

**ВНУТРЕННИЕ  
СИСТЕМЫ  
ВОДО-  
СНАБЖЕНИЯ  
И ВОДО-  
ОТВЕДЕНИЯ**

**СПРАВОЧНИК  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
СПРАВОЧНИК**

# **ВНУТРЕННИЕ СИСТЕМЫ ВОДО- СНАБЖЕНИЯ И ВОДО- ОТВЕДЕНИЯ**

---

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

---

**СПРАВОЧНИК**

Под редакцией канд. техн. наук А. М. Тугая

КИЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1982

**Внутренние системы водоснабжения и водоотведения. Проектирование:** Справочник / Тугай А. М., Ивченко В. Д., Кулик В. И. и др.; Под ред. А. М. Тугая.— Киев: Будівельник, 1982.— 256 с.

В справочнике приводятся основные сведения по гидравлике, необходимые материалы по расчету и проектированию современных систем внутреннего холодного, горячего и противопожарного водоснабжения и водоотведения жилых, общественных и производственных зданий, а также сведения о повысительных насосных установках и санитарно-техническому оборудованию. Справочник содержит примеры расчета внутреннего водоснабжения и водоотведения.

Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 июня 1982 г.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией систем водоснабжения и водоотведения, а также может быть полезен студентам и учащимся высших и средних специальных учебных заведений.

Табл. 119. Ил. 57. Библиогр.: 32 назв.

Коллектив авторов: канд. техн. наук А. М. Тугай, инж. В. Д. Ивченко, кандидаты техн. наук В. И. Кулик, Ю. С. Сергеев, В. А. Соколов.

Рецензент инж. Г. Г. Овях

Спецредактор канд. техн. наук В. Д. Семенов

Редакция литературы по коммунальному хозяйству

Зав. редакцией инж. О. Т. Кушка

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной стратегической задачей партии, поставленной XXVI съездом КПСС, является дальнейшее повышение материального и культурного благосостояния советских людей. Одним из условий выполнения этой задачи является дальнейшее улучшение жилищных условий, с обеспечением жилья полным современным комплексом удобств, включая санитарно-техническое оборудование, газоснабжение и централизованное горячее водоснабжение.

Это требует увеличения норм водопотребления, уточненных прогрессивных методов расчета внутренних систем водоснабжения и водоотведения, применения новых типов санитарно-технического оборудования и арматуры, обеспечивающих удобство пользования и экономичность расходования питьевой воды.

Современные системы внутреннего водоснабжения и водоотведения представляют собой сложные комплексы инженерных сооружений и устройств, включающих в себя водоизмерительные узлы, повысительные насосные установки, системы для подогрева холодной и циркуляции горячей воды, распределительные, подающие и отводящие трубопроводы, всевозможные санитарно-технические приборы, средства автоматики, а также, нередко, установки по обработке воды.

Техническое решение систем внутреннего водоснабжения и водоотведения должно обеспечивать подачу требуемых количеств воды водопотребителям с заданными напорами в местах ее отбора, включая требования пожаротушения при наименьших затратах на их сооружение и эксплуатацию.

Настоящий справочник разработан с учетом новых строительных норм и правил СНиП II-30-76 «Внутренний водопровод и канализация зданий», СНиП II-34-76 «Горя-

чее водоснабжение», СНиП III-28-75 «Правила производства и приемки работ: санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений», а также строительных норм и правил, относящихся к отдельным зданиям и сооружениям и с учетом требований ЕСКД и системы СИ.

Справочник является пособием при проектировании и выполнении расчетов по новой методике, разработанной институтом Сантехпроект Госстроя СССР, ЦНИИЭП инженерного оборудования зданий, НИИ санитарной техники и др.

При составлении справочника особое внимание уделено сведениям по гидравлике движения жидкости во внутренних санитарно-технических системах, а также требованиям по конструированию систем внутреннего водоснабжения, водоотведения, противопожарного водоснабжения, повысительных и перекачивающих насосных установок. В справочнике приводятся также сведения о необходимом перечне документов для разработки проекта, а также правила оформления соответствующих чертежей по внутренним санитарно-техническим системам.

Справочник содержит примеры расчета наиболее характерных систем водоснабжения и водоотведения и местных водоочистных устройств и установок.

Книга подготовлена авторским коллективом в составе канд. техн. наук А. М. Тугая (главы 1, 2, общая редакция), инж. В. Д. Ивченко (главы 3, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 17), канд. техн. наук В. И. Кулика (главы 6, 13), канд. техн. наук Ю. С. Сергеева (главы 9, 10, 11, 13, 16) и канд. техн. наук В. А. Соколова (главы 4, 7, 15, 16).

## Раздел первый

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ

#### Глава 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАКОНЫ

##### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Чистая вода — химическое соединение, состоящее из 11,11% водорода и 88,89% (по массе) кислорода, представляет собой бесцветную жидкость без запаха и вкуса. Вода, применяемая для хозяйственно-питьевых, производственных, сельскохозяйственных и других нужд, как и природная, не бывает совершенно чистой. В ней могут содержаться в определенных количествах как растворенные, так и взвешенные нерастворенные вещества.

Вода, как и всякая жидкость, может значительно изменять свою форму под действием даже малых сил, но практически не изменяет свой объем при изменении давления. Вместе с тем вода имеет свои особенности — аномалии, отличающие ее от других жидкостей и играющих важную роль в природе и технике [3].

При этом она обладает наиболее характерным свойством жидкости — текучестью, т. е. легкоподвижностью частиц, обусловливаемую неспособностью воспринимать в покоем состоянии даже малейшие касательные напряжения, и, как всякая жидкость, может характеризоваться плотностью, удельным и относительным весом, сжимаемостью, упругостью, температурным расширением и вязкостью.

В настоящей главе рассматриваются эти основные характеристики воды.

Плотность воды (ее масса  $M$ , в единице объема  $W$ ) определяется по формуле

$$\rho = M/W. \quad (1)$$

Удельный вес воды (вес жидкости в единице объема) выражается формулой

$$\gamma = G/W, \quad (2)$$

где  $G$  — вес рассматриваемого объема воды.

Как плотность, так и удельный вес воды зависят от температуры. Значения удельного веса воды при различной температуре приведены в табл. 1.

Между массой  $M$ , весом  $G$  и ускорением свободного падения  $g$  существует зависимость:

$$G = Mg, \quad (3)$$

соответственно связь между плотностью  $\rho$  и удельным весом  $\gamma$  выражается зависимостью

$$\gamma = \rho g \quad (4)$$

или

$$\rho = \gamma/g. \quad (5)$$

Относительный вес  $\delta'$  отличается от удельного веса  $\gamma$ . Он показывает отношение веса единицы объема жидкости к весу такого же объема дистиллированной воды, представляющей собой безразмерную величину. Как и удельный вес величина его также зависит от температуры (табл. 2).

Для дистиллированной воды при  $+4^\circ\text{C}$   $\delta' = 1$ , а  $\gamma = 9810 \text{ н/м}^3$ .

Сжимаемость (свойство воды изменять свою плотность при изменении давления) характеризуется коэффициентом объемного сжатия  $\beta_p$ , под которым понимается относительное изменение объема жидкости  $W$  при изменении давления  $p$  на единицу

$$\beta_p = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dp}. \quad (6)$$

Таблица 1. Удельный вес  $\gamma$  воды при различной температуре

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\gamma, \text{н/м}^3$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\gamma, \text{н/м}^3$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\gamma, \text{н/м}^3$ |
|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| 0                   | 9808,7                 | 14                  | 9803,1                 | 40                  | 9735,0                 |
| 4                   | 9810,0                 | 16                  | 9800,2                 | 50                  | 9694,2                 |
| 6                   | 9809,7                 | 18                  | 9796,8                 | 60                  | 9647,0                 |
| 8                   | 9808,9                 | 20                  | 9792,9                 | 70                  | 9593,6                 |
| 10                  | 9807,5                 | 25                  | 9781,7                 | 80                  | 9534,7                 |
| 12                  | 9805,6                 | 30                  | 9768,4                 | 100                 | 9404,4                 |

Таблица 2. Относительный вес  $\delta^t$  воды при различной температуре

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\delta^t$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\delta^t$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\delta^t$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\delta^t$ |
|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
| 0                   | 0,99987    | 20                  | 0,99823    | 50                  | 0,98807    | 80                  | 0,97163    |
| 1                   | 0,99993    | 22                  | 0,99780    | 52                  | 0,98715    | 82                  | 0,97057    |
| 2                   | 0,99997    | 24                  | 0,99732    | 54                  | 0,98621    | 84                  | 0,9693     |
| 3                   | 0,99999    | 26                  | 0,99681    | 56                  | 0,98525    | 86                  | 0,9680     |
| 4                   | 1          | 28                  | 0,99626    | 58                  | 0,98425    | 88                  | 0,9668     |
| 5                   | 0,99999    | 30                  | 0,99567    | 60                  | 0,98324    | 90                  | 0,96534    |
| 6                   | 0,99997    | 32                  | 0,99505    | 62                  | 0,9822     | 91                  | 0,96467    |
| 7                   | 0,99993    | 34                  | 0,9944     | 64                  | 0,98113    | 92                  | 0,96399    |
| 8                   | 0,99988    | 36                  | 0,99371    | 66                  | 0,98005    | 93                  | 0,96330    |
| 9                   | 0,99981    | 38                  | 0,99299    | 68                  | 0,97894    | 94                  | 0,96261    |
| 10                  | 0,99973    | 40                  | 0,99224    | 70                  | 0,97781    | 95                  | 0,96192    |
| 12                  | 0,99952    | 42                  | 0,99141    | 72                  | 0,97666    | 96                  | 0,96122    |
| 14                  | 0,99927    | 44                  | 0,99066    | 74                  | 0,97548    | 97                  | 0,96051    |
| 16                  | 0,99897    | 46                  | 0,98983    | 76                  | 0,97429    | 98                  | 0,95981    |
| 18                  | 0,99862    | 48                  | 0,98896    | 78                  | 0,97307    | 99                  | 0,95909    |

Коэффициент объемного сжатия можно считать также равным отношению изменению плотности  $\rho$  (имея в виду, что  $M = \text{const}$ ), приходящемуся на единицу изменения давления  $p$ :

$$\beta_p = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dp}. \quad (7)$$

Среднее значение коэффициента объемного сжатия воды равно 0,0000051. Значения коэффициентов объемного сжатия при различных давлениях и температурах приведены в табл. 3.

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия, называется модулем объемной упругости

$$E_0 = \frac{1}{\beta_p}. \quad (8)$$

Среднее значение модуля объемной упругости  $E_0$  воды равно 196 000 н/см<sup>2</sup>.

