дворовой водопроводной сети.
2. Назовите особенности устройства внутри квартальной водопроводной сети.

Тема 17. Принципы технико-экономического расчета водопроводной сети.

1. Какие основные задачи решаются при технико-экономическом расчете систем подачи и распределения воды?
2. Приведите основные методы технико-экономического расчета сетей при заданных значениях расхода в линиях сети?
3. Как используется технико-экономический расчет в проектировании систем подачи и распределения воды?
4. Какой диаметр трубопровода является экономически выгодным?

Тема 18. Достижения науки и техники в области развития проектирования и устройства водопроводных сетей.

1. Назовите фамилии современных изобретателей в области проектирования и строительства систем и сооружений водоснабжения, их основные достижения?
2. Назовите основные достижения современности в регулировании работы насосных станций с целью снижения энергопотребления?
3. Назовите экологически безопасные технологии подготовки питьевой воды, в чем их преимущества?

4 ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В состав курсового проекта входит пояснительная записка и чертеж.

Пояснительная записка должна содержать обоснование всех принятых технических решений, основные расчетные схемы и необходимые расчеты.

Графическая часть проекта выполняется на стандартной чертежной бумаге формата А1 (594x841 мм).

На чертежах должны быть изображены:

- Генплан города с горизонталями в масштабе 1:10000 (1:5000);
- Расчетная схема водопроводной сети в масштабе 1:10000 (1:5000);
- Линия пьезометрического давления (Мг 1:10000 Мв 1:100 – 1:500);
- Детализовка (монтажная схема) 4-х колодцев;
- Профиль водопровода (Мг 1:10000 Мв 1:100 – 1:500).

Оформление курсового проекта.

Графические изображения, пояснения, шрифты подписей должны соответствовать ЕСКД.

Черчение выполняется при помощи компьютерных программ для черчения либо карандашом.

Пояснительная записка должна быть выполнена исключительно в печатном виде на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер 14, интервал 1,5, поля: 3 см – слева, 2 см – сверху и снизу, 1,5 см – справа.

В конце пояснительной записки приводится список литературы, оформленный в соответствии с требованиями ВАК Украины.

4.1 Определение расчётного расхода воды отдельными категориями потребителей

Согласно генплана города (с горизонталями в масштабе 1:10000) определяем площадь территории кварталов города, площадь зеленых насаждений, территорию улиц и площадей, площадь промпредприятия.

Площадь той или иной части города определяем после тщательного изучения характера планировки города (*приложение В*): результаты подсчётов территории жилых кварталов, которые предварительно нумеруются, сводим в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Площадь территории кварталов города

№ кварталов	Площадь, га	№ кварталов	Площадь, га
1		...	
2		i	
3			Σ , га

Определяем площадь территории города, занятую под зеленые насаждения (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Площадь зеленых насаждений города

№ кварталов	Площадь, га	№ кварталов	Площадь, га
1		...	
2		i	
3		Σ, га	

Территория улиц и площадей – ____, га;

Территория промпредприятия – ____, га.

4.1.1 Определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города

При определении расходов воды, на хозяйственно-питьевые нужды населения города необходимо определить его количество по отношению:

$$N = F \cdot P, \quad (4.1)$$

где N – численность населения, чел;

F – площадь части города, га;

P – плотность населения, чел/га.

Максимальный суточный расход воды населением города определяем по формуле:

$$Q_{\max}^{\text{сут}} = \frac{N \cdot q_{\max}^{\text{сут}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (4.2)$$

где N – количество населения в городе;

$q_{\max}^{\text{сут}}$ – норма максимального суточного водопотребления.

Средний часовой расход определяем по формуле:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = \frac{Q_{\max}^{\text{сут}}}{24} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.3)$$

Максимальный часовой расход определяем по формуле:

$$Q_{\max}^{\text{ч}} = \frac{0,0417 \cdot N \cdot q_{\max}^{\text{сут}} \cdot K_{\text{ч}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.4)$$

где $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности:

$$K_{\text{ч}}^{\max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}, \quad (4.5)$$

где $\alpha_{\max} = 1,2 - 1,4$;

β_{\max} – зависит от количества жителей (табл. А.2).

$$\beta_{\max} = X + \frac{N - A}{B - A} \cdot (Y - X)$$

Пример нахождения β_{\max} для населенного пункта, с расчетным числом жителей 35500: считается вручную (табл.4.3) или онлайн (рис. 4.1), к примеру, <http://www.stresscalc.ru/interpolation/inter.php>.

Таблица 4.3 – Расчет. коэф. β_{\max}

Население города	β_{\max}
A(20000)	X(1,2)
N(35500)	β_{\max}
B(50000)	Y(1,15)
$\beta_{\max} = X + \frac{N - A}{B - A} \cdot (Y - X) = 1.2 + \frac{35500 - 20000}{50000 - 20000} \cdot (1.15 - 1.2) = 1.1742$	

Линейная интерполяция - онлайн калькулятор

Линейная интерполяция		Результаты линейной интерполяции
X1: 20000	f(X1): 1,2	$X = f(X1) - (f(X1) - f(X3)) \cdot (X - X1) / (X2 - X1) = 1.2 - (1.2 - 1.15) \cdot (35500 - 20000) / (50000 - 20000) = 1.1742$
X: 35500	f(X): 1.1742	
X2: 50000	f(X2): 1,15	

Рисунок 4.1 – Интерполяция онлайн

Максимальный секундный расход воды: $Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^{\text{сут}}}{3,6}$ л/с.

4.1.2 Расход воды на коммунальные нужды города

Расход воды на поливку улиц и площадей

Максимальный суточный расход:

$$Q_{\max}^{\text{сут}} = \frac{F \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (4.6)$$

где F – площадь улиц и площадей, м^2 ;

q – норма расхода воды на поливку, принимаемая в зависимости от типа покрытия от поливки и др. условий (табл. А.3, А.4);

n – число поливок, принимается 1–2 в зависимости от режима поливки;

0,1 – поливается 10 % от всей площади.

$$\text{Средний часовой расход: } Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = \frac{Q_{\max}^{\text{сут}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.7)$$

$$\text{Максимальный часовой расход: } Q_{\max}^{\text{ч}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{ч}} \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.8)$$

где $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности расходования воды на поливку, для средних городов $K_{\text{ч}} = 4$.

Максимальный секундный расход воды:

$$Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^c}{3,6} \text{ л/с.} \quad (4.9)$$

Расход воды на поливку зелёных насаждений

Максимальный суточный расход:

$$Q_{\max}^{\text{сут}} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n \cdot 0,15}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (4.10)$$

где F_3 – площадь зелёных насаждений, м^2 ;

q_3 – норма расхода воды на поливку, принимаемая 3,0 – 6,0 л/м²;

n – число поливок, в сутки принимается 1–2.

0,15 – 15% от всей площади, поливается.

$$\text{Средний часовой расход: } Q_{\text{ср}}^c = \frac{Q_{\max}^{\text{сут}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.11)$$

$$\text{Максимальный часовой расход: } Q_{\max}^c = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{ч}} \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.12)$$

где $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности расходования воды на поливку, для средних городов $K_{\text{ч}} = 4$. Максимальный секундный расход воды:

$$Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^c}{3,6} \text{ л/с.} \quad (1.13)$$

Таблица 4.4 – Расходы воды на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды города

№	Характер расхода воды	$Q_{\max}^{\text{сут}}$, м ³ /сут	$Q_{\text{ср}}^c$, м ³ /ч	Q_{\max}^c , м ³ /ч	Q_{\max}^c , л/с
1	Хозяйственно-питьевые нужды населения				
2	Неучтённые расходы				
3	Поливка улиц и площадей				
4	Поливка зелёных насаждений				
ИТОГО					

4.1.3 Расход воды для промышленных предприятий

Расход воды для промышленных предприятий состоит из расхода воды на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды предприятия, расхода воды на души и расхода воды на производственные нужды.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды предприятия (Пример)

На крахмалопаточном заводе работает 1150 человек, в том числе в максимальную смену 445 человек (приложение В).

Завод работает в три смены со следующим распределением работающих по сменам:

1 смена максимальная – 445 чел – 38% от всего количества работающих, тогда на 2 и 3 смену приходится по 31% от всего количества работающих, т.е. по 352 человек.

В холодных цехах работает 80% от общего количества работающих, а в горячих цехах 20% что составляет:

холодные цеха 80% – 920 человек,

горячие цеха 20% – 230 человек.

В максимальную смену, с количеством работающих 445 чел.:

холодные цеха 80% – 356 человек,

горячие цеха 20% – 89 человек.

Средний часовой расход:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = \frac{0,045 \cdot N_{\Gamma} + 0,025 \cdot N_{\text{х}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.14)$$

где 0,045 и 0,025 – соответственно нормы водопотребления на 1 рабочего в горячих и холодных цехах;

N_{Γ} и $N_{\text{х}}$ – соответственно количество работающих на предприятии в горячих и холодных цехах.

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = \frac{0,045 \cdot 230 + 0,025 \cdot 920}{24} = 1,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчётные максимальный часовой и секунднй расходы в разрезе суток должны приниматься по смене, в которой работает наибольшее количество рабочих, т.е. в 1 смену.

Максимальный часовой расход:

$$Q_{\text{max}}^{\text{ч}} = \frac{0,045 \cdot n_{\Gamma} \cdot K_{\Gamma} + 0,025 \cdot n_{\text{х}} \cdot K_{\text{х}}}{t_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.15)$$

где n_{Γ} и $n_{\text{х}}$ – соответственно количество работающих на предприятии в горячих и холодных цехах.

K_{Γ} и K_{χ} – коэффициенты часовой неравномерности соответственно в горячих и холодных цехах $K_{\Gamma}=2,5$, $K_{\chi}=3$;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены в часах, 8 часов.

$$Q_{\text{max}}^{\text{ч}} = \frac{0,045 \cdot 89 \cdot 2,5 + 0,025 \cdot 356 \cdot 3}{8} = 4,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный секундный расход воды:

$$Q_{\text{max}}^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{ч}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (4.16)$$

$$Q_{\text{max}}^{\text{с}} = \frac{4,6}{3,6} = 1,28 \text{ л/с}.$$

Расход воды на души на предприятии (Пример)

Количество работающих, пользующихся душами, устанавливается для каждого предприятия с соблюдением санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

На крахмалопаточном заводе количество работающих, пользующихся душами, составляет 30% от общего числа работающих, т.е. 345 человек, с распределением по цехам:

- в холодных цехах 10% – 115 человек,
- в горячих цехах 20% – 230 человек.