Значения модуля объемной упругости воды при различной температуре и давлении приведены в табл. 4.

Температурное расширение (свойство воды изменять свой объем, а следовательно и плотность, при изменении температуры) характеризуется температурным коэффициентом объемного расширения  $\beta_t$ , под которым понимается относительное изменение объема жидкости  $W$  при изменении температуры  $t$  на 1  $^\circ\text{C}$

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt}. \quad (9)$$

Таблица 3. Коэффициент объемного сжатия воды  $\beta_p$ , см<sup>2</sup>/н

| $t, ^\circ\text{C}$ | $p, \text{н/см}^2$ |            |            |            |            |
|---------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
|                     | 50                 | 100        | 200        | 390        | 780        |
| 0                   | 0,0000054          | 0,00000537 | 0,00000531 | 0,00000523 | 0,00000515 |
| 5                   | 0,00000529         | 0,00000523 | 0,00000518 | 0,00000508 | 0,00000493 |
| 10                  | 0,00000523         | 0,00000518 | 0,00000508 | 0,00000498 | 0,00000481 |
| 15                  | 0,00000518         | 0,0000051  | 0,00000503 | 0,00000488 | 0,0000047  |
| 20                  | 0,00000515         | 0,00000505 | 0,00000495 | 0,00000481 | 0,0000046  |

Таблица 4. Модуль объемной упругости воды  $E_0$ , н/см<sup>2</sup>

| $t, ^\circ\text{C}$ | $p, \text{н/см}^2$ |         |         |         |         |
|---------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|                     | 50                 | 100     | 200     | 390     | 780     |
| 0                   | 185 400            | 186 400 | 188 400 | 191 300 | 197 200 |
| 5                   | 189 300            | 191 300 | 193 300 | 197 200 | 203 100 |
| 10                  | 191 300            | 193 300 | 197 200 | 201 100 | 208 000 |
| 15                  | 193 300            | 196 200 | 199 100 | 205 000 | 212 900 |
| 20                  | 194 200            | 198 200 | 202 100 | 208 000 | 217 800 |

Среднее значение температурного коэффициента объемного расширения  $\beta_t$  воды равно 0,000208 1/ $^\circ\text{C}$ . Значения температурного коэффициента объемного расширения воды при различных температурах приведены в табл. 5.

Таблица 5. Температурный коэффициент объемного расширения  $\beta_t$  воды, 1/ $^\circ\text{C}$

| $p, \text{н/см}^2$ | $t, ^\circ\text{C}$ |          |          |          |          |
|--------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|
|                    | 1—10                | 10—20    | 40—50    | 60—70    | 99—100   |
| 10                 | 0,000014            | 0,00015  | 0,000422 | 0,000556 | 0,000719 |
| 980                | 0,000043            | 0,000165 | 0,000422 | 0,000548 | 0,000714 |
| 1960               | 0,000072            | 0,000183 | 0,000426 | 0,000539 | —        |
| 4900               | 0,000149            | 0,000236 | 0,000429 | 0,000523 | 0,000661 |
| 8830               | 0,000229            | 0,000289 | 0,000437 | 0,000514 | 0,000661 |

Свойство воды оказывать сопротивление усилению сдвига характеризуется динамической и кинематической вязкостью, зависящей от температуры воды.

Динамическая вязкость  $\nu_d$  — сила, которая возникает на единице площади (квадратном метре) поверхности двух движущихся друг относительно друга слоев жидкости (воды), при градиенте скорости  $du/dn = 1$  (где  $du$  — разность скоростей, перемещающихся слоев воды,  $dn$  — толщина слоя). Значения динамической вязкости воды при различной температуре приведены в табл. 6.

Кинематическая вязкость  $\nu_k$  — это отношение динамического коэффициента вязкости  $\nu_d$  к плотности жидкости  $\rho$ :

$$\nu_k = \nu_d / \rho. \quad (10)$$

Значения кинематической вязкости при различной температуре приведены в табл. 7.

Таблица 6. Динамическая вязкость  $\nu_d$  воды, н/см<sup>2</sup>

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_d$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_d$  | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_d$  | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_d$  |
|---------------------|---------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| 0                   | 0,00179 | 20                  | 0,00101  | 50                  | 0,000549 | 80                  | 0,000357 |
| 1                   | 0,00173 | 22                  | 0,00096  | 52                  | 0,000532 | 82                  | 0,000348 |
| 2                   | 0,00167 | 24                  | 0,00091  | 54                  | 0,000515 | 84                  | 0,00034  |
| 3                   | 0,00162 | 26                  | 0,000874 | 56                  | 0,000499 | 86                  | 0,000332 |
| 4                   | 0,00156 | 28                  | 0,000836 | 58                  | 0,000483 | 88                  | 0,000324 |
| 5                   | 0,00152 | 30                  | 0,000801 | 60                  | 0,000469 | 90                  | 0,000317 |
| 6                   | 0,00147 | 32                  | 0,000768 | 62                  | 0,000455 | 91                  | 0,000313 |
| 7                   | 0,00143 | 34                  | 0,000737 | 64                  | 0,000442 | 92                  | 0,00031  |
| 8                   | 0,00139 | 36                  | 0,000709 | 66                  | 0,000429 | 93                  | 0,000306 |
| 9                   | 0,00135 | 38                  | 0,000681 | 68                  | 0,000417 | 94                  | 0,000303 |
| 10                  | 0,00131 | 40                  | 0,000656 | 70                  | 0,000406 | 95                  | 0,000299 |
| 12                  | 0,00124 | 42                  | 0,000632 | 72                  | 0,000395 | 96                  | 0,000296 |
| 14                  | 0,00117 | 44                  | 0,00061  | 74                  | 0,000385 | 97                  | 0,000293 |
| 16                  | 0,00111 | 46                  | 0,000588 | 76                  | 0,000375 | 98                  | 0,00029  |
| 18                  | 0,00106 | 48                  | 0,000568 | 78                  | 0,000366 | 100                 | 0,000284 |

Таблица 7. Кинематическая вязкость  $\nu_k$  воды, м<sup>2</sup>/с

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_k$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_k$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_k$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\nu_k$ |
|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 0                   | 179     | 8                   | 139     | 20                  | 101     | 45                  | 60      |
| 1                   | 173     | 9                   | 135     | 22                  | 99      | 50                  | 56      |
| 2                   | 167     | 10                  | 131     | 24                  | 92      | 55                  | 51      |
| 3                   | 162     | 11                  | 127     | 26                  | 88      | 60                  | 48      |
| 4                   | 157     | 12                  | 124     | 28                  | 84      | 70                  | 41      |
| 5                   | 152     | 14                  | 118     | 30                  | 80      | 80                  | 37      |
| 6                   | 147     | 16                  | 112     | 35                  | 73      | 90                  | 33      |
| 7                   | 143     | 18                  | 106     | 40                  | 66      | 100                 | 28      |

Для определения кинематической вязкости  $\nu_k$  при различных температурах можно использовать также эмпирическую зависимость Пуазейля:

$$\nu_k = \frac{177,5}{1 + 0,0337t + 0,000221t^2}, \quad (11)$$

где  $t$  — температура в  $^\circ\text{C}$ .

#### ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ. ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ВЫСОТА, ВАКУУМ

Гидростатическое давление  $p$  в данной точке жидкости выражается напряжением сжатия в ней под действием силы  $\Delta P$ .

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega}, \quad (12)$$

где  $\Delta\omega$  — элементарная площадка, содержащая данную точку.

Гидростатическое давление всегда направлено по нормам к площадке жидкости, в пределах которой находится рассматриваемая точка, и является внутренней силой, действующей в этой точке. В покоящейся жидкости гидростатическое давление зависит от местоположения точки и одинаково по всем направлениям.

Для жидкости, находящейся в равновесии под действием собственного веса, связь гидростатического давления, плотности  $\rho$  или удельного веса  $\gamma$  с положением рассматриваемой точки выражается основным уравнением гидростатики, записанным в виде

$$p/\rho g + z = \text{const} \quad (13)$$

или

$$\frac{p}{\gamma} + z = \text{const}, \quad (14)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения,  $z$  — координата или отметка расположения рассматриваемой точки над принятой плоскостью отсчета.

Гидростатическое давление измеряют в паскалях ( $1 \text{ Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ ), в технике еще

иногда используют техническую атмосферу ( $1 \text{ ат} = 1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ).

Величина, выраженная левой частью основного уравнения гидростатики (13) или (14)

$$\frac{p}{\rho g} + z = \frac{p}{\gamma} + z = H, \quad (15)$$

представляет собой удельную (отнесенную к единице веса) потенциальную энергию жидкости в рассматриваемой точке и называется гидростатическим напором. При этом величина  $p/\rho g$  или  $p/\gamma$  представляет собой удельную энергию давления, а  $z$  — удельную энергию положения.

Для практически несжимаемой жидкости, находящейся в равновесии под действием силы тяжести, полное (или абсолютное) гидростатическое давление в рассматриваемой точке равно

$$p = p_0 + \rho gh, \quad (16)$$

где  $p_0$  — внешнее давление на свободной поверхности жидкости;  $\rho gh$  — давление, численно равное весу столба жидкости высотой  $h$  с площадью поперечного сечения, равной единице;  $h$  — глубина погружения рассматриваемой точки под свободной поверхностью жидкости.

Избыточное или манометрическое давление выражается превышением полного (или абсолютного) гидростатического давления над атмосферным  $p_a$  и определяется по формуле

$$p_{\text{ман}} = p - p_a = p_0 + \rho gh - p_a. \quad (17)$$

Недостаток гидростатического давления до атмосферного, т. е. разность между атмосферным давлением и полным называется вакуумом, или вакуумметрическим давлением:

$$p_{\text{вак}} = p_a - p = p_a - p_0 - \rho gh. \quad (18)$$

Полное (абсолютное) давление всегда положительно; избыточное может быть и положительным и отрицательным. Вакуумметрическое давление представляет собой отрицательное избыточное давление. Максимальное значение вакуума численно равно атмосферному давлению.

Поскольку величина атмосферного давления в значительной степени изменяется в зависимости от высоты над уровнем моря (см. табл. 8), избыточное давление и вакуум также зависят от высотного расположения.

Пьезометрическая высота выражается отношением избыточного (манометрического) давления к  $\rho g$  или  $\gamma$ , а вакуумметрическая высота — отношение вакуума (вакуумметрического давления) к тем же параметрам и определяется по формулам

$$h_{\text{п}} = \frac{p_{\text{ман}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{ман}}}{\gamma} = \frac{p - p_a}{\rho g}; \quad (19)$$

$$h_{\text{вак}} = \frac{p_{\text{вак}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{вак}}}{\gamma} = \frac{p_a - p}{\rho g}. \quad (20)$$

Пьезометрическую и вакуумметрическую высоту измеряют в метрах водяного столба.

Сила гидростатического давления на плоскую поверхность фигуры, погруженной в жидкость, является равнодействующей сил внешнего  $p_0$  и избыточного  $p_1$  гидростатических давлений:

$$P = p_0 + p_1. \quad (21)$$

Сила внешнего гидростатического давления

$$p_0 = p_0 \omega \quad (22)$$

приложена в центре тяжести поверхности фигуры, находящейся под водой площадью  $\omega$ , поскольку внешнее давление  $p_0$  распределено равномерно по всей площади этой поверхности (рис. 1).

Сила избыточного гидростатического давления при  $p_0 = p_a$

$$p_1 = \rho g h_{ц} \omega, \quad (23)$$

где  $h_{ц}$  — глубина погружения центра тяжести площади поверхности, находящейся под водой (рис. 1).

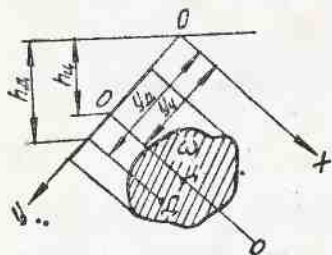


Рис. 1. Расчетная схема к определению силы давления жидкости на плоскую поверхность.

Приложена она в центре давления, координаты которого

$$y_{ц} = y_{ц} + \frac{I_{ц}}{\omega y_{ц}}, \quad (24)$$

где  $y_{ц}$  — координаты центра тяжести поверхности, находящейся под водой (см. рис. 1);  $I_{ц}$  — центральный момент инерции, т. е. момент инерции площади фигуры, находящейся под водой, относительно горизонтальной оси, проходящей через центр ее тяжести.

Таблица 8. Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря

| Высота над уровнем моря, м | $p_0$ , н/м <sup>2</sup> | Высота столба                             |                                            | Высота над уровнем моря, м | $p_0$ , н/м <sup>2</sup> | Высота столба                             |                                            |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                            |                          | водяного (при $t = 4^\circ \text{C}$ ), м | ртутного (при $t = 0^\circ \text{C}$ ), мм |                            |                          | водяного (при $t = 4^\circ \text{C}$ ), м | ртутного (при $t = 0^\circ \text{C}$ ), мм |
| 0                          | 101 300                  | 10,33                                     | 760                                        | 800                        | 92 200                   | 9,4                                       | 690                                        |
| 100                        | 100 000                  | 10,2                                      | 751                                        | 900                        | 91 200                   | 9,3                                       | 682                                        |
| 200                        | 99 000                   | 10,1                                      | 742                                        | 1000                       | 90 200                   | 9,2                                       | 674                                        |
| 300                        | 97 100                   | 9,9                                       | 733                                        | 1200                       | 87 300                   | 8,9                                       | 658                                        |
| 400                        | 96 500                   | 9,8                                       | 724                                        | 1500                       | 84 300                   | 8,6                                       | 635                                        |
| 500                        | 95 100                   | 9,7                                       | 716                                        | 2000                       | 79 400                   | 8,1                                       | 597                                        |
| 600                        | 94 100                   | 9,6                                       | 707                                        | 2500                       | 76 500                   | 7,8                                       | 563                                        |
| 700                        | 93 200                   | 9,5                                       | 699                                        | 3000                       | 72 300                   | 7,4                                       | 526                                        |

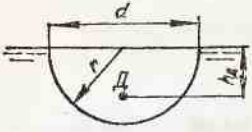
Зависимости для определения глубины погружения центра давления  $h_{ц}$  и момента инерции  $I_{ц}$  для наиболее распространенных плоских фигур, расположенных в пределах вертикальной стенки, приведены в табл. 9.

Зная величину сил  $p_0$  и  $p_1$ , координаты точек их приложения  $y_{ц}$  и  $y_{д}$ , силу гидростатического давления и точку ее приложения определяют по правилу сложения параллельных сил.

Сила гидростатического давления на плоскую поверхность, погруженную в жидкость, может быть определена также с помощью эпюры давления, которая представля-

Таблица 9. Момент инерции  $I_{ц}$  (относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести) и глубина погружения центра давления  $h_{д}$  для плоских фигур, расположенных в вертикальной плоскости

| Форма плоской фигуры | $I_{ц}$                                    | $h_{д}$                                                                                                             |
|----------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | $\frac{ba^3}{12}$                          | $h_0 + \frac{a}{3} \cdot \frac{3h_0 + 2a}{2h_0 + a}$                                                                |
|                      | $\frac{a^3 (B^2 + 4Bb + b^2)}{36 (B + b)}$ | $h_0 + \frac{a}{3} \left[ \frac{B + 2b}{B + b} + \frac{a}{2} \cdot \frac{B^2 + 4Bb + b^2}{(B + b)(B + 2b)} \right]$ |
|                      | $\frac{a^3 b}{36}$                         | $h_0 + \frac{9a}{12}$                                                                                               |
|                      | $\frac{a^3 b}{36}$                         | $h_0 + \frac{2h_0 + a}{3h_0 + a}$                                                                                   |
|                      | $\frac{\pi d^4}{64}$                       | $h_0 + \frac{8h_0 + 5d}{2h_0 + d} \cdot \frac{d}{8}$                                                                |
|                      | $\frac{\pi (R^4 - r^4)}{4}$                | $h_0 + R + \frac{R^2 + r^2}{4R}$                                                                                    |

| Форма плоской фигуры                                                             | $I_{\text{ц}}$                  | $h_{\text{д}}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|
|  | $\frac{9\pi^2 + 64}{72\pi} d^4$ | 0,294d         |

ет собой график изменения давления в зависимости от глубины (рис. 2). Эпюру гидростатического давления строят по формуле основного уравнения гидростатики (13).

Объем эпюры давления равен силе гидростатического давления жидкости на плоскую поверхность. Точкой приложения силы является центр тяжести эпюры, положение которого можно определить графически (рис. 2) или по формуле при трапецидальной эпюре давления на прямоугольную стенку

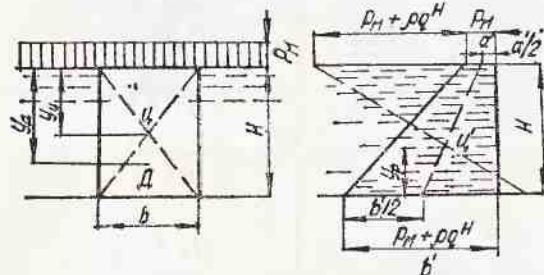


Рис. 2. Определение силы гидростатического давления на плоскую поверхность графическим способом.

сти (от вершины эпюры), или на расстоянии  $1/3 H$  от основания эпюры.

Сила гидростатического давления на криволинейную поверхность

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2} \quad (26)$$

где  $p_x$  и  $p_y$  — горизонтальные составляющие силы избыточного давления соответственно на координатные оси  $OX$  и  $OY$ .

$$p_x = (p_m + \rho g h_{\text{ц}x}) \omega_x \quad (27)$$

$$p_y = (p_m + \rho g h_{\text{ц}y}) \omega_y \quad (28)$$

где  $p_m$  — манометрическое давление на поверхности жидкости;  $\omega_x$  и  $\omega_y$  — площади проекций криволинейной поверхности на плоскости, нормальные осям  $OX$  и  $OY$ ;  $h_{\text{ц}x}$  и  $h_{\text{ц}y}$  — глубины погружения центров тяжести площадей  $\omega_x$  и  $\omega_y$ .

Вертикальная составляющая силы избыточного давления  $p_z$  равна весу жидкости в объеме тела давления. При манометрическом давлении на свободной поверхности жидкости, равном нулю ( $p_m = 0$ , т. е.  $p_0 = p_a$ )

$$p_z = \rho g W, \quad (29)$$

где  $W$  — объем тела давления, т. е. объем между вертикальными плоскостями, проходящими через крайние образующие криволинейной поверхности, самой криволинейной поверхностью и свободной поверхностью жидкости (рис. 3).

Если манометрическое давление на свободной поверхности жидкости не равно нулю ( $p_m \neq 0$  или  $p_0 \neq p_a$ ), то объем тела давления ограничивается сверху пьезометрической плоскостью, удаленной от свободной поверхности жидкости на расстояние

$$h = \frac{p_m}{\rho g} = \frac{p_0 - p_a}{\rho g} \quad (30)$$

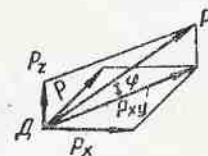
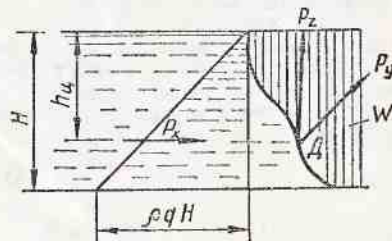
Направление силы гидростатического давления на криволинейную поверхность определяется тангенсом угла  $\varphi$ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p_z}{\sqrt{p_x^2 + p_y^2}} \quad (31)$$

В случае цилиндрической криволинейной поверхности ( $p_y = 0$ )

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_z^2} \quad (32)$$

Рис. 3. Расчетная схема к определению силы давления жидкости на криволинейную поверхность.



Направление силы  $p$  в этом случае определяется тангенсом угла  $\varphi$ , вычисленным по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p_z}{p_x} \quad (33)$$

## ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ

Движение жидкости — это изменение положения частиц жидкости в пространстве и времени.

Характеристикой частиц жидкости при движении является: плотность, местная скорость и гидродинамическое давление.

Плотность жидкости  $\rho$  при ее движении обычно принимают постоянной, т. е.  $\rho = \text{const}$ .

Местная скорость  $u$  — это скорость частицы жидкости в данной точке пространства в данный момент времени  $t$ . В общем случае местная скорость  $u$  является равнодействующей ее составляющих скоростей по направлениям координатных осей ( $x, y, z$ ) в данный момент времени:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2} \quad (34)$$

Гидродинамическое давление  $p$  характеризует давление в данной точке пространства при движении жидкости и так же, как и местная скорость, является функцией пространства и времени, т. е.  $p = f(x, y, z, t)$ .

При движении частиц жидкости различают линию тока, элементарную струйку, вихревую линию и вихревую трубку.

Линия тока — это линия, касательная к которой в каждой точке в данный момент времени совпадает с направлением скорости в этой точке, т. е. с направлением местной скорости.

Элементарная струйка — это бесконечно малый объем жидкости вокруг линии тока.