В максимальную смену, с количеством работающих 445 чел.:

- в холодных цехах 10% – 45 человек,
- в горячих цехах 20% – 89 человек.

По нормам пользование душем принимается в течение 45 мин. после окончания каждой смены, а поэтому максимальный часовой расход воды на души составляет:

$$Q_{\text{max}}^{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{см}}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.17)$$

$$\text{где } Q_{\text{см}} = (0,06 \cdot n_{\Gamma} + 0,04 \cdot n_{\chi}), \text{ м}^3; \quad (4.18)$$

0,06 и 0,04 – соответственно нормы расхода на один душ в горячих и холодных цехах.

$$Q_{\text{см}} = 0,06 \cdot 89 + 0,04 \cdot 45 = 7,14 \text{ м}^3.$$

$$Q_{\text{max}}^{\text{ч}} = \frac{7,14}{0,75} = 9,52 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный секундный расход воды:

$$Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^ч}{3,6} \text{ л/с.} \quad (4.19)$$

$$Q_{\max}^c = \frac{9,52}{3,6} = 2,6 \text{ л/с.}$$

Расход воды на производственные нужды промпредприятия

Расход воды на производственные нужды промпредприятий должен приниматься по данным технологов предприятий.

Максимальный суточный расход воды предприятий на производственные нужды определяется по формуле 1.15. 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:

$$Q_{\max}^ч = \frac{Q_{\max}^{сут}}{t} \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (4.20)$$

где t – продолжительность работы предприятия в течении суток, ч.

Максимальный секундный расход воды на производственные нужды:

$$Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^ч}{3,6} \text{ л/с.} \quad (4.21)$$

Таблица 4.5 – Расход воды для промышленных предприятий

№	Характер расхода воды	$Q_{\max}^{сут}$, м ³ /сут	$Q_{\text{ср}}^ч$, м ³ /ч	$Q_{\max}^ч$, м ³ /сут	Q_{\max}^c , л/с
1.	Хозяйственно- питьевые нужды промпредприятия				
2.	Расход воды на души				
3.	Расход воды на производственные нужды				
ИТОГО					

4.1.4 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 др. факторов.

Примечание: Расчётный расход воды на внутреннее пожаротушение зданий, имеющих этажность 3 и выше, может быть принят 10 л/с.

Максимальный секундный расход воды на тушение пожаров определяется по формуле:

$$Q = q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}, \text{ л/с}, \quad (4.22)$$

где $q_{\text{пож}}$ – расчётный расход воды на пожаротушение 1 наружного пожара, л/с;

$q'_{\text{пож}}$ – расчётный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с;

n – число пожаров.

Исходя из расчётной продолжительности пожара $t_n=3$ ч., полный расход воды на тушение пожара может быть определён по формуле:

$$Q_{\text{пож}} = 10,8(q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ м}^3. \quad (4.23)$$

Расход воды на пожаротушение за 1 час:

$$Q_{\text{пож}}^{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.24)$$

Таблица 4.6 – Сводная таблица расходов воды

№	Характер расхода воды	$Q_{\text{max}}^{\text{сут}}$, м ³ /сут	$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}}$, м ³ /ч	$Q_{\text{max}}^{\text{ч}}$, м ³ /ч	$Q_{\text{max}}^{\text{с}}$, л/с
1	Хозяйственно- питьевые нужды населения				
2	Неучтённые расходы				
3	Коммунальные нужды города				
4	Расходы воды для промпредприятия				
5	Расход воды на пожаротушение				
ИТОГО					

4.2 ТРАССИРОВКА МАГИСТРАЛЬНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ИХ РАСЧЁТНЫХ СХЕМ

Магистральная водопроводная сеть проектируется в виде системы 4 замкнутых колец, охватывающих целые группы кварталов (рис. 4.2). Кольца расчётной сети должны быть по возможности вытянутыми вдоль преобладающего направления течения воды. Длина расчетных участков колец магистральной сети находится в пределах 400–1000 м.

Определяем удельный расход воды по формуле:

$$q_{уд} = \frac{Q}{\sum l}, \text{ л/с}\cdot\text{м}, \quad (4.25)$$

где Q – общий секундный расход, л/с;

$\sum l$ – суммарная длина участков магистральной сети, м.

Для каждого участка магистральной сети определяем путевые расходы по формуле:

$$Q_{п} = q_{уд} \cdot l \text{ л/с}, \quad (4.26)$$

где $q_{уд}$ – удельный расход, л/с м;

l – расчётная длина участка сети, м.

$$Q_{п}^{1-2} = q_{уд} \cdot l_{1-2} \text{ л/с}; \quad Q_{п}^{2-3} = q_{уд} \cdot l_{2-3} \text{ л/с};$$

$$\sum Q_{п} = \text{---} \text{ л/с, что равно } Q - q_{\text{собр}}$$

Вычисленные путевые расходы воды отдельных участков заменяем узловыми расходами по формуле:

$$Q_{узн} = 0,5 \sum Q_{п}, \text{ л/с}, \quad (4.27)$$

$$\sum Q_{узн} = \text{---} \text{ л/с.}$$

Правильность вычисления узловых расходов проверяем по формуле:

$$\sum Q_{узн} = \sum Q_{п} = Q - q_{\text{собр}},$$

вычисленные путевые и узловые расходы выписываем на расчетную схему (рис 4.3). На расчетной схеме указывают стрелками движение направления воды, с целью подачи ее по кратчайшему расстоянию к наиболее отдаленным точкам сети, а затем предварительно намечают количество воды, которое должен пропустить каждый расчетный участок магистральной сети. При этом подсчет начинают от конца сети (диктующей точки) к началу (1-й колодец), соблюдая в каждом узле баланс расхода воды, подходящей к узлу и отходящей от него, т.е. $\sum q = 0$.

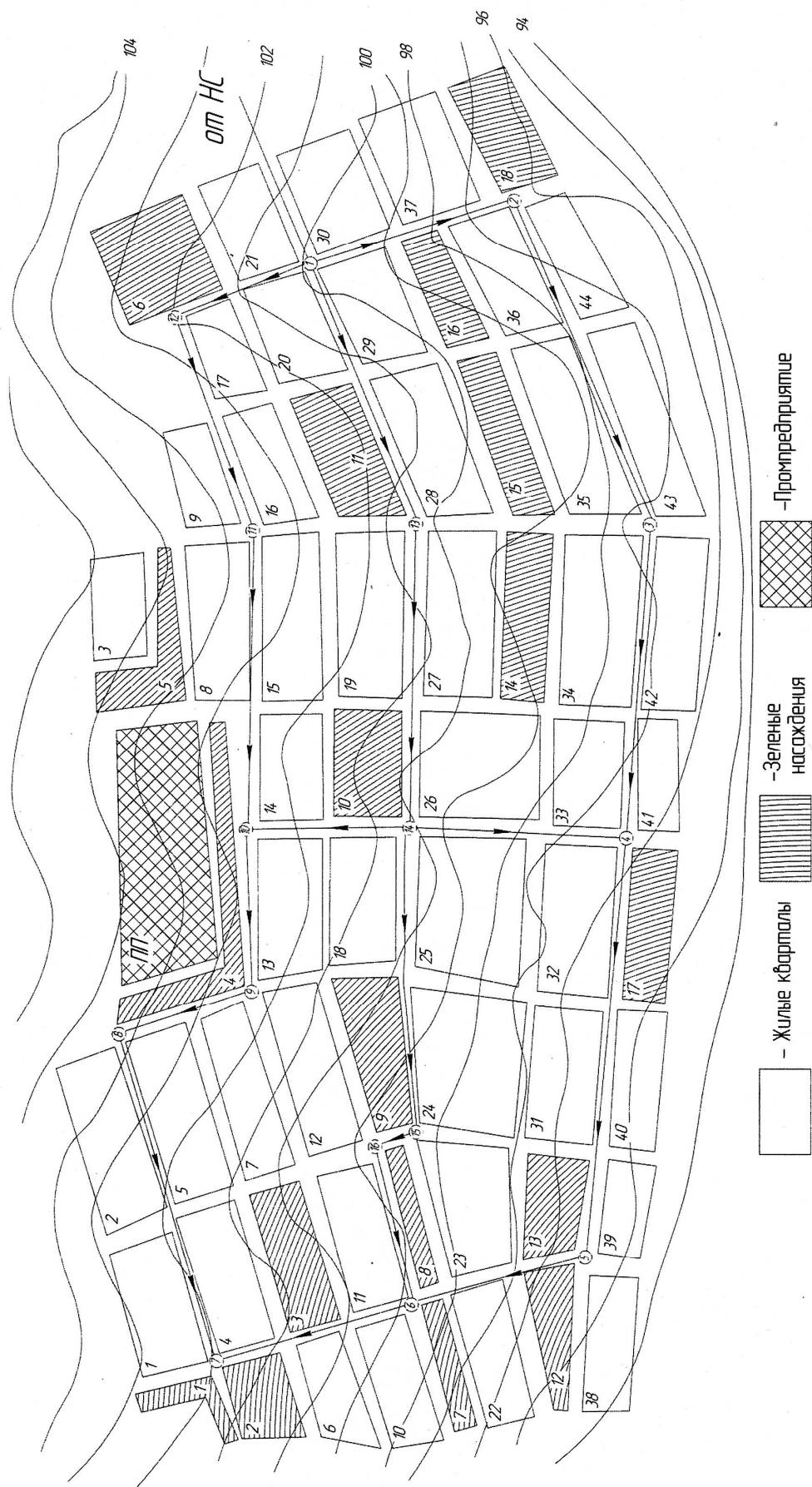


Рисунок 4.2 – Трассировка магистральной водопроводной сети.