Вихревая линия — это линия, в каждой точке которой в данное мгновение вихрь скорости частицы жидкости совпадает с направлением касательной к ней.

Вихревая трубка — это часть движущейся жидкости, ограниченная вихревыми линиями, проведенными через все точки бесконечно малого пространства замкнутого контура, находящегося в области занятой жидкостью. Сечение вихревой трубки не может быть равным нулю, так как в этом сечении скорость

вращения частиц жидкости должна стать бесконечной, следовательно, вихревые трубки не могут заканчиваться внутри жидкости.

Совокупность движущихся частиц жидкости, составляющих объем конечных размеров, называется потоком.

Поток характеризуется живым сечением, расходом, средней скоростью, глубиной, давлением, смоченным периметром, гидравлическим радиусом.

Живое сечение потока  $\omega$  — это сечение нормальное в каждой своей точке, соответствующей линии тока.

Расход потока  $Q$  — это количество жидкости, проходящее через живое сечение потока за единицу времени

$$Q = \int_{\omega} v d\omega \quad (35)$$

или

$$Q = v\omega, \quad (36)$$

где  $v$  — средняя скорость в живом сечении потока, т. е. условная, одинаковая для всех точек сечения скорость, при которой расход потока будет такой же, как и при различных местных скоростях.

Средняя скорость в живом сечении может быть определена из формулы

$$v = \frac{\int_{\omega} v d\omega}{\omega} \quad (37)$$

или

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (38)$$

Смоченный периметр  $\chi$  — это длина периметра живого сечения потока, соприкасающегося со стенками русла.

Гидравлический радиус  $R$  — это отношение площади живого сечения потока  $\omega$  к смоченному периметру  $\chi$ :

$$R = \omega/\chi. \quad (39)$$

Для круглых труб диаметром  $D$ , при полном заполнении

$$R = \omega/\chi, \quad (40)$$

а при частичном заполнении

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\sin \varphi}{\varphi} \right), \quad (41)$$

где  $\varphi$  — центральный угол в радианах.

Для открытых каналов прямоугольного сечения шириной  $b$  при глубине наполнения  $h$

$$R = \frac{bh}{b + 2h}. \quad (42)$$

Для очень широких каналов (при  $b \gg h$ ) —  $R \approx h$ , а для очень глубоких и узких каналов (при  $h \gg b$ ) —  $R \approx b/2$ .

Для открытых каналов трапециевидального поперечного сечения с шириной по дну  $b$ , коэффициентом заложения откосов  $m$  и глубине заполнения  $h$

$$R = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}. \quad (43)$$

Для очень широких каналов трапециевидального сечения (при  $b \gg h$ ) гидравлический радиус можно принимать равным глубине наполнения, т. е.  $R \approx h$ .

Основными видами движения жидкости являются: установившееся и неустановившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное, сплошное и прерывистое.

Установившееся движение — такое движение, параметры которого (расход, скорости, давление, глубина и т. д.) не зависят от времени, а могут лишь изменяться в пространстве.

При неустановившемся движении параметры изменяются как в пространстве, так и во времени.

Равномерным движением называют такое движение, параметры которого не изменяются ни во времени, ни в пространстве. Таким образом, равномерное движение всегда является установившимся.

При неравномерном движении параметры изменяются в пространстве. Неравномерное движение может быть как неустановившимся, так и установившимся. Неустановившееся движение всегда является неравномерным.

В напорном движении поток соприкасается со всеми точками периметра живого сечения и не имеет свободной поверхности.

При безнапорном движении поток движется со свободной поверхностью. Сплошное (непрерывное) движение — такое движение, при котором жидкость занимает все пространство своего движения без образования внутри потока пустот (разрывов).

Помимо описанных основных видов движения жидкости различают два режима движения: ламинарный и турбулентный.

Ламинарным называют режим движения, при котором жидкость движется слоями. При этом режиме отсутствует пульсация скорости, приводящая к перемешиванию частиц жидкости.

Турбулентным называют режим движения, при котором частицы жидкости движутся беспорядочно (хаотически). При этом режиме наблюдается пульсация скоростей, приводящая к беспорядочному перемешиванию частиц жидкости.

Характеристикой режима потока жидкости служит число Рейнольдса — безразмерная величина, связывающая отношение скорости  $v$  и линейной характеристики русла (диаметр трубопровода  $d$ , либо ее гидравлический радиус  $R$ , или глубину канала  $h$ ) к кинематической вязкости жидкости  $\nu$ :

$$Re_d = \frac{vd}{\nu}; \quad (44)$$

$$Re_R = \frac{vR}{\nu}; \quad (45)$$

$$Re_h = \frac{vh}{\nu}, \quad (46)$$

здесь  $Re_d$  — число Рейнольдса, отнесенное к диаметру;  $Re_R$  — число Рейнольдса, отнесенное к гидравлическому радиусу;  $Re_h$  — число Рейнольдса, отнесенное к глубине потока (канала).

Смена режимов движения жидкости происходит при некотором, так называемом, критическом значении числа Рейнольдса  $Re_{кр}$ . Если число Рейнольдса больше критического значения ( $Re > Re_{кр}$ ), поток движется при турбулентном режиме, а если меньше ( $Re < Re_{кр}$ ) — при ламинарном.

Для круглых труб, работающих полным сечением, т. е. при напорном движении жидкости,  $Re_{дкр} = 2320$ , а  $Re_{Ркр} = 580$ .

Для безнапорных потоков  $Re_{Ркр} = 300 \div 500$ .

Ламинарный режим движения жидкости имеет место при сравнительно малых значениях числа Рейнольдса. Он чаще всего наблюдается при движении воды в тонких капиллярных трубках и при движении очень вязких жидкостей (нефть, мазут и т. п.). Характерным для ламинарного режима движения является постепенное изменение скорости от нулевых значений на границах потока до максимальных по оси или на поверхности. В круглых трубах распределение скоростей по сечению при ламинарном режиме характеризуется зависимостью

$$u = u_{\max} \left( 1 - \frac{r^2}{r_0^2} \right), \quad (47)$$

где  $r$  — расстояние от оси трубы до рассматриваемой точки в живом сечении;  $r_0$  — радиус трубы;  $u_{\max}$  — максимальная скорость в живом сечении (по оси трубы).

Таким образом, эпюры относительных скоростей ( $u/u_{\text{макс}}$ ) во всех равномерных ламинарных потоках в круглых трубах подобны и могут быть представлены одной параболой, построенной по зависимости (47).

Средняя скорость движения потока при ламинарном режиме

$$v = \frac{u_{\text{макс}}}{2}, \quad (48)$$

а максимальная скорость

$$u_{\text{макс}} = \frac{r_0 \tau_0}{2\nu r}, \quad (49)$$

где  $\tau_0$  — касательное напряжение у стенки трубы определяется по зависимости

$$\tau_0 = \frac{8\nu r v}{d}. \quad (50)$$

В практике движения воды по трубопроводам и лоткам чаще всего имеет место турбулентный режим движения, при котором скорость в любой точке потока постоянно изменяется как по направлению, так и по величине, т. е. наблюдается пульсация скорости.

Характеристикой турбулентного потока может быть местная скорость в данной точке потока в данный момент времени:

$$u = \bar{u} + u', \quad (51)$$

где  $\bar{u}$  — местная осредненная скорость, т. е. осредненная скорость в данной точке потока за определенный промежуток времени (от  $t$  до  $t + T$ );

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u dt, \quad (52)$$

$u'$  — пульсационная добавка скорости в этой же точке.

Распределение осредненных скоростей по сечению трубы при турбулентном режиме движения жидкости может быть приближенно определено по зависимости

$$\bar{u} = u^* (5,75 \lg \frac{yu^*}{\nu} + 5,5), \quad (53)$$

где  $y$  — расстояние от стенки трубы до рассматриваемой точки;  $u^*$  — так называемая динамическая скорость, определяемая по формуле

$$u^* = \frac{v\sqrt{\lambda}}{\sqrt{8}}, \quad (54)$$

где  $\lambda$  — гидравлический коэффициент трения (см. ниже).

Максимальная местная скорость турбулентного потока может быть определена как сумма максимальной осредненной скорости в какой-либо точке потока и максимальной пульсационной надбавки в этой же точке, т. е.

$$u_{\text{макс}} = \bar{u}_{\text{макс}} + u'_{\text{макс}}. \quad (55)$$

Без замера осредненных местных скоростей максимальное значение местной осредненной скорости  $u_{\text{макс}}$  можно определить по приближенной формуле

$$\bar{u}_{\text{макс}} = v + 3,75u^*. \quad (56)$$

Пульсационную надбавку скорости в данной точке потока можно получить только путем ее непосредственных замеров по направлениям координатных осей в один и тот же момент времени:

$$u'_{\text{макс}} = \sqrt{(u'_x)_{\text{макс}}^2 + (u'_y)_{\text{макс}}^2 + (u'_z)_{\text{макс}}^2}. \quad (57)$$

Движение невязкой жидкости, т. е. без учета касательных и нормальных напряжений, может быть описано уравнениями Эйлера в виде

$$x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{du_x}{dt}; \quad (58)$$

$$y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{du_y}{dt};$$

$$z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{du_z}{dt}.$$

Движение вязкой (реальной) жидкости, т. е. с учетом касательных и нормальных напряжений описывается уравнениями Навье — Стокса:

$$x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{du_x}{dt} - \nu \Delta u_x;$$

$$y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{du_y}{dt} - \nu \Delta u_y; \quad (59)$$

$$z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{du_z}{dt} - \nu \Delta u_z,$$

где  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  — оператор Лапласа;  $\nu$  — кинематический коэффициент вязкости.

Системы уравнений Эйлера (58) и Навье — Стокса (59) содержат по четыре неизвестных  $u_x, u_y, u_z$  и  $p$  и могут быть решены только совместно с дополнительным — четвертым уравнением. Обычно в качестве такого уравнения используют уравнение неразрывности или сплошности, выражающее закон сохранения массы. При постоянной плотности уравнение неразрывности представляют в таком виде:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. \quad (60)$$

Для количественного описания осредненного турбулентного движения часто используются уравнения Рейнольдса.

Для решения многих задач используют уравнение Д. Бернулли, получаемое путем интегрирования уравнения Эйлера (58) при движении жидкости под действием силы тяжести и выражающее закон сохранения энергии. В самом общем случае для потока вязкой (реальной) жидкости уравнение Д. Бернулли имеет вид

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (61)$$

где  $z$  — геометрическая высота положения рассматриваемой точки над плоскостью сравнения;  $p$  — гидродинамическое давление в этой точке;  $v$  — скорость движения жидкости;  $h_{1-2}$  — величина потери напора на преодоление сопротивления от сечения 1—1 до сечения 2—2;  $\alpha$  — коэффициент Кориолиса — коэффициент кинетической энергии потока.

#### ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ НАПОРНОМ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ

Всякое движение жидкости сопровождается потерей энергии, расходуемой на преодоление гидравлических сопротивлений. Характер и величины этих сопротивлений различны и зависят от режима движения жидкости, форм живого сечения потока, величины его геометрических параметров, конфигурации, протяженности и состояния поверхности стенок труб, а также физических свойств жидкости.

Различают два вида гидравлического сопротивления: сопротивление по длине, обусловленное силами трения между частицами потока, а также между

частицами потока и стенками трубопровода и проявляющееся по всей длине потока, и местные сопротивления, обусловленные резкими изменениями конфигурации живого сечения потока, которые проявляются на относительно небольших по длине участках. В соответствии с этим потери напора (энергии) также разделяют на потери по длине  $h_l$  и местные потери  $h_m$ . Общие потери энергии при движении потока представляют собой сумму этих потерь

$$h = \Sigma h_l + \Sigma h_m. \quad (62)$$

Потери напора по длине в трубах обычно определяют по формуле Дарси — Вейсбаха

$$h_l = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (63)$$

где  $\lambda$  — гидравлический коэффициент трения (коэффициент Дарси);  $l$  — длина рассматриваемого участка трубы;  $D$  — диаметр трубы;  $v$  — средняя скорость движения жидкости в трубе;  $g$  — ускорения свободного падения.

Гидравлический коэффициент трения  $\lambda$  в общем случае зависит от числа Рейнольдса  $Re$  и относительной шероховатости трубы (т. е. отношения абсолютной высоты выступов шероховатости  $\Delta$  к линейным размерам трубы, например, к ее диаметру  $D$ ), т. е. зависит от вязкости жидкости, режима ее движения и состояния стенок русла.

При ламинарном движении жидкости, когда скорость у стенки трубы отсутствует ( $u = 0$ ), гидравлический коэффициент трения не зависит от шероховатости стенок, а зависит только от числа Рейнольдса и определяется по формуле

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (64)$$

тогда потери напора по длине при ламинарном режиме

$$h_l = \frac{32\nu}{gD^2} vl. \quad (65)$$

Таким образом, при ламинарном режиме движения жидкости потери напора по длине прямо пропорциональны вязкости жидкости, длине трубопровода и средней скорости и не зависят от материала стенок труб.

При турбулентном режиме движения, когда в потоке возникают пульсации скорости, в результате чего создаются дополнительные напряжения, потери напора по длине определяют по формуле (63) с учетом гидравлического коэффициента трения  $\lambda$ , т. е. с учетом соотношения абсолютной высоты выступов шероховатости стенок трубы  $\Delta$  и толщины вязкого подслоя  $\delta$ . Поскольку фактическая высота выступов шероховатости стенок труб не одинакова, для упрощения расчетов введено понятие эквивалентная шероховатость  $\Delta_{\text{экв}}$ , т. е. такая условная равномерная шероховатость, которая дает при подсчете одинаковую с фактической шероховатостью величину  $\lambda$ . Значения эквивалентной шероховатости для некоторых видов труб приведены в табл. 10.

При этом в зависимости от числа Рейнольдса и относительной шероховатости стенок трубы  $\Delta_{\text{экв}}/D$  или соотношения эквивалентной шероховатости  $\Delta_{\text{экв}}$  и вязкого подслоя  $\delta$  различают три области сопротивления при турбулентном режиме движения жидкости: область гидравлически гладких труб, область гидравлически шероховатых труб, переходную область шероховатых труб.

Область гидравлически гладких труб наблюдается при относительно малой эквивалентной шероховатости  $\Delta_{\text{экв}}$ , когда выступы шероховатости погружены в вязкий подслей (т. е.  $\Delta_{\text{экв}} \ll \delta$ ) и не нарушают его целостности. В этом случае движение жидкости вдоль трубы происходит путем обтекания шероховатости без отрывов и вихреобразований. Таким образом, в этой области шероховатость, как и при ламинарном режиме, не влияет на гидравлические сопротивления и гидравлический коэффициент трения. Однако в отличие от ламинарного режима сопротивления в этом случае, согласно исследованиям Ф. А. Шевелева, зависят от волнистости поверхности вязкого подслоя, который в свою очередь зависит от поверхности трубы. Критерием существования области гидравлически гладких труб по данным

А. Д. Альтшуля является величина  $Re \frac{\Delta_{\text{экв}}}{D} < 10$ .

Таблица 10. Значения эквивалентной шероховатости труб

| Вид труб, их материал и состояние                                             | $\Delta_{\text{экв}}$ , мм |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <i>Оцинкованные стальные</i>                                                  |                            |
| Новые чистые                                                                  | 0,07—0,20                  |
| После нескольких лет эксплуатации                                             | 0,40—0,70                  |
| Оцинкованные из листовой стали, новые                                         | 0,15                       |
| Бывшие в эксплуатации                                                         | 0,18                       |
| <i>Цельнотянутые из различных материалов</i>                                  |                            |
| Стальные новые                                                                | 0,02—0,05                  |
| Стальные после нескольких лет эксплуатации, очищенные и битуминизированные    | 0,15—0,3                   |
| Новые технически гладкие из алюминия                                          | 0,015—0,06                 |
| Новые технически гладкие из стекла, латуни, меди                              | 0,0015—0,01                |
| <i>Сварные стальные</i>                                                       |                            |
| Новые                                                                         | 0,04—0,1                   |
| Бывшие в эксплуатации                                                         | 0,1—0,15                   |
| Старые заржавленные (умеренно)                                                | 0,3—0,7                    |
| Сильно заржавленные или с большими отклонениями                               | 2—4                        |
| <i>Клепанные стальные</i>                                                     |                            |
| Вдоль и поперек по одному ряду заклепок с хорошим состоянием поверхности      | 0,3—0,4                    |
| С двойной продольной и простой поперечной клепкой, некорродированные          | 0,6—0,7                    |
| С простой поперечной и двойной продольной клепкой, изнутри покрытые лаком     | 1,2—1,3                    |
| С четырьмя-шестью продольными рядами клепки, длительное время эксплуатируемые | 2                          |
| <i>Чугунные трубы</i>                                                         |                            |
| Новые                                                                         | 0,25—1                     |
| Новые битуминизированные                                                      | 0,15                       |
| Асфальтированные                                                              | 0,12—0,3                   |
| Бывшие в эксплуатации                                                         | 1—1,5                      |
| Очищенные, после многих лет эксплуатации                                      | 0,3—1,5                    |
| Сильно корродированные                                                        | до 3                       |
| <i>Асбестоцементные</i>                                                       |                            |
| Новые                                                                         | 0,05—0,1                   |
| Бывшие в эксплуатации                                                         | 0,6                        |
| <i>Бетонные и железобетонные</i>                                              |                            |
| При хорошей поверхности с затиркой                                            | 0,3—0,8                    |
| При среднем качестве работ                                                    | 2,5                        |
| При грубой (сильно шероховатой) поверхности                                   | 3—9                        |
| Стеклянные                                                                    | 0,0015—0,01                |
| Рукава и шланги резиновые                                                     | 0,3                        |

Величина гидравлического коэффициента трения для гидравлически гладких труб чаще всего определяется по формуле Блазиуса

$$\lambda = 0,3164/Re^{1/4} \quad (66)$$

Для гидравлически гладких новых чугунных, стальных и пластмассовых труб величина гидравлического коэффициента трения может быть также определена по формулам Ф. А. Шевелева, соответственно

$$\lambda_{г.ч} = 0,77/Re^{0,234}; \quad (67)$$

$$\lambda_{г.с} = 0,25/Re^{0,226}; \quad (68)$$

$$\lambda_{г.п} = 0,0134/(Dv)^{0,226}, \quad (69)$$

где  $D$  — диаметр трубы, м;  $v$  — средняя скорость движения потока в трубе, м/с. Область гидравлически шероховатых труб наблюдается

Таблица 11. Значения коэффициента шероховатости  $n$  для металлических напорных трубопроводов

| Тип напорного трубопровода и характеристика его поверхности                              | $n$          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Со сварными продольными и поперечными швами без стеснения сечения                        | 0,011—0,013  |
| Со сварными продольными и клепаными поперечными швами внахлестку при одном ряде заклепок | 0,0115—0,014 |
| То же, при 2-х и более рядах заклепок                                                    | 0,013—0,015  |
| С клепаными продольными и поперечными швами внахлестку                                   | 0,0125—0,018 |

при относительно большой эквивалентной шероховатости  $\Delta_{экр}$ , когда выступы шероховатости выходят за пределы вязкого подслоя (т. е.  $\Delta_{экр} \gg \delta$ ). В этом случае жидкость вдоль стенок трубы движется с отрывом и вихреобразованиями. Сопротивление трения при этом не зависит от числа Рейнольдса, оно пропорционально скорости напору потока, набегающему на выступы шероховатости, и поперечным размерам этих выступов. Критерием существования этой области является величина  $Re \frac{\Delta_{экр}}{D} > 500$ .

Величина гидравлического коэффициента трения для гидравлически шероховатых труб определяется по формулам Н. Н. Павловского

$$\lambda = 8gn^2 \left( \frac{4}{D} \right)^{2y}, \quad (70)$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости, зависящий от вида и состояния поверхности труб (табл. 11);  $y = z - 0,5$  — показатель степени;  $z$  — показатель, определяемый по выражению

$$z = 0,37 + 2,5 \sqrt{n} - 0,75 (\sqrt{n} - 0,1) \sqrt{R}; \quad (71)$$

Л. Прандтля

$$\lambda = \frac{1}{4 \left( \lg \frac{3,7D}{\Delta_{экр}} \right)^2}; \quad (72)$$

Ф. А. Шевелева  
для новых стальных труб

$$\lambda = 0,0121/D^{0,226}, \quad (73)$$

для новых чугунных труб

$$\lambda = 0,0143/D^{0,234}; \quad (74)$$

для новых стальных и чугунных труб (при  $v \geq 1,2$  м/с)

$$\lambda = 0,0210/D^{0,3}. \quad (75)$$

Поскольку гидравлический коэффициент трения  $\lambda$  в области гидравлически шероховатых труб не зависит от скорости протекания воды в трубах, а потери напора, определяемые по формуле (63), пропорциональны квадрату средней скорости, эту область называют еще областью квадратичного сопротивления.

Переходная область шероховатых труб наблюдается при величине относительной шероховатости, равной толщине вязкого подслоя (т. е.  $\Delta_{экр} \approx \delta$ ). В этом случае на гидравлическое сопротивление влияет и число Рейнольдса и величина выступов шероховатости.