М 1:10000

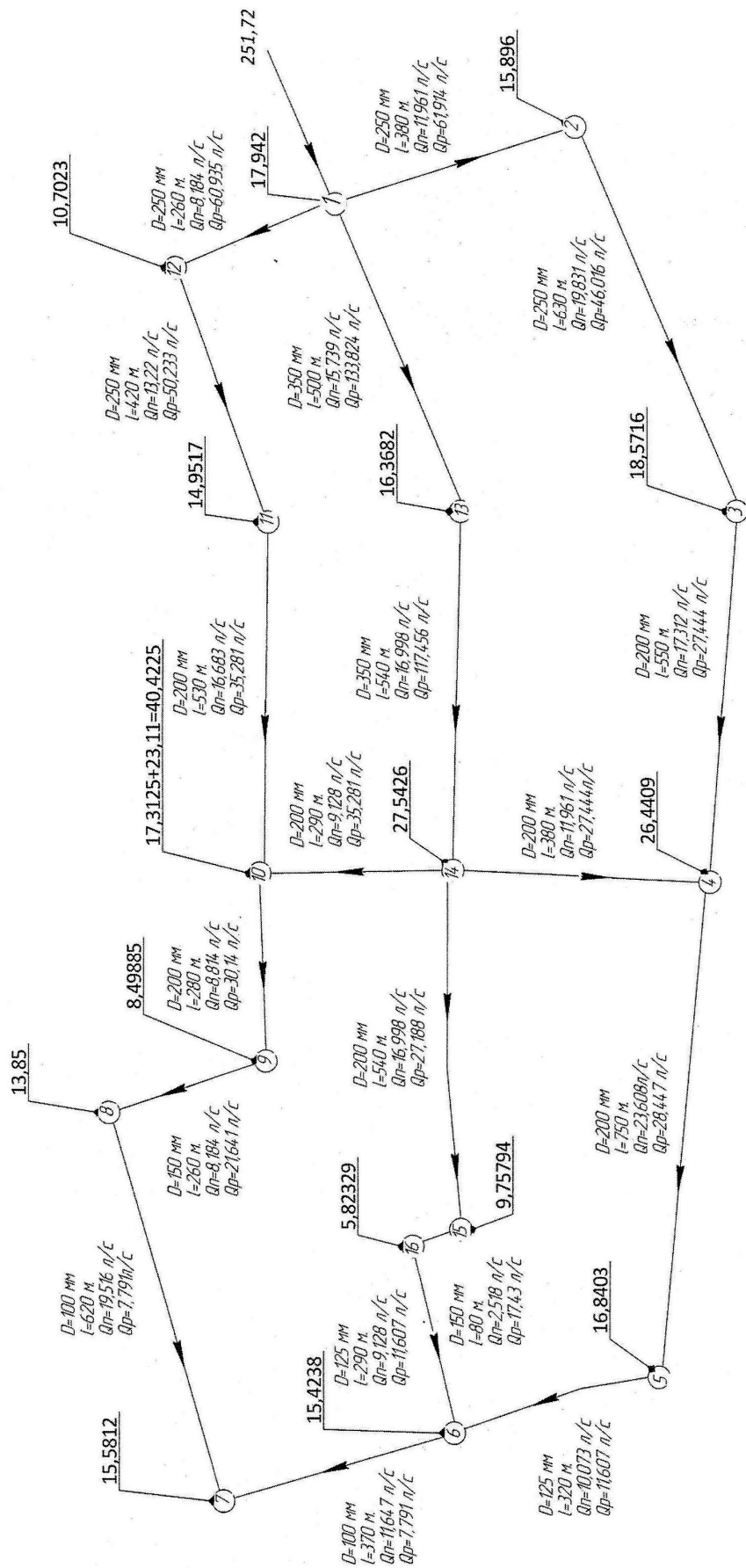


Рисунок 4.3 – Расчетная схема водопроводной сети

М 1:10000

4.3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ КОЛЬЦЕВОЙ

ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Наиболее распространенной при гидравлическом расчете водопроводов из стальных и чугунных труб является формула Павловского:

$$h = 0,0014822 \frac{Q^2 L}{D^{5,33}} \quad (4.28)$$

где, h – потери напора по длине, м; Q – секундный расход, м³/с; L – длина трубопровода, м; D – внутренний диаметр труб, м. Формула учитывает нормальное загрязнение труб ($n = 0,012$ (коэффициент шероховатости)).

Указанная формула может быть представлена в виде:

$$h = AKLQ^2 \text{ или } h = sQ^2 \text{ при } V \geq 1,2 \text{ м/с } K = 1, \quad (4.29)$$

где A – удельное сопротивление $\left(A = \frac{0,0014822}{D^{5,33}} \right)$; s – удельное сопротивление участка длиной L , или модуль потери напора данного участка равный AKL .

Удельное сопротивление зависит только от материала и диаметра труб. Для стальных и чугунных труб A и K приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Сводная таблица для нахождения A , K и V

D, м	Величина удельного сопротивления A для Q в м ³ /с (для q в л/с · 10 ⁻³)				D, м	Величина удельного сопротивления A для Q в м ³ /с (для q в л/с · 10 ⁻³)			
0,050	12900				0,250	2,41			
0,075	1480				0,300	0,911			
0,100	319,4				0,350	0,401			
0,125	97,2				0,400	0,196			
0,150	36,7				0,459	0,105			
0,200	7,92				0,500	0,0598			
V , м/с	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
K	1,41	1,33	1,28	1,24	1,20	1,175	1,15	1,13	1,115
V , м/с	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0	1,1	1,2
K	1,10	1,085	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,015	1,0

Основными факторами, определяющими диаметр участка водопроводной сети, является расчётный расход и скорость:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \Leftrightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} \Leftrightarrow Q = \frac{\pi D^2 V}{4}, \quad (4.30)$$

где, D – внутренний диаметр, м; V – средняя экономическая скорость, м/с; Q – расчетный расход, м³/с. Для упрощения расчетов можно воспользоваться таблицей предельных расходов составлена Н. Н. Абрамовым на основании формул Л. Ф. Мошнина (*табл. В.2*).

Величина потерь напора на местные сопротивления учитывается введением коэффициента 1,05 – 1,10 в зависимости от количества фасонных частей и арматуры на трубопроводе.

Для удобства пользования формулой можно воспользоваться графиком (рис.).

При расчете вновь проектируемой кольцевой сети для каждого участка неизвестными являются диаметр и расход, т.е. общее число неизвестных равно двойному числу участков. Число возможных уравнений определяют из условия. Что сумма линейных (путевых) и узловых расходов для данного узла равны нулю:

$$\sum q + Q = 0, \quad (4.31)$$

где, q – путевые расходы в подходящих к узлу трубопроводах, Q – узловой расход, отбираемый из сети в данной точке ($Q_{\text{узн}}$ или $Q_{\text{узн}} + Q_{\text{п}}$).

Для каждого замкнутого контура или кольца алгебраическая сумма потерь напора на всех составляющих кольцо участках равна нулю (считая условно положительными потери на участках, где вода движется по часовой стрелке, и отрицательными – против часовой стрелки): $\sum h = 0$.

Общее число уравнений меньше, чем число неизвестных, и задача расчета кольцевой сети является неопределенной. Вследствие этого в практике проектирования кольцевая сеть рассчитывается методом постепенного приближения различными практическими приемами.

Порядок расчета следующий:

- определяют путевые и сосредоточенные расходы и «прикидывают» их в узлах;
- распределяют транзитные расходы по отдельным участкам с соблюдением равенства $\sum q + Q = 0$. При этом учитывают расположение отдельных потребителей, к которым вода должна подаваться кратчайшими путями, а также примерное равенство транзитных расходов по основным параллельным магистралям;
- на основании намеченных (расчетных) расходов q_p отдельных участков по среднему гидравлическому уклону или по экономическим скоростям определяют их диаметры;

- по расходам и диаметрам находят потери напора h с соблюдением равенства $\sum h = 0$. При относительно произвольном первоначальном распределении расходов в большинстве колец $\sum h \neq 0$, но $\sum h = \Delta h$ – невязка;
- перераспределяют расходы воды по отдельным ветвям с соблюдением условия $\sum q + Q = 0$ путем переброски увязочных расходов Δq с одних ветвей на другие. Увязку сети выполняют последовательно несколько раз, до тех пор, пока невязка по кольцу будет сведена примерно до 0,3 – 0,5 м.
- величину увязочного расхода Δq для каждого кольца находят из равенства:

$$\Delta q_i = \frac{\Delta h_i}{2 \sum (sq)_i}, \quad (4.32)$$

где, s и q – сопротивление и расход участков, составляющих кольцо.

Расчет удобнее выполнять в таблице:

Расчет сети по методу проф. В.Г. Лобачева сводится в таблицу (рис 4.4).

Таблица – Гидравлический расчет сети по методу В.Г. Лобачева.

№ кольца	№ участка	Длина участка, м	Уд. сопротивление $\lambda \cdot 10^{-6}$	Предварительное распределение расходов							I исправление								
				Q, л/с	D, мм	V, м/с	K _с	S = A · K _с · 10 ⁻³	h = SQ ²	SQ	Увязочный расход Δq, л/с	Q, л/с	SQ	h = SQ ²					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Δh _I	Δh _{II}	Δh _{III}	Δh _{IV}	
1	1-2																		
	2-3																		
	...																		
II																			
III																			
IV																			

Рисунок 4.4 – Таблица «Гидравлический расчет»

При увязке кольца водопроводной сети положительные увязочные расходы должны добавляться к положительным расходам линий и вычитаться из негативных расходов, а отрицательные – наоборот, соответственно увязочные расходы выписываются напротив каждого участка кольца со знаком плюс или минус.

При определении увязочных расходов линий, принадлежащих двум смежным кольцам, необходимо учитывать увязочные расходы смежных колец: так, если $\Delta h > 0$, то Δq должны быть направлены против часовой стрелки.

4.4 ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ И ПРОФИЛЯ ВОДОВОДА

Пьезометрическую линию обычно строят исходя из величины напора в характерных узловых точках, поэтому пьезометрическая линия представляет собой максимальную линию. При построении пьезометрической линии исходят из условия, что в диктующей точке, т.е. в точке, наиболее удалённой от источника и имеющую наибольшую отметку, напор должен быть не ниже нормативного.

Величину требуемого свободного напора в сети водопровода населённых мест вычисляют исходя из следующих условий: 10 м принимается на первый этаж и по 4 м на каждый последующий (ф-ла 1.19).

Построение пьезометрической линии начинаем с выбора на генплане диктующей точки, свободный напор которой равен принимаемому в зависимости от этажности застройки. Пьезометрическая отметка каждой последующей точки равна пьезометрической отметке предыдущей точки плюс потери напора на участке между этими узловыми точками. Свободный напор последующей точки равен пьезометрической отметке предыдущей точки минус отметка поверхности земли.

Расчёты, связанные с построением линии пьезометрического деления (см. пример расчета *пример 1 стр. 16*) оформляем в табл. 4.8.

На основании расчётных данных производим построение линии пьезометрического давления (рис. 4.5).

Глубина заложения водоводов и водопроводных сетей должна обеспечивать их нормальную работу в зимнее время, исключать возможность недопустимого нагревания воды летом, а также повреждения труб внешними нагрузками (транспортом и др.).

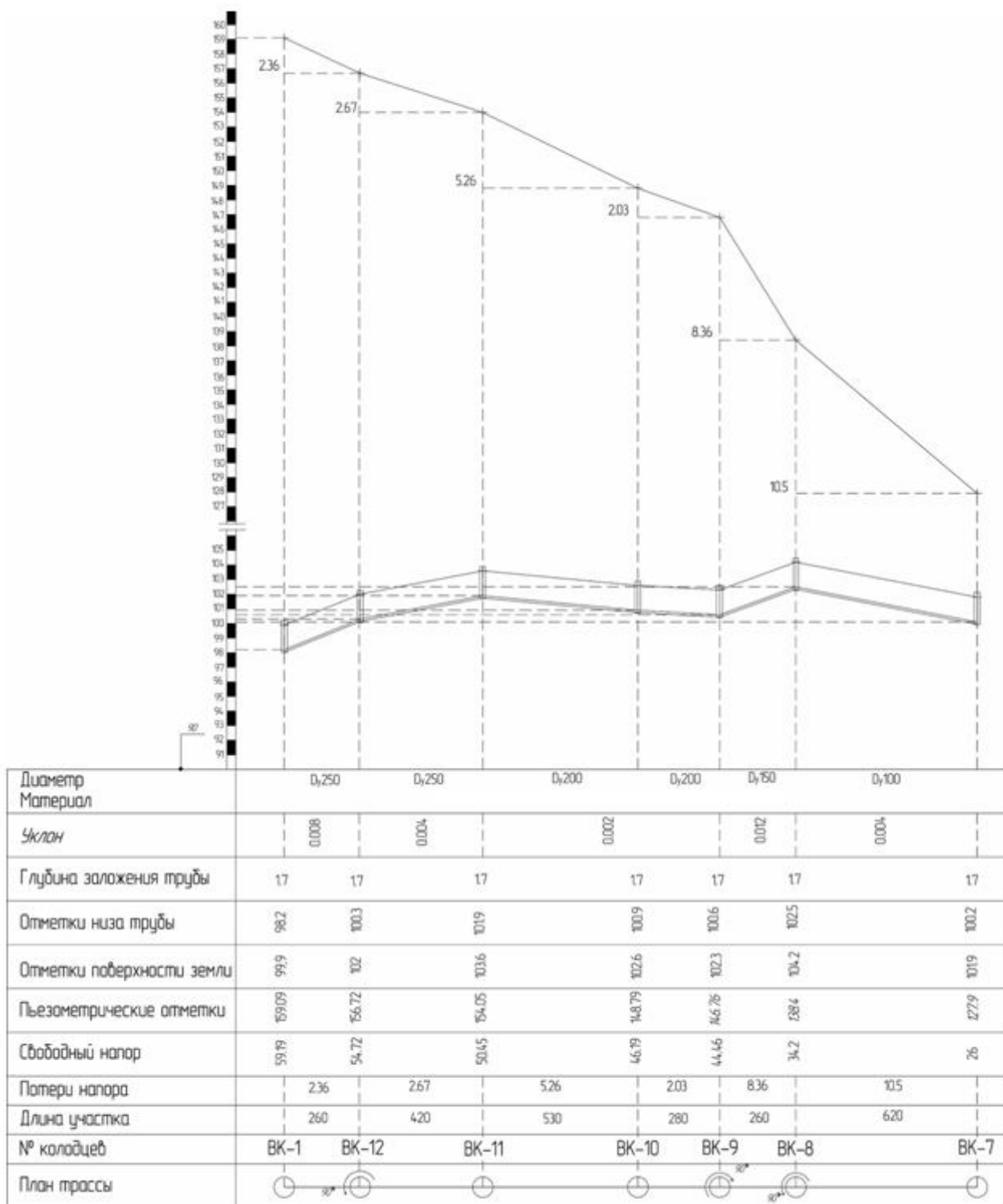


Рисунок 4.5 – Построение линии пьезометрического давления и профиля водовода
(M_r 1:10000, M_v 1:200)

Таблица 4.8– Пример заполнения таблицы Построение пьезометрической линии

№ точек	№ участка	Длина участка, l , м	Потери напора, h , м	Свободный напор, $H_{св}$, м	Отметки поверхности земли, z , м	Пьезометрические отметки, Π , м
7	–	–	–	30	148	178
8	7-8	550	4,27	37,8	145	182,3
12	8-12	250	0,96	39,8	144	183,3
13	12-13	400	1,5	41,8	143	184,8
14	13-14	900	5	48,3	141,5	189,8
1	14-1	50	0,13	47,9	142	189,9

Глубина заложения труб, считая до низа, должна быть на 0,5 м больше расчётной глубины проникновения в грунт нулевой температуры. Водоводы и водопроводные сети нужно укладывать с уклоном не менее 0,001 по направлению к выпуску, при плоском рельефе местности уклон допускается уменьшить до 0,0005.

4.5 ДЕТАЛИРОВКА ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

После расчёта магистральных линий водопроводной сети производим детализацию основных её узлов, т.е. составляем монтажную схему сети. Устройство рассчитанной магистральной водопроводной сети проектируем из чугунных водопроводных раструбных труб (табл. В.6 – В.13).

Детализации подлежат 3-5 колодцев водопроводной сети.

При детализации сети показываем с применением условных обозначений трубы, фасонные части, водоразборную, предохранительную регулирующую и запорную арматуру. При этом задвижки следует размещать таким образом, чтобы можно было выключать отдельные участки сети без нарушения подачи воды потребителям.

Для соединения фланцевых задвижек и другой фланцевой арматуры с раструбными трубами следует применять соединения патрубков-фланец-раструб и патрубков-фланец-гладкий конец.

На основе детализации сети составляем спецификацию труб, фасонных частей и арматуры различного назначения, что необходимо для составления сметы, заказа на трубы и др. детали сети.

При определении размеров колодцев в плане следует учесть размеры арматуры, которая устанавливается в колодце, и минимально допустимым расстоянием между стенками труб и стенками колодцев и др.: так расстояние к внутренней стенке колодца от стенки трубы должна быть для $d < 400$ мм – 0,3

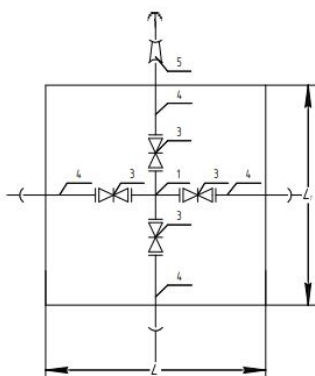
м, для $d = 450-800$ мм – 0,5 м, $d > 800$ мм – 0,7 м; расстояние от стенок и покрытия к вентилю задвижки должна быть не менее 0,25-0,5 м.

Различают колодцы круглые и прямоугольные. При выборе размеров колодцев целесообразно пользоваться типичными проектами сборных железобетонных водопроводных колодцев. К типичным решениям круглых колодцев с внутренними размерами 700, 1000, 1250, 1500 и 2000 мм; прямоугольные колодцы разработаны с сборных железобетонных элементов с размерами в плане 1500×2000, 1500×2500, 2000×2000, 2000×2500, 2500×2500 мм.

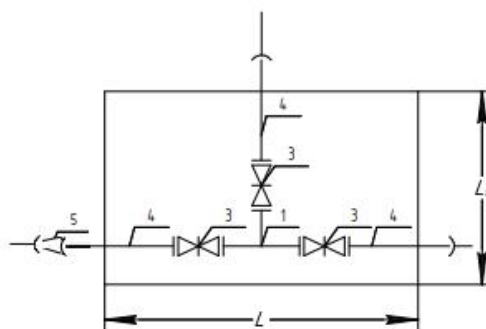
Если расчетные размеры колодцев больше размеров типичных колодцев, то их можно принимать с кирпича: при этом размеры колодцев должны быть кратными $\frac{1}{2}$ кирпича.

Пример схематической детализировки колодца

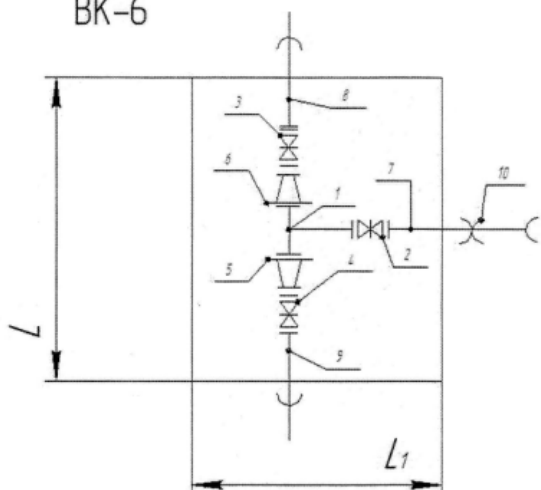
ВК – 1



ВК – 2



ВК-6



СПЕЦИФИКАЦИЯ

- 1) ТФ 150 X 150; $L = 250$, $L_1 = 200$;
- 2) Задвижка параллельная с выдвижным шпинделем $P_{раб} = 10$ кг/см², $D_y = 150$; $L = 280$;
- 3) Задвижка параллельная с выдвижным шпинделем $P_{раб} = 10$ кг/см², $D_y = 100$; $L = 230$;
- 4) Задвижка параллельная с выдвижным шпинделем $P_{раб} = 10$ кг/см², $D_y = 125$; $L = 255$;
- 5) ХФ 150X125; $L = 200$;
- 6) ХФ 150X120; $L = 250$;
- 7) ПФГ 150; $L = 1200$;
- 8) ПФГ 100; $L = 1200$;
- 9) ПФГ 125; $L = 1200$;
- 10) ДР 150; $L = 190$; $L_1 = 20$;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА КОЛОДЦА

Считаем толщину прокладки L равной 10мм

$$L=300+30+230+250 \times 2+200+255+30+300=2095 \text{ мм}$$

$$L_1=500+200+20+280+300=1300 \text{ мм}$$

Принимаем типовой прямоугольный ж/б колодец из сборных элементов с размерами в плане 1500x2000 мм.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 – Зависимость нормы водоснабжения от степени благоустройства