Величину гидравлического коэффициента трения в переходной области сопротивления рекомендуется определять по формулам

А. Д. Альтшуля [2]

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta_{экр}}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (76)$$

Ф. А. Шевелева [29]

для новых стальных труб

$$\lambda = \frac{0,0159}{D^{0,226}} \left( 1 + \frac{0,684}{v} \right)^{0,226}; \quad (77)$$

для новых чугунных труб

$$\lambda = \frac{0,0144}{D^{0,284}} \left( 1 + \frac{2,36}{v} \right)^{0,284}; \quad (78)$$

для новых стальных и чугунных водопроводных труб (при скорости  $v < 1,2$  м/с)

$$\lambda = \frac{0,0179}{D^{0,3}} \left( 1 + \frac{0,867}{v} \right)^{0,3}; \quad (79)$$

А. С. Цейтлина [12]

для стеклянных труб

$$\lambda = \left( 1 + \frac{0,235}{v} \right) \frac{0,0085}{D^{0,25}}. \quad (80)$$

Помимо указанных выше формул гидравлический коэффициент трения можно также рассчитывать по формулам и других авторов [3, 12, 14], например, для гладких неармированных пожарных рукавов гидравлический коэффициент трения можно находить по формуле [14]

$$\lambda = 0,44/Re^{0,265}, \quad (81)$$

и величину коэффициента трения для армированных рукавов (со спиралью, омываемой водой) согласно данным ВОДГЕО можно принимать в зависимости от диаметра рукава в следующих пределах:

|           |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda$ | 0,055 | 0,060 | 0,080 | 0,090 | 0,095 |
| $D$ , мм  | 25    | 32    | 38    | 50    | 65    |

Для гладких армированных резиновых рукавов диаметром 100 мм коэффициент  $\lambda$  изменяется в пределах 0,02—0,05 [14]. Для расчета движения сточных вод в канализационных трубах его рекомендуется определять по формуле А. Ф. Федорова [14]:

$$\lambda = \frac{1}{\left[ -2 \lg \left( \frac{\Delta_2}{3,42D_2} + \frac{a_2}{Re} \right) \right]^2} \quad (82)$$

или по формуле А. М. Курганова

$$\lambda = \frac{0,29}{\left[ \frac{\Delta_2}{3,42D_2} + \frac{a_2^2}{Re} \right]^{1/3}} \quad (83)$$

где  $D_2$  — гидравлический диаметр, равный  $4R$ ,  $Re$  — число Рейнольдса, вычисленное через гидравлический диаметр ( $Re = vD_2/\nu$ ),  $\Delta_2$  и  $a_2$  — эквивалентная абсолютная шероховатость по шкале А. Ф. Федорова и безразмерный коэффициент, учитывающий характер распределения шероховатости труб и структуру потока сточной жидкости, значения которых приведены в табл. 12.

Таблица 12. Значения  $\Delta_2$  и  $a_2$  для труб и лотков из различных материалов

| Материал                                                         | $\Delta_2$ | $a_2$ |
|------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| Трубы:                                                           |            |       |
| керамические                                                     | 1,35       | 90    |
| бетонные и железобетонные                                        | 2,0        | 100   |
| асбестоцементные                                                 | 0,6        | 73    |
| чугунные                                                         | 1,0        | 83    |
| стальные                                                         | 0,8        | 79    |
| Лотки:                                                           |            |       |
| бетонные и железобетонные, гладко затертые цементной штукатуркой | 0,8        | 50    |
| то же, изготовленные на месте в опалубке                         | 3,0        | 120   |
| кирпичные                                                        | 3,15       | 110   |
| из бута и тесанного камня                                        | 6,35       | 150   |

При турбулентном режиме в области гладкого сопротивления коэффициент трения  $\lambda$  зависит от концентрации взвешенных веществ в сточной жидкости и может быть вычислен по формуле

$$\lambda = (0,165 + 1,6B^{2/3}) Re^{-0,19(1+B^{0,25})}, \quad (84)$$

где  $B$  — концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости,  $кг/м^3$ .

Местные потери напора определяют по формуле Вейсбаха

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (85)$$

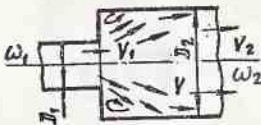
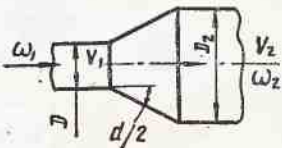
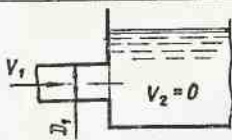
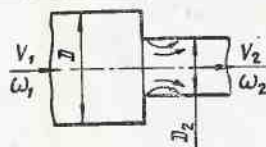
где  $v$  — средняя скорость потока в сечении за местным сопротивлением (редко перед сопротивлением);  $\xi$  — коэффициент местного сопротивления, зависящий от вида сопротивления, а в некоторых случаях и от числа Рейнольдса. Значения таких коэффициентов и формулы для определения некоторых их видов, связанных с резким изменением конфигурации живого сечения потока, его направлением, приведены в табл. 13.

Приведенные значения коэффициентов местных сопротивлений относятся к турбулентному потоку, когда влияние вязкости протекающей жидкости на коэффициенты местных сопротивлений незначительно. При ламинарном режиме движения жидкости, т. е. при малых числах Рейнольдса, влияние вязкости на местные сопротивления большое и его необходимо учитывать при определении коэффициентов местных сопротивлений как дополнительное сопротивление к рассмотренным выше.

По данным А. Д. Альтшуля коэффициент местных сопротивлений в этом случае определяется по формуле

$$\xi = \frac{A}{Re} + \xi_{кв}, \quad (86)$$

Таблица 13. Значения коэффициентов местных сопротивлений

| Сопротивление                           | Схема местного сопротивления                                                          | Формулы для определения и значения коэффициентов $\xi$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |      |      |    |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|----|----|----|----|----------|------|-----|------|------|------|---|
| Внезапное расширение трубы              |    | $\xi_{вр} = \alpha_1 \left( \frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2 = \alpha_2 \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2,$ <p>где <math>\alpha_1 = 1 + 2,65\lambda</math> — коэффициент кинетической энергии потока в узкой трубе</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                |      |      |    |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |
| Постепенное расширение трубы (диффузор) |    | $\xi_{диф} = k_{см} \left( \frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right) + \xi_{тр} = k_{см} \left( \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} - 1 \right) + \xi_{тр},$ <p>где <math>k_{см}</math> — коэффициент сжатия при постепенном расширении, определяемый по следующим данным:</p> <table><tr><td><math>\alpha^\circ</math></td><td>2</td><td>6</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>45</td></tr><tr><td><math>k_{см}</math></td><td>0,02</td><td>0,1</td><td>0,16</td><td>0,42</td><td>0,72</td><td>1</td></tr></table> <p><math>\xi_{тр}</math> — коэффициент сопротивления трению, определяемый по формуле</p> $\xi_{тр} = \frac{\lambda_{ср}}{8 \sin \alpha/2} \left[ 1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 \right]$ | $\alpha^\circ$ | 2    | 6    | 10 | 20 | 30 | 45 | $k_{см}$ | 0,02 | 0,1 | 0,16 | 0,42 | 0,72 | 1 |
| $\alpha^\circ$                          | 2                                                                                     | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10             | 20   | 30   | 45 |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |
| $k_{см}$                                | 0,02                                                                                  | 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,16           | 0,42 | 0,72 | 1  |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |
| Выход из трубы в резервуар под уровень  |   | $\xi_{вых} = \alpha_1 \text{ при } v_2 = 0, \text{ где } \alpha = 1 + 2,65\lambda \text{ — коэффициент кинетической энергии потока в трубе}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |      |      |    |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |
| Внезапное сужение трубы                 |  | <p>при <math>D_2 \leq 0,5D_1</math>, <math>\xi_{в.с} = 0,5 \times \left( 1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) = 0,5 \left( 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)</math>;</p> <p>при <math>D_2 &gt; 0,5D_1</math>, <math>\xi_{в.с} = \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)^2</math>,</p> <p>где <math>\epsilon</math> — коэффициент сжатия струи при входе в узкую трубу, определяемый по формуле</p> $\epsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - \frac{D_2^2}{D_1^2}}$                                                                                                                                                                                                                                                       |                |      |      |    |    |    |    |          |      |     |      |      |      |   |

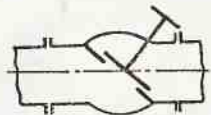
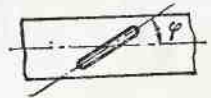
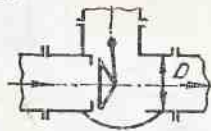
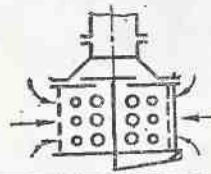
Продолжение табл. 13