Степень благоустройства жилой застройки	Удельная среднесуточная (за год) норма питьевого водоснабжения л/сут на 1 жителя
Жилая застройка, оборудованная внутренним водопроводом и канализацией: – без ванн; – с ваннами и местными водонагревателями; – с централизованным горячим водоснабжением.	100 – 135 150 – 230 230 – 285

Таблица А.2 – Значение коэф. β

Количество жителей, тыс чел.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β макс.	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β мин.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,65	1

Таблица А.3 – Нормы расхода воды на поливку

Назначение воды	Ед. изм.	Расчетные (удельные за год) суточные расходы воды, л/сут м ²	Коэф. *
- травяное покрытие	1 м ²	3	1,2
- улучшенные покрытия, тротуары, площади, проезды	1 м ²	0,5	
- зеленные насаждения, газоны и клумбы	1 м ²	3–6	

* Коэффициент для III архитектурно-строительного района (ДСТУ Б В.1.1-27)

Таблица А.4 – Расход воды на поливку – мытье городских территорий в расчете на одного жителя

Города	Необходимость в воде на 1 жителя							
	Архитектурно-строительный район							
	I (Полесье), IIIА, IIIБ, V		I (Лесостепь)		II (Восточная степь)		I (Южная степь), IV	
	л/сут	м ³ /год	л/сут	м ³ /год	л/сут	м ³ /год	л/сут	м ³ /год
Крупнейшие	65	5,5	75	6,4	95	10,1	105	12,4
Крупные	60	5,3	70	6,1	85	9,9	100	11,4
Большие	55	5,1	65	5,8	80	9,4	90	10,9
Средние	45	4,7	50	5,1	60	7,2	65	8,4
Малые	40	4,3	45	4,6	50	6,4	55	7,4

Таблица А.5 – Градация городов в зависимости от числа жителей

Градация городов	Число жителей, тыс	% потерь воды от общего водопотребления
Крупнейшие	Более 1000	20%
Крупные	500 – 1000	15%
Большие	250 – 500	15%
Средние	50 – 250	10%
Малые	10 – 50	10%

Таблица А.6 – Определения кол-ва рабочих одновременно принимающих душ в зависимости от характеристик производственных процессов

Группа производственных процессов	Санитарные характеристики производственных процессов	Количество людей, которые принимают душ на одну душевую сетку
I	а) Которые не вызывают загрязнения одежды и рук	15
	б) Которые вызывают загрязнения одежды и рук	7
II	в) С выделением большого количества пыли или загрязняющих веществ	3
	г) С дополнительной потребностью в воде	5

Таблица А.7 – Нормы расхода воды на пожаротушение

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с	
		застройка зданиями высотой до двух этажей включительно независимо от степени их огнестойкости	застройка зданиями высотой три этажа и выше независимо от степени их огнестойкости
До 1	1	5	10
Св. 1 до 5	1	10	10
–"– 5 –"–10	1	10	15
–"– 10 –"–25	2	10	15
–"– 25 –"–50	2	20	25
–"– 50 –"–100	2	25	35
–"– 100 –"–200	3	–	40
–"– 200 –"–300	3	–	55

Примечание: для внутреннего пожаротушения принимать 10 л/с

Приложение Б

Нормативные документы Украины доступны для скачивания по адресу: <http://dbn.at.ua/>

1. Официальный сайт ВОЗ на русском языке. <http://www.who.int/ru/>
2. Официальный сайт Агентства по охране окружающей среды. www.epa.gov/
3. Е. Кампа, Дж. Г. Уард, А. Лейппранд. Краткий путеводитель для стран-партнеров по европейской политике добрососедства, и России (окт. 2007, Берлин). – Европейское Сообщество: Институт Международной и европейской Экологической Политики, 2008 – Catalogue КН-30-08-207-RU-С. – 30 с.
4. Директива по питьевой воде 98/83/ЕС
5. Информация по водной политике ЕС и индивидуальные Директивы: <http://ec.europa.eu/environment/water/>

Обратите внимание:

- – Директива по Очистке Городских Сточных вод 91/271/ЕСС;
- – Директива по Нитратам Сельскохозяйственного Происхождения 91/676/ЕСС (снижение негативного влияния удобрений на источники питьевой воды);
- – Рамочная Директива по Воде 2000/60/ЕС

- – Директива по Грунтовым Водам 2006/60/ЕС

Таблица Б.1 – Величины давления для предварительного испытания напорных трубопроводов на прочность

№ п/п	Характеристика трубопровода	Расчетное внутреннее давление P_p , МПа	Испытательное давление P_m , МПа
1	Стальные 1-го класса со стыковыми соединениями соединенными сваркой	до 0,75	1,5
		0,75...2,5	$2 P_p$, но не больше заводского испытательного
		больше 2,5	$1,5 P_p$, но не больше заводского испытательного
2	Стальные, что состоят из отдельных частей соединенных фланцами	до 0,05	0,6
3	Стальные 2-го и 3-го классов со стыковыми соединениями сваркой	до 0,75	1,0
		0,75...2,5	$1,5 P_p$, но не больше заводского испытательного
		больше 2,5	$1,25 P_p$, но не больше заводского испытательного
4	Стальные самотечное водоводы или канализационные выпуски	–	устанавливается проектом
5	Чугунные под зачеканку	до 1,0	$P_p+0,5$, но не меньше 1,0
6	Чугунные со стыковым соединением на резиновых манжетах	1,0	$1,5 P_p$, но не меньше 1,5
7	Железобетонные	до 1,5	$1,3 P_p$, но не больше заводского испытательного на водонепроницаемость
8	Асбестоцементные	до 1,5	$1,3 P_p$, но не больше чем на 0,6 МПа заводского испытательного на водонепроницаемость
9	Пластмассовые	до 0,5	$1,3 P_p$, но не больше заводского испытательного на водонепроницаемость

Таблица Б.2 – Допустимые утечки воды из водопроводов различных материалов

Д условный, мм	Расходы воды, л/мин для труб на один км			
	Стальных, ПВД и ПНД сварные и ПВХ на клею	Чугунных и ПВХ на резиновых манжетах	Асбестоцементных	ж/б
100	0,28	0,70	1,40	–
125	0,35	0,90	1,56	–
150	0,42	1,05	1,72	–
200	0,56	1,40	1,98	2,0
250	0,70	1,55	2,22	2,2
300	0,85	1,70	2,42	2,4
350	0,90	1,80	2,62	2,6
400	1,00	1,95	2,80	2,8
450	1,05	2,10	2,96	3,0
500	1,10	2,20	3,14	3,2
600	1,20	2,40	–	3,4

700	1,30	2,55	–	3,7
800	1,35	2,70	–	3,9
900	1,45	2,90	–	4,2
1000	1,50	3,00	–	4,4
1100	1,55	–	–	4,6
1200	1,65	–	–	4,8
1400	1,75	–	–	5,0
1600	1,85	–	–	5,2
1800	1,95	–	–	6,2

Приложение В

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Генплан города;
2. Плотность населения, чел/га;
3. Норма водопотребления, л/сут;
4. Этажность застройки, эт;
5. Наименование предприятия;
6. Производительность предприятия;
7. Количество рабочих, количество рабочих в смену.

Таблица В.1 – Удельный расход воды на производственные нужды некоторых промышленных предприятий

№ п/п	Наименование промышленных предприятий	Единица измерения	Удельный расход воды, м ³
1.	Крахмалопаточные заводы	1 т изделий	30 – 60
2.	Кирпичные заводы	1000 шт.кирп.	0,7 – 1,0
3.	Завод безалкогольных напитков	1 м ³	10 – 15
4.	Пивоваренный завод	1 м ³	10 – 15
5.	Мясокомбинат	1 т изделий	10 – 15
6.	Хлебозавод	1 т хлеба	1,5 – 2,0
7.	Макаронная фабрика	1 т изделий	1,5
8.	Электротехнический завод	1 т изделий	5 – 25
9.	Вискозная фабрика	1 т вискозы	200 – 1200
10.	Тракторный завод	1 трактор	45,0
11.	Ситценабивная фабрика	1 т изделий	200 – 250
12.	Деревообрабатывающий комбинат	1 т изделий	20
13.	Ткацкая фабрика	1 т изделий	5
14.	Стекольный завод	1 т стекла	10 – 20
15.	Шерстомойка	1 т шерсти	100
16.	Кондитерская фабрика	1 т изделий	3 – 10

Таблица В.2 – Таблица предельных расходов (составлена Н. Н. Абрамовым на основании формул Л. Ф. Мошнина)

Д, мм	Предельные экономические, расходы, л/с		Предельные экономические скорости, м/с	
	наименьший	наибольший	наименьшая	наибольшая
100	–	5,4	–	0,71
125	5,4	9,0	0,45	0,73
150	9,0	15,0	0,51	0,85
200	15,0	28,5	0,48	0,91
250	28,5	45,0	0,53	0,92
300	45,0	68,0	0,64	0,96
350	68,0	96,0	0,71	1,00
400	96,0	130,0	0,76	1,04
450	130,0	168,0	0,82	1,06
500	168,0	237,0	0,86	1,21
600	237,0	355,0	0,84	1,26
700	355,0	490,0	0,93	1,27
800	490,0	685,0	0,98	1,36
900	685,0	882,0	1,07	1,38
1000	882,0	1120,0	0,12	1,46
1100	1120,0	1390,0	1,22	–
1200	1390,0	–	1,22	–









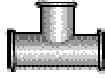







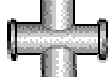

Таблица В.3 – Исходные данные для курсового проекта

№ вариантов	Плотность населения, чел./га	Норма водопотребления, л/сут.	Этажность застройки, этаж	Наименование предприятия	Производительность предприятия	Количество рабочих, всего	Количество рабочих в тах смену
1.	285	345	6	Крахмалопаточный з-д	55 т/сут	1150	445
2.	408	245	7	Кирпичный завод	100 тыс.шт./сут	2500	950
3.	360	250	5	Завод безалкогольных напитков	125 м ³ /сут	1850	690
4.	330	255	5	Пивоваренный завод	95 м ³ /сут	1150	430
5.	375	350	6	Мясокомбинат	155 т/сут	1900	880
6.	270	310	6	Хлебозавод	155 т/сут	1750	850
7.	345	340	5	Макаронная фабрика	45	950	355
8.	370	350	5	Электротехнический завод	15	3500	1450
9.	375	330	5	Вискозная фабрика	18	2700	1050
10.	380	315	6	Тракторный завод	120	4500	1900
11.	395	295	6	Ситценабивная фабрика	5	2200	950
12.	375	255	6	Деревообрабатывающий комбинат	35	1900	850
13.	360	350	5	Ткацкая фабрика	15	2200	1000
14.	265	350	6	Стекольный завод	45	1750	650
15.	285	330	6	Шерстомойка	15	1500	650
16.	280	347	4	Кондитерская фабрика	95	2000	900

Таблица В.4 – Расчетные значение удельных сопротивлений для чугунных водопроводных труб

Д, мм	Величина удельного сопротивления α для q в л/с	Д, мм	Величина удельного сопротивления α для q в л/с	Д, мм	Величина удельного сопротивления α для q в л/с
50	$13360 \cdot 10^{-6}$	250	$2,638 \cdot 10^{-6}$	600	$0,026 \cdot 10^{-6}$
80	$1044 \cdot 10^{-6}$	300	$0,986 \cdot 10^{-6}$	700	$0,012 \cdot 10^{-6}$
100	$399 \cdot 10^{-6}$	350	$0,437 \cdot 10^{-6}$	800	$0,0057 \cdot 10^{-6}$
125	$103,5 \cdot 10^{-6}$	400	$0,219 \cdot 10^{-6}$	900	$0,0031 \cdot 10^{-6}$
150	$39,54 \cdot 10^{-6}$	450	$0,119 \cdot 10^{-6}$	1000	$0,0018 \cdot 10^{-6}$
200	$8,608 \cdot 10^{-6}$	500	$0,068 \cdot 10^{-6}$	1200	$0,00066 \cdot 10^{-6}$

Таблица В.5 – Основные детали сети и их обозначения

Наименование	Обозначение	Эскиз	Схема
1	2	3	4
Труба раструбная (чугунная)	ТР		
Двойной раструб	ДР		
Патрубок фланец-раструб	ПФР		
Патрубок фланец-гладкий конец	ПФГ		
Тройник фланцевый	ТФ		
Тройник раструбный	ТР		
Тройник раструб-фланец	ТРФ		
Крест раструбный	КР		
Крест фланцевый	КФ		

Продолжение таблицы В.5

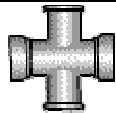

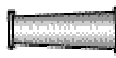









1	2	3	4
Крест раструб-фланец	КРФ		
Переход фланцевый	ХФ		
Переход раструбный	ХР		
Переход раструб-фланец	ХРФ		
Переход раструб-гладкий конец	ХРГ		
Задвижка			

Таблица В.6 – Размеры и масса раструбных чугунных труб

Условный проход Ду, мм	Толщина стенок труб, S, мм			Масса 1 метра трубы, кг			Масса раструба, кг	Длина трубы, L, м
	ЛА	А	Б	ЛА	А	Б		
65	6,7	7,4	8	11,3	12,4	13,3	4,1	2,3,4,5
80	7,2	7,9	8,6	14,9	16,2	17,5	4,9	2,3,4,5
100	7,5	8,3	9	18,9	20,8	22,6	6,3	3,4,5,6
125	7,9	8,7	9,5	24,5	26,8	29,1	7,8	3,4,5,6
150	8,3	9,2	10	30,5	33,7	36,4	10,2	3,4,5,6
200	9,2	10,1	11	44,6	48,8	52,9	14,6	4,5,6
250	10	11	12	60,1	65,9	71,6	20	4,5,6
300	10,8	11,9	13	77,6	85,2	92,7	26	4,5,6
350	11,7	12,8	14	97,6	103,5	116,1	31,9	4,5,6
400	12,5	13,8	15	118,5	130,5	141,4	40,9	4,5,6,7,8,9,10
450	13,5	14,7	16	130,5	157,5	169,2	49,9	4,5,6,7,8,9,10
500	14,2	15,6	17	167,5	183,5	199,4	59,6	4,5,6,7,8,9,10
600	15,8	17,4	19	229	244,8	266,4	79,5	4,5,6,7,8,9,10
700	17,5	19,3	21	287,2	316	342,9	102	4,5,6
800	19,2	21,1	23	359,8	394,6	429	136	4,5,6
900	20,8	22,9	25	437,8	480,9	523,9	174	4,5,6
1000	22,5	21,8	27	525,6	578	627,9	222	4,5,6

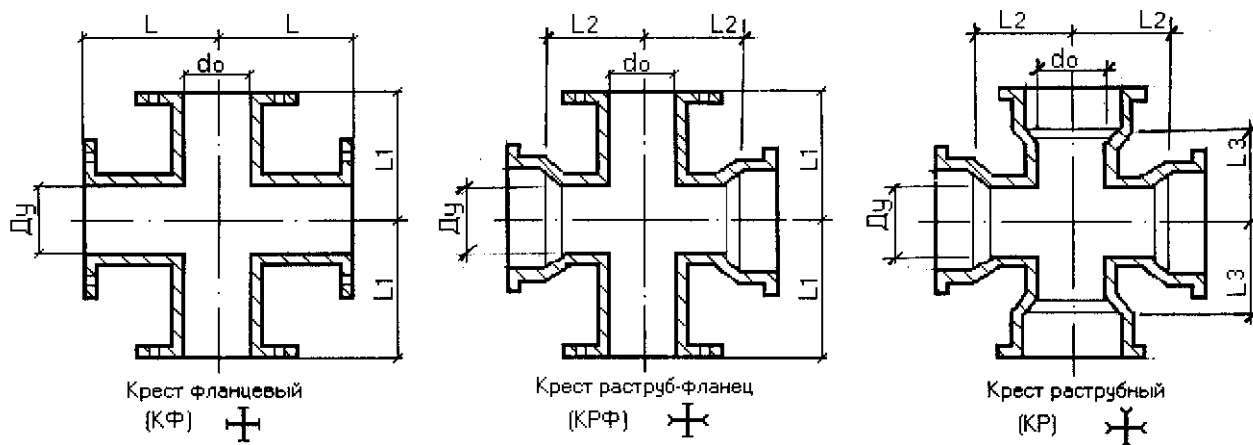


Таблица В.7 – Размеры, масса чугунных крестов

Диаметр условного прохода, мм		КФ	КРФ	КР	L	L ₁	L ₂	L ₃
Ствола Ду	Отвода d _o	Масса, кг			мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	15,1	18	19	125	125	100	100
75	50	21,5	23,6	25,6	150	150	125	100
	75	25,1	27,3	30,1	150	150	125	125
100	50	26	28,7	31,3	200	150	125	125
	75	31	34,6	35	200	175	125	125
	100	33,3	37,7	38,2	200	200	150	150
125	50	34,4	34,5	36	225	175	125	125
	75	36,6	40,2	42,5	225	175	150	150
	100	39,9	41,6	49	225	175	150	150
	125	47,4	52,3	55,5	225	225	200	200
150	50	42,1	43,4	45,6	250	200	125	150
	75	46,7	47,8	50,1	250	200	150	150
	100	48,2	49,8	54,9	250	200	150	150
	125	52,2	57,5	62,8	250	200	200	200
	150	59,9	64,9	69	250	200	200	200
200	50	64,5	55,4	58	300	225	125	200
	75	69,7	63,1	65	300	225	150	200
	100	71,7	70,4	75,4	300	225	200	200
	125	75,2	74,5	79,4	300	225	200	200
	200	78,5	77,8	84,5	300	225	200	200
	250	96,3	101	106	300	300	250	250
250	75	88,2	80	81,3	300	250	150	200
	100	89,5	89,6	93,8	300	250	200	200
	125	93,6	93,7	100	300	250	200	250
	150	95,3	98,8	106	300	250	200	250
	200	100	116	125	300	275	250	250
	250	121	124	137	300	300	250	250

Продолжение таблицы В.7

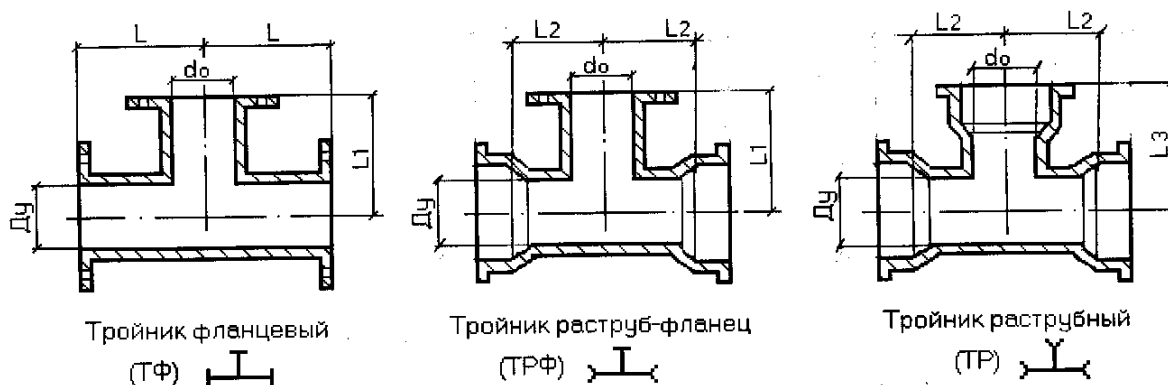
1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	75	106	101	104	300	275	150	250
	100	107	114	119	300	275	200	250
	125	111	118	122	300	275	200	250
	150	114	121	126	300	275	200	250
	200	126	142	148	300	300	250	250
	250	131	150	158	300	300	250	250
	300	139	167	194	300	300	300	300
350	100	132	142	146	300	300	200	250
	125	136	146	152	300	300	200	300
	150	138	149	158	300	300	200	300
	200	150	173	181	300	300	250	300
	250	158	181	193	300	305	250	300
	300	177	199	221	350	305	300	300
	350	217	217	250	350	350	300	300
400	100	159	168	173	300	325	200	300
	125	163	172	177	300	325	200	300
	150	166	191	198	300	325	250	300
	200	177	202	207	300	350	250	300
	250	184	207	220	300	350	250	300
	300	219	230	250	400	350	300	300
	350	237	218	277	400	375	300	300
	400	259	284	309	400	400	300	350
450	100	181	201	205	300	350	200	300
	125	185	205	211	300	350	200	350
	150	188	226	245	300	350	250	350
	200	199	237	245	300	375	250	350
	250	205	244	247	300	375	250	350
	300	257	273	280	400	400	300	350
	350	266	295	307	400	400	300	350
	400	278	334	359	400	400	400	350
	450	320	358	397	450	450	400	400
500	100	212	235	239	300	375	200	350
	125	216	238	242	300	375	200	350
	150	219	263	269	300	375	250	350
	200	228	272	278	300	400	250	350
	250	279	280	289	400	400	250	350
	300	289	311	320	400	425	300	350
	350	300	322	351	400	425	300	400
	400	312	378	411	400	425	400	400
	450	370	392	430	500	450	400	400
	500	405	422	448	500	500	400	400