| Сопротивление                        | Схема местного сопротивления                                                                                                                                                                                                                                               | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |      |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|--------------------|----------------|---------------|------|------|------|----------------|------|------|----|-----|----------------|------|-----|------|-----|
| Постепенное сужение трубы (конфузор) |                                                                                                                                                                                                                                                                            | $\zeta_k = \zeta_{k,вх} \left( 1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) +$ $+ \zeta_{тр} = \zeta_{k,вх} \left( 1 - \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} \right) + \zeta_{тр},$ <p>где <math>\zeta_{k,вх}</math> — коэффициент сопротивления;</p> <table><tr><td><math>\alpha^\circ</math></td><td>0</td><td>10</td><td>20</td><td>40</td></tr><tr><td><math>\zeta_{k,вх}</math></td><td>0,5</td><td>0,38</td><td>0,31</td><td>0,21</td></tr><tr><td><math>\alpha^\circ</math></td><td>60</td><td>80</td><td>90</td><td>120</td></tr><tr><td><math>\zeta_{k,вх}</math></td><td>0,18</td><td>0,3</td><td>0,37</td><td>0,5</td></tr></table> <p><math>\zeta_{тр}</math> — коэффициент сопротивления трению, определяемый по формуле</p> $\zeta_{тр} = \frac{\lambda}{8 \sin \alpha/2} \left( 1 - \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} \right)$ | $\alpha^\circ$ | 0    | 10   | 20   | 40                 | $\zeta_{k,вх}$ | 0,5           | 0,38 | 0,31 | 0,21 | $\alpha^\circ$ | 60   | 80   | 90 | 120 | $\zeta_{k,вх}$ | 0,18 | 0,3 | 0,37 | 0,5 |
| $\alpha^\circ$                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 20             | 40   |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| $\zeta_{k,вх}$                       | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,31           | 0,21 |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| $\alpha^\circ$                       | 60                                                                                                                                                                                                                                                                         | 80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 90             | 120  |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| $\zeta_{k,вх}$                       | 0,18                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,37           | 0,5  |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| Вход в трубу из резервуара           |                                                                                                                                                                                                                                                                            | При острых кромках входа $\zeta_{вх} = 0,5$ , заделанного заподлицо к стенке под прямым углом                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |      |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                            | При острых кромках входа, заделанного заподлицо к стенке под углом $\alpha^\circ$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                |      |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
|                                      | $\zeta_{вх\alpha} = 0,5 + 0,3 \cos \alpha + 0,2 \cos^2 \alpha$ <table><tr><td>при <math>\alpha^\circ</math></td><td>45</td><td>60</td><td>75</td><td>90</td></tr><tr><td><math>\zeta_{вх\alpha}</math></td><td>0,81</td><td>0,7</td><td>0,59</td><td>0,5</td></tr></table> | при $\alpha^\circ$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 45             | 60   | 75   | 90   | $\zeta_{вх\alpha}$ | 0,81           | 0,7           | 0,59 | 0,5  |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| при $\alpha^\circ$                   | 45                                                                                                                                                                                                                                                                         | 60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 75             | 90   |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| $\zeta_{вх\alpha}$                   | 0,81                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,59           | 0,5  |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
|                                      | При округленных кромках входа, заделанного заподлицо со стенкой $\zeta_{вх}$ зависит от соотношения радиуса закругления $r$ к гидравлическому диаметру трубы, равному $D_r = 4R$ , а для круглых труб $D_r = D$ :                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |      |      |      |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
|                                      | <table><tr><td><math>r/D_r</math></td><td>0</td><td>0,02</td><td>0,06</td><td>0,1</td><td>0,16</td><td>0,22</td></tr><tr><td><math>\zeta_{вхr}</math></td><td>0,5</td><td>0,35</td><td>0,2</td><td>0,41</td><td>0,05</td><td>0,03</td></tr></table>                        | $r/D_r$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0              | 0,02 | 0,06 | 0,1  | 0,16               | 0,22           | $\zeta_{вхr}$ | 0,5  | 0,35 | 0,2  | 0,41           | 0,05 | 0,03 |    |     |                |      |     |      |     |
| $r/D_r$                              | 0                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,06           | 0,1  | 0,16 | 0,22 |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |
| $\zeta_{вхr}$                        | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,35                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,2            | 0,41 | 0,05 | 0,03 |                    |                |               |      |      |      |                |      |      |    |     |                |      |     |      |     |

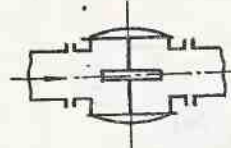
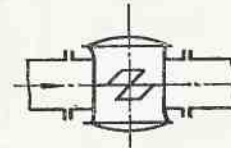
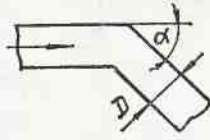
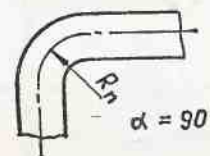
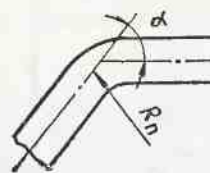
Продолжение табл. 13

| Сопротивление              | Схема местного сопротивления                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |      |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|-------|-----|------|-----|-----|------|----|------|------|-----|------|---|---------|---|-----|----|----|-----|---------|------|-----|----|----|---|---------|-----|-----|----|----|------|---------|-----|------|-----|------|---|---------|---|-----|---|-----|------|---------|-----|-----|-----|
| Вход в трубу из резервуара |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | При свободном входе в трубу с округленными кромками $\zeta_{з,вх,с}$ также зависит от соотношения радиуса закругления $r$ к гидравлическому диаметру:<br><table><tr><td><math>r/D_r</math></td><td>0</td><td>0,02</td><td>0,06</td><td>0,1</td><td>0,16</td><td>0,22</td></tr><tr><td><math>\zeta_{з,вх,с}</math></td><td>1</td><td>0,7</td><td>0,32</td><td>0,15</td><td>0,05</td><td>0,03</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $r/D_r$                                 | 0    | 0,02 | 0,06 | 0,1  | 0,16 | 0,22  | $\zeta_{з,вх,с}$ | 1    | 0,7 | 0,32 | 0,15 | 0,05 | 0,03 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
|                            | $r/D_r$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,02                                    | 0,06 | 0,1  | 0,16 | 0,22 |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $\zeta_{з,вх,с}$           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,32                                    | 0,15 | 0,05 | 0,03 |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
|                            | При выпущенном в резервуар конце трубы $\zeta_{вх}$ зависит от длины выпуска $l$ , толщины трубы $\delta$ и гидравлического диаметра:<br><table><tr><th><math>l/D_r</math></th><th colspan="4"><math>\zeta_{вх}</math> при значениях <math>\delta/D_r</math></th></tr><tr><th></th><th>0</th><th>0,012</th><th>0,024</th><th>0,05</th></tr><tr><td>0</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,01</td><td>0,68</td><td>0,55</td><td>0,52</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,05</td><td>0,82</td><td>0,63</td><td>0,54</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,15</td><td>0,9</td><td>0,72</td><td>0,6</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,5</td><td>1</td><td>0,83</td><td>0,68</td><td>0,5</td></tr></table> | $l/D_r$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\zeta_{вх}$ при значениях $\delta/D_r$ |      |      |      |      | 0    | 0,012 | 0,024            | 0,05 | 0   | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,01 | 0,68 | 0,55 | 0,52 | 0,5 | 0,05 | 0,82 | 0,63 | 0,54 | 0,5 | 0,15  | 0,9 | 0,72 | 0,6 | 0,5 | 0,5  | 1  | 0,83 | 0,68 | 0,5 |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $l/D_r$                    | $\zeta_{вх}$ при значениях $\delta/D_r$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                         |      |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
|                            | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,024                                   | 0,05 |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0                          | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,5                                     | 0,5  |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0,01                       | 0,68                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,55                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,52                                    | 0,5  |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0,05                       | 0,82                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,63                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,54                                    | 0,5  |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0,15                       | 0,9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,72                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,6                                     | 0,5  |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0,5                        | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,83                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,68                                    | 0,5  |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| Диафрагма в трубопроводе   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $\zeta_g = \left( \frac{D_2^2}{\epsilon D_d^2} - 1 \right),$ <p>где <math>D_2</math> — диаметр трубы за диафрагмой; <math>D_d</math> — диаметр отверстия в диафрагме, <math>\epsilon</math> — коэффициент сжатия струи после диафрагмы, определяемый по формуле</p> $\epsilon = 0,57 + \frac{0,043}{\omega}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |      |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| Задвижка                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Зависит от типа задвижки и отношения высоты ее открытия $a$ к диаметру трубы $D$ :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                         |      |      |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <table><tr><td><math>a/D</math></td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td></tr><tr><td>—</td><td>40</td><td>22</td><td>12</td><td>5,3</td><td>—</td></tr><tr><td>1000</td><td>185</td><td>65</td><td>33</td><td>19</td><td>—</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td><td>—</td></tr><tr><td><math>a/D</math></td><td>2,8</td><td>1,5</td><td>0,8</td><td>0,3</td><td>0,15</td></tr><tr><td>12</td><td>7,4</td><td>4</td><td>1,8</td><td>0,75</td><td>—</td></tr></table> <p>Параллельная чугунная при</p> <table><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>1</td><td>220</td><td>35</td><td>11</td><td>4,7</td></tr><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>1,25</td><td>225</td><td>40</td><td>14</td><td>6</td></tr><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>1,5</td><td>500</td><td>80</td><td>30</td><td>14,5</td></tr><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>2,4</td><td>1,35</td><td>0,7</td><td>0,33</td><td>—</td></tr><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>3</td><td>1,6</td><td>1</td><td>0,5</td><td>0,23</td></tr><tr><td><math>D_3/D</math></td><td>7,5</td><td>4,5</td><td>2,8</td><td>1,65</td><td>0,6</td></tr></table> | $a/D$                                   | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | —     | 40               | 22   | 12  | 5,3  | —    | 1000 | 185  | 65   | 33   | 19   | —    | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    | —   | $a/D$ | 2,8 | 1,5  | 0,8 | 0,3 | 0,15 | 12 | 7,4  | 4    | 1,8 | 0,75 | — | $D_3/D$ | 1 | 220 | 35 | 11 | 4,7 | $D_3/D$ | 1,25 | 225 | 40 | 14 | 6 | $D_3/D$ | 1,5 | 500 | 80 | 30 | 14,5 | $D_3/D$ | 2,4 | 1,35 | 0,7 | 0,33 | — | $D_3/D$ | 3 | 1,6 | 1 | 0,5 | 0,23 | $D_3/D$ | 7,5 | 4,5 | 2,8 |
| $a/D$                      | 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,3                                     | 0,4  | 0,5  |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| —                          | 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12                                      | 5,3  | —    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 1000                       | 185                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 33                                      | 19   | —    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 0,6                        | 0,7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,9                                     | 1    | —    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $a/D$                      | 2,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,8                                     | 0,3  | 0,15 |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| 12                         | 7,4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,8                                     | 0,75 | —    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 220                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 35                                      | 11   | 4,7  |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 1,25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 225                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 40                                      | 14   | 6    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 1,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 500                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 80                                      | 30   | 14,5 |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 2,4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,35                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,7                                     | 0,33 | —    |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                                       | 0,5  | 0,23 |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |
| $D_3/D$                    | 7,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2,8                                     | 1,65 | 0,6  |      |      |      |       |                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |       |     |      |     |     |      |    |      |      |     |      |   |         |   |     |    |    |     |         |      |     |    |    |   |         |     |     |    |    |      |         |     |      |     |      |   |         |   |     |   |     |      |         |     |     |     |