Продолжение таблицы В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
600	150	293	359	363	300	450	250	400
	200	299	366	370	300	450	250	400
	250	365	401	409	400	450	300	400
	300	374	410	421	400	475	300	400
	350	384	481	502	400	475	400	450
	400	395	492	525	400	475	400	450
	450	467	504	542	500	500	400	450
	500	478	515	559	500	500	400	450
	600	564	600	636	550	550	450	450
700	150	464	475	479	400	500	250	450
	200	471	481	486	400	500	250	450
	250	475	527	534	400	500	300	450
	300	482	533	544	400	525	300	450
	350	489	622	638	400	525	400	500
	400	579	630	663	500	525	400	500
	450	590	642	680	500	550	400	500
	500	599	650	694	500	550	400	500
	600	700	752	819	600	550	500	500
700	767	859	910	600	600	550	550	
800	200	598	669	672	400	550	300	500
	250	600	671	675	400	550	300	500
	300	603	675	686	400	575	300	550
	350	721	786	801	500	575	400	550
	400	723	788	806	500	575	400	550
	450	726	791	812	500	600	400	550
	500	729	903	927	600	600	550	550
	600	961	912	947	700	625	550	550
	700	976	981	1081	700	625	600	550
800	1039	1104	1142	700	700	600	600	
900	200	732	846	847	400	600	300	550
	250	737	851	850	400	625	300	550
	300	738	851	862	400	625	300	600
	350	875	988	942	500	625	400	600
	400	881	996	1006	500	650	400	600
	450	880	994	1012	500	650	400	600
	500	881	1129	1151	500	650	500	600
	600	1160	1138	1164	700	675	500	600
	700	1182	1296	1321	700	675	600	600
	800	1206	1320	1352	700	700	600	600
900	1317	1431	1487	750	750	650	650	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	250	1083	1241	1246	500	675	400	600
	300	1083	1241	1250	500	675	400	650
	350	1085	1242	1256	500	675	400	650
	400	1092	1250	1260	500	700	400	650
	450	1089	1247	1264	500	700	400	650
	500	1423	1413	1434	700	700	500	650
	600	1430	1470	1446	700	725	500	650
	700	1448	1611	1692	700	750	600	650
	800	1663	1658	1682	700	800	600	700
	900	1675	1833	1891	800	800	700	700
1000	1704	1862	1935	800	800	700	700	

Таблица В.8 – Размеры, масса чугунных тройников



Диаметр условного прохода, мм		ТФ	ТРФ	ТР	L	L ₁	L ₂	L ₃
Ствола Ду	Отвода d ₀	Масса, кг			мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	11,8	14,4	14,6	125	125	100	100
75	50	17,7	19,9	20,9	150	150	125	100
	75	19,2	21,7	23,1	150	150	125	125
100	50	22,4	25,1	26,4	200	150	125	125
	75	25	27,7	28,3	200	175	125	125
	100	26,5	30,2	32,8	200	200	150	150
125	50	30,7	30,8	31,5	225	175	125	125
	75	32,7	31,4	35,3	225	175	150	150
	100	33,5	35,1	37,4	225	175	150	150
	125	37,2	42,1	44,4	225	225	200	200

Продолжение таблицы В.8

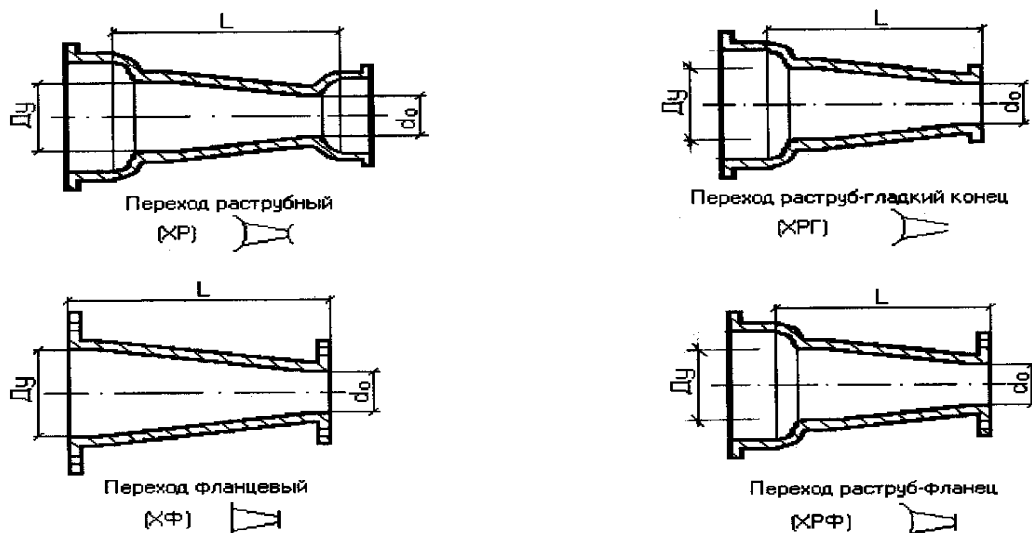
1	2	3	4	5	6	7	8	9
150	50	38,5	37,6	38,5	250	200	125	150
	75	40,7	41,7	42,4	250	200	150	150
	100	41,4	42,6	44,4	250	200	150	150
	125	43,6	48,6	51	250	200	200	200
	150	47,3	52,3	53,8	250	200	200	200
200	50	61,6	51	52,9	300	225	125	200
	75	63,7	57,1	57,9	300	225	150	200
	100	64,4	63,7	66,2	300	225	200	200
	125	66,5	65,8	68,2	300	225	200	200
	200	68,1	67,4	70,9	300	225	200	200
	250	72	82,1	84,1	300	300	250	250
250	75	82,3	74,1	74,7	300	250	150	200
	100	82,9	83	85	300	250	200	200
	125	85	85,1	88,4	300	250	200	250
	150	88,6	86,6	91,4	300	250	200	250
	200	93,2	101,1	105	300	275	250	250
	250	98,5	104	111	300	300	250	250
300	75	100	95	97,7	300	275	150	250
	100	101	117	100	300	275	200	250
	125	109	118	112	300	275	200	250
	150	104	119	114	300	275	200	250
	200	110	127	120	300	300	250	250
	250	114	131	135	300	300	250	250
	300	117	144	158	300	300	300	300
350	100	126	136	137	300	300	200	250
	125	126	137	141	300	300	200	300
	150	139	139	153	300	300	200	300
	200	135	158	162	300	300	250	300
	250	139	161	163	300	305	250	300
	300	135	177	188	350	305	300	300
	350	164	186	194	350	350	300	300
400	100	153	162	165	300	325	200	300
	125	155	161	166	300	325	200	300
	150	156	181	185	300	325	250	300
	200	162	187	189	300	350	250	300
	250	166	170	195	300	350	250	300
	300	198	200	217	400	350	300	300
	350	207	218	237	400	375	300	300
	400	218	214	266	400	400	300	350

Продолжение таблицы В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
450	100	175	115	117	300	350	200	300
	125	177	117	200	300	350	200	350
	150	178	217	221	300	350	250	350
	200	184	222	226	300	375	250	350
	250	186	226	237	300	375	250	350
	300	232	250	258	400	400	300	350
	350	237	256	267	400	400	300	350
	400	243	299	312	400	400	400	350
	450	273	311	331	450	450	400	400
500	100	206	228	230	300	375	200	350
	125	207	229	232	300	375	200	350
	150	209	253	256	300	375	250	350
	200	213	256	260	300	400	250	350
	250	261	261	265	400	400	250	350
	300	266	238	297	400	425	300	350
	350	272	294	308	400	425	300	400
	400	278	344	360	400	425	400	400
	450	329	351	370	500	450	400	400
600	150	281	348	350	300	450	250	400
	200	284	351	354	300	450	250	400
	250	348	384	388	400	450	300	400
	300	353	389	394	400	475	300	400
	350	358	455	470	400	475	400	450
	400	363	461	477	400	475	400	450
	450	430	466	486	500	500	400	450
	500	435	472	494	500	500	400	450
	600	494	530	548	550	550	450	450
700	150	453	464	465	400	500	250	450
	200	450	467	469	400	500	250	450
	250	458	510	514	400	500	300	450
	300	462	513	579	400	525	300	450
	350	465	598	606	400	525	400	500
	400	551	602	619	500	525	400	500
	450	557	608	627	500	550	400	500
	500	591	612	634	500	550	400	500
	600	652	704	737	600	550	500	500
700	886	778	801	600	600	550	550	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	200	613	384	689	400	550	300	500
	250	617	688	696	400	550	300	500
	300	623	695	718	400	575	300	550
	350	744	809	840	500	575	400	550
	400	748	813	849	500	575	400	550
	450	755	820	862	500	600	400	550
	500	761	934	883	600	600	550	550
	600	1009	959	1023	700	625	550	550
	700	1037	1043	1182	700	625	600	550
	800	1163	1223	1304	700	700	600	600
900	200	747	861	863	400	600	300	550
	250	757	870	870	400	625	300	550
	300	758	892	892	400	625	300	600
	350	898	979	979	500	625	400	600
	400	911	1047	1047	500	650	400	600
	450	908	1021	1058	500	650	400	600
	500	910	1158	1202	500	650	500	600
	600	1198	1178	1229	700	675	500	600
	700	1243	1357	1408	700	675	600	600
	800	1291	1405	1470	700	700	600	600
	900	1447	1560	1673	750	750	650	650
1000	250	1102	1260	1258	500	675	400	600
	300	1102	1261	1279	500	675	400	650
	350	1107	1263	1291	500	675	400	650
	400	1120	1278	1299	500	700	400	650
	450	1115	1278	1307	500	700	400	650
	500	1447	1437	1479	700	700	500	650
	600	1460	1660	1503	700	725	500	650
	700	1496	1659	1707	700	750	600	650
	800	1758	1753	1809	700	800	600	700
	900	1783	1941	2056	800	800	700	700
	1000	1841	1999	2145	800	800	700	700

Таблица В.9 – Размеры, масса чугунных переходов



Диаметр условного прохода, мм		Переход раструбный ХР		Переход раструб гладкий конец ХРГ		Переход фланцевый ХФ		Переход раструб - фланец ХРФ	
Ствола Ду	Отвода do	Длина L, мм	Масса, кг	Длина L, мм	Масса, кг	Длина L, мм	Масса, кг	Длина L, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
75	50	200	12	250	9,86	200	8,11	200	9,66
100	50	250	15,1	300	11,7	250	10,13	250	13,1
	70	200	17,3	250	14,1	200	11,3	200	14,5
125	50	300	17,3	350	16,4	300	12,5	300	15,8
	75	250	20	300	15,7	250	13,7	250	17,2
	100	200	21	250	13,6	200	15,6	200	18,4
150	75	300	24	350	20,7	300	16,6	300	21,6
	100	250	26	300	19,6	250	17,5	250	22,2
	125	200	27	250	18,7	200	18,6	200	23,1
200	75	400	33	450	36,4	400	24,6	400	30,4
	100	350	35	400	34,7	350	25,5	350	31,3
	125	300	36	350	32,6	300	26,5	300	32,3
	150	250	38	300	30,4	250	27,7	250	33,4
250	100	450	46	500	42,1	450	35	450	43,3
	125	400	48,6	450	41,1	400	36,1	400	44,4
	150	350	50,2	400	40	350	37,2	350	45,5
	200	250	55,2	300	38,8	250	38,3	250	46,6
300	125	500	63,6	550	55,1	500	48,3	500	62
	150	450	65	500	54,7	450	49,1	450	62,8
	200	350	69	400	53	350	50,6	350	64,3
	250	250	69,4	300	51,3	250	50,5	250	64,4

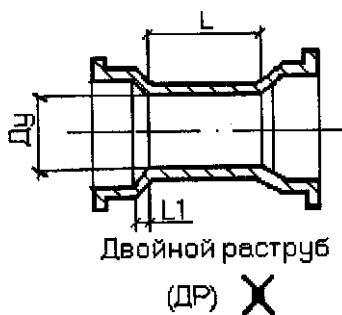
Продолжение таблицы В.9

350	150	550	83	600	75,5	550	74	550	82
	200	450	89,3	500	73,3	450	73	450	83,8
	250	350	91,8	400	71,5	350	71,5	350	83,6
	300	250	93,7	300	70	250	65,6	250	83,2
400	200	550	109	600	95,9	550	84,9	550	104,5
	250	450	112	500	97,5	450	83,8	450	104
	300	350	115	400	87,2	350	83	350	103,5
	350	250	117	300	82,9	250	82,5	250	103
450	200	700	137	750	118	650	117	650	146
	250	600	142	650	117	550	115	550	144
	300	500	146	550	109	450	114	450	143
	350	400	150	450	104	350	113	350	142
	400	300	159	350	96	250	108	250	137
500	250	700	168	750	143	650	142	650	175
	300	600	178	650	138	550	141	550	174
	350	500	188	550	132	450	140	450	173
	400	400	199	450	125	350	135	350	168
	450	300	210	350	112	250	130	250	163
600	300	800	239	850	210	750	210	750	261
	350	700	246	750	204	650	205	650	259
	400	600	249	650	196	550	198	550	253
	450	500	251	550	182	450	192	450	248
	500	400	289	450	168	350	180	350	239
700	350	900	329	950	300	850	301	850	368
	400	800	335	850	292	750	296	750	363
	450	700	349	750	282	650	284	650	361
	500	600	359	650	263	550	279	550	346
	600	400	370	450	225	350	267	350	324
800	400	1000	436	1050	423	950	419	950	506
	450	900	446	950	406	850	410	850	497
	500	800	459	850	382	750	401	750	488
	600	600	471	650	362	550	377	550	464
	700	400	483	450	342	350	344	350	431
900	500	1000	574	1050	535	950	520	950	669
	600	800	597	850	494	750	515	750	644
	700	600	622	650	444	550	489	550	611
	800	400	665	450	381	350	445	350	560
1000	400	400	756	1450	685	950	706	950	869
	700	700	774	850	658	750	676	750	839
	800	800	785	650	570	550	620	550	702
	900	900	796	450	460	350	562	350	700

Таблица В.10 – Размеры, масса чугунных патрубков

Диаметр условного прохода, мм	ПФР		Масса не больше, кг	ПФГ			
	Длина L, мм	Длина L, мм		Длина L, мм	Длина L, мм	Длина L, мм	Длина L, мм
50	100	75	8,03	300	6,1	1200	16,4
75	100	75	11,8	300	9,8	1200	26,4
100	100	80	14,7	350	13,1	1200	42,4
125	100	80	18,7	350	17,6	1200	57,3
150	100	85	23,3	350	21,3	1200	68,8
200	100	85	32,8	350	33	1200	107
250	150	90	47,5	350	42,3	1200	138
300	150	95	60,4	400	57,8	1200	142
350	150	100	78,4	400	72,8	1200	178
400	150	110	95,4	400	89,2	1200	216
450	150	105	112	450	113	1200	255
500	150	105	132	450	133	1200	299
600	250	115	211	500	197	1200	412
700	250	120	283	500	261	1200	547
800	250	130	379	600	403	1200	724
900	300	135	506	600	493	1200	896
1000	300	145	639	600	616	1200	1115

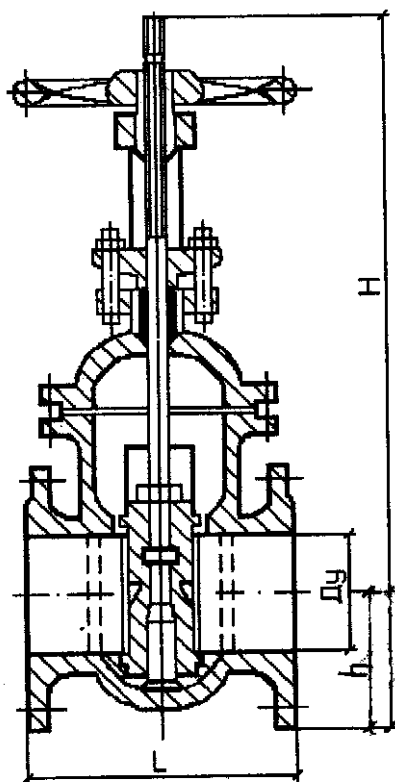
Таблица В.11 – Размеры, масса двойных раструбов



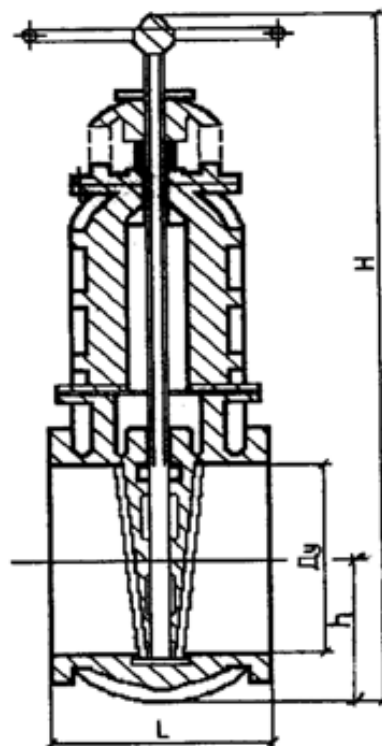
Условный проход, мм	Длина, мм		Масса, кг	Условный проход, мм	Длина, мм		Масса, кг
	L	L ₁			L	L ₁	
50	170	20	8,26	400	229	20	82,7
75	170	20	11	450	230	20	101
100	180	20	14,8	500	240	30	123
125	180	20	17,8	600	260	30	167
150	190	20	22,7	700	270	30	227
200	190	20	30,4	800	290	30	298
250	200	20	41,2	900	310	40	393
300	210	20	54	1000	330	40	500
350	220	20	69,4				

Таблица В.12 – Размеры и масса задвижек

Задвижка 30ч9066р параллельная с выдвигаемым шпинделем на $P_p=10 \text{ кг/см}^2$



Задвижка 30ч925 клиновья с неподвижным шпинделем на $P_p=16-64 \text{ кг/см}^2$



Ду, мм	L, мм	H, мм	M, кг	Ду, мм	L, мм	H, мм	M, кг
100	230	445	42	100	350	650	140
125	255	510	58	125	450	710	254
150	280	575	73	200	550	800	330
200	330	730	135	250	650	930	562
250	450	875	190	300	750	1035	750
300	500	1010	278	500	850	1800	1300
350	550	1150	370	600	950	2055	1770
400	600	1310	525	800	1000	2300	2080
				1000	1200	2500	2500

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.5–74: 2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – Київ : Мінрегіон України. – 2013. – 280 с. – Режим доступу :
(<http://cdo.kname.edu.ua/mod/data/view.php?id=1916&rid=28280>)
2. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб / Ф. А. Шевелев. – Москва : Стройиздат, 1973. – 112 с. – Режим доступу :
(<http://cdo.kname.edu.ua/mod/data/view.php?id=1916&rid=30429>)
3. Абрамов Н. Н. Водоснабжение : учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. – Москва : Стройиздат, 1974. – Изд. 2, перераб. и доп. – 480 с. – Режим доступу :
(<http://cdo.kname.edu.ua/mod/data/view.php?id=1916&rid=28279>)
4. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навч. посібник/ О. А. Ткачук. – Рівне : НУВГП, 2015. – 412 с. – Режим доступу :
(<http://cdo.kname.edu.ua/mod/data/view.php?id=1916&rid=29589>)

Навчальне видання

Методичні вказівки та завдання
для проведення практичних занять, лабораторних робіт,
самостійної роботи та виконання курсового проекту
з навчальної дисципліни

«ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

*(для студентів 2 і 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямку підготовки
6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)*

(рос. мовою)

Укладач **ДУШКІН** Станіслав Сергійович

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2016, поз. 134М

Підп. до друку 23.06.2016
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 4,3
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.