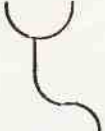
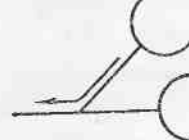
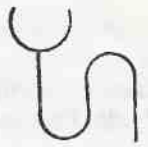
Продолжение табл. 13

| Сопротивление                            | Схема местного сопротивления                                                        | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$                                                                                                                                |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вентиль (полностью открытый)             |    | Для вентилей с прямым затвором<br>$\zeta = 2 \div 5$                                                                                                                                    |
|                                          |    | Для вентилей с косым затвором<br>$\zeta = 0,4 \div 2$                                                                                                                                   |
| Дисковый дроссельный (поворотный) затвор |    | Зависит от угла поворота $\varphi$ затвора:<br>$\varphi^\circ$ 5 10 15 20 30<br>$\zeta_d$ 0,24 0,52 0,9 1,54 3,91<br>$\varphi^\circ$ 40 45 50 60 70<br>$\zeta_d$ 10,8 18,7 32,6 118 751 |
| Пробковый кран                           |    | Зависит от угла поворота $\varphi$ крана:<br>$\varphi^\circ$ 5 10 15 20<br>$\zeta_{п.к}$ 0,05 0,31 0,88 1,84<br>$\varphi^\circ$ 25 30 40 45 50<br>$\zeta_{п.к}$ 3,45 6,15 20,7 41 95    |
| Шарнирный клапан                         |    | Зависит от угла поворота $\varphi$ клапана:<br>$\varphi^\circ$ 15 20 25 30 40 45 50 60 70<br>$\zeta_{ш.к}$ 90 62 42 30 14 9,5 6,6 3,2 1,7                                               |
| Обратный клапан                          |   | Зависит от диаметра $D$ :<br>$D$ , мм 50 75 100 150 200 250 300 350<br>$\zeta$ 18 11 8 6,5 5,5 4,5 3,5 3                                                                                |
| Всасывающий клапан с сеткой              |  | Зависит от диаметра $D$ :<br>$D$ , мм 40 50 75 100<br>$\zeta$ 12 10 8,5 7<br>$D$ , мм 150 200 250 300 350<br>$\zeta$ 6 5,2 4,4 3,7 3,4                                                  |
| Сборник конденсата                       |  | $0,5 \div 2$                                                                                                                                                                            |

Продолжение табл. 13

| Сопротивление                                           | Схема местного сопротивления                                                          | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Водомеры с вертикальной осью вертушки                   |    | Зависит от калибра водомера:<br>Калибр, мм 10—13 15 20 30 40<br>$\zeta_{вод.в}$ 3,93 8,8 10 12,7 10                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Водомеры с горизонтальной осью вертушки                 |    | Зависит от калибра водомера:<br>Калибр, мм 50 80 100<br>$\zeta_{вод.г}$ 2 1,02 0,82<br>Калибр, мм 150 200 250<br>$\zeta_{вод.г}$ 0,8 0,83 0,92                                                                                                                                                                                                                                                |
| Резкий поворот трубы (круглого или квадратного сечения) |    | Зависит от величины угла поворота $\alpha^\circ$ :<br>$\alpha^\circ$ 30 45 60 75<br>$\zeta_{тр}$ 0,155 0,318 0,555 0,806<br>$\alpha^\circ$ 90 110 130 150 250<br>$\zeta_{тр}$ 1,19 1,87 2,6 3,2 36                                                                                                                                                                                            |
| Плавный поворот                                         |    | Для круглой трубы<br>$\zeta_{90^\circ} = 0,02 (100\lambda)^{2,5} + 0,106 (D/R_n)^{2,5}$<br>Для прямоугольной трубы<br>$\zeta_{90^\circ} = 0,124 + 3,1 \left( \frac{b}{2} R_n \right)^{3,5}$<br>где $D$ — диаметр трубы;<br>$R_n$ — радиус поворота; $\lambda$ — гидравлический коэффициент трения; $b$ — размер трубы в плоскости поворота                                                    |
|                                                         |  | $\zeta_\alpha = \zeta_{90^\circ} \cdot \alpha$ ,<br>где $\zeta_{90^\circ}$ — коэффициент сопротивления при угле поворота на $90^\circ$ ;<br>$\alpha$ — коэффициент, зависящий от угла поворота $\alpha$ и определяемый по опытным данным Кригера:<br>$\alpha^\circ$ 20 30 45 60 70<br>$\alpha$ 0,4 0,55 0,7 0,83 0,88<br>$\alpha^\circ$ 80 90 150 150 180<br>$\alpha$ 0,95 1,0 1,13 1,23 1,33 |

| Сопротивление                                                 | Схема местного сопротивления | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|---|-----------------------|-----|-----|---|--|--|--|-----|
| Разделение потоков                                            |                              | <p>Для прямого прохода <math>\zeta_{90^\circ}</math> зависит от типа тройника и соотношения <math>Q_6/a_0</math>:</p> <table><tr><td><math>Q_6/Q_0</math></td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr><tr><td>стандартного</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td></tr><tr><td><math>\zeta_{тр}</math> сварного</td><td>0,2</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr><tr><td><math>Q_6/Q_0</math></td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td></tr><tr><td>стандартного</td><td>1,2</td><td>1,7</td><td>3</td></tr><tr><td><math>\zeta_{тр}</math> сварного</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>2,1</td></tr></table> <p>Для бокового ответвления <math>\zeta_6</math> зависит от типа тройника, соотношения диаметров ответвления <math>D_6</math> и основной трубы <math>D_0</math>, а также соотношения расходов <math>Q_6/Q_0</math> (подробней смотри [1, 2])</p> | $Q_6/Q_0$ | 0 | 0,2 | 0,3 | стандартного | 0,7 | 0,8 | 0,9 | $\zeta_{тр}$ сварного | 0,2 | 0,2 | 0,3 | $Q_6/Q_0$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | стандартного | 1,2 | 1,7 | 3 | $\zeta_{тр}$ сварного | 0,4 | 0,6 | 1 |  |  |  | 2,1 |
| $Q_6/Q_0$                                                     | 0                            | 0,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,3       |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| стандартного                                                  | 0,7                          | 0,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,9       |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| $\zeta_{тр}$ сварного                                         | 0,2                          | 0,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,3       |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| $Q_6/Q_0$                                                     | 0,4                          | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,6       |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| стандартного                                                  | 1,2                          | 1,7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3         |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| $\zeta_{тр}$ сварного                                         | 0,4                          | 0,6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1         |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
|                                                               |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2,1       |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| Воронка водосточная для не заливаемых кровель $D = 250$ мм    |                              | 1,6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| То же, $D = 360$ мм                                           |                              | 1,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| Воронка водосточная для заливаемых водой кровель $D = 360$ мм |                              | 1,6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| Отвод $90^\circ$ чугун                                        |                              | 0,65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |
| Отвод $135^\circ$                                             |                              | 0,45                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |   |     |     |              |     |     |     |                       |     |     |     |           |     |     |     |              |     |     |   |                       |     |     |   |  |  |  |     |

| Сопротивление                        | Схема местного сопротивления                                                         | Формулы для определения и значения коэффициентов $\zeta$ |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Отступ чугун                         |   | 1                                                        |
| Тройник «из проход»                  |   | 0,25                                                     |
| Тройник прямой «на поворот»          |   | 0,9                                                      |
| То же, косой $45^\circ$ «на поворот» |   | 0,8                                                      |
| Крестовина                           |   | 1,2                                                      |
| Затвор гидравлический                |  | Чугунный — 1,5; стальной; сварной — 2                    |
| Выпуск                               | —                                                                                    | 1                                                        |

где  $\zeta_{\text{мст}}$  — коэффициент рассматриваемого местного сопротивления, определяемый по табл. 13;  $A$  — коэффициент, учитывающий влияние числа Рейнольдса на местное сопротивление (табл. 14).

Расположение местных сопротивлений последовательно друг за другом может взаимно влиять, если между ними расстояние меньше определяемого по формуле Л. Д. Альтшуля

$$l_{\text{вл}} = 0,5 D_{\text{сб}}^5 / \lambda. \quad (87)$$

В этом случае общее сопротивление будет меньше суммы всех местных сопротивлений, расположенных на рассматриваемом участке, вследствие изменения эюры распределения скоростей по сечению потока после каждого местного сопротивления.

Таблица 14. Значения коэффициента  $\lambda$ 

| Местное сопротивление                                         | $\lambda$ |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| Внезапное расширение                                          | 30        |
| Пробковый кран                                                | 150       |
| Вентиль                                                       | 3000      |
| Шаровой клапан                                                | 5000      |
| Колено 90°                                                    | 600       |
| Тройник                                                       | 150       |
| Задвижка полностью открытая                                   | 75        |
| Вентиль полностью открытый                                    | 100—250   |
| Диафрагма в трубе (при $D_n^2/D^2 = \omega_n/\omega = 0,16$ ) | 500       |
| То же, (при $D_n^2/D^2 = \omega_n/\omega = 0,4$ )             | 120       |
| » » (при $D_n^2/D^2 = \omega_n/\omega = 0,64$ )               | 70        |
| Постепенное сужение трубы (конфузор)                          | 3200      |
| Компенсатор П-образный $d = 50$ мм                            | 7000      |
| $d = 100$ мм                                                  | 500       |

Суммарный коэффициент двух местных сопротивлений, расположенных на расстоянии друг от друга меньше чем  $l_{\text{вд}}$  может быть определен по формуле

$$\zeta_{\text{общ}} = (\zeta_1 + \zeta_2) k, \quad (88)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий взаимное влияние местных сопротивлений, для запорных устройств, определяемый по формулам, предложенным Ю. А. Скобелитиным и П. В. Хомутовым:

для прямооточных запорных устройств

$$k = 0,6 - 11,1 \cdot 10^{-6} \frac{l^2}{D^2} + 1335 \left( \frac{l}{D} \right) \cdot 10^{-5}, \quad (89)$$

для непрямоточных

$$k = 0,925 - 2085 \cdot 10^{-8} \frac{l^2}{D^2} + 25 \left( \frac{l}{D} \right) \cdot 10^{-4}, \quad (90)$$

где  $l$  — расстояние между местными сопротивлениями.

#### ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ БЕЗНАПОРНОМ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ

Безнапорное движение жидкости, т. е. движение потока со свободной поверхностью, может осуществляться как в открытых лотках (каналах), контур поперечного сечения которых образован незамкнутой линией, так и в закрытых трубопроводах при частичном их заполнении.

Также как и при напорном движении жидкости, при безнапорном гидравлические сопротивления делят на два вида: сопротивления по длине, обуславливаемые силами трения между движущимися частицами потока (канала или трубы), и местные сопротивления, обуславливаемые резкими изменениями конфигурации живого сечения потока и проявляющиеся на небольших по длине участках.

Сопротивления по длине при безнапорном движении жидкости, когда уклон поверхности воды равен уклону дна канала, учитываются при расчетах коэффициентом шероховатости поверхности дна и стенок лотка  $n$ , значения которого для некоторых поверхностей приведены в табл. 15.

При расчете безнапорного равномерного движения воды в открытых лотках и канализационных безнапорных сетях используют следующие основные зависимости,

Таблица 15. Коэффициент шероховатости  $n$  лотков и каналов с искусственным креплением

| Поверхность русла                                                | Стенки лотка $n$ при состоянии поверхности |         |        |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|--------|
|                                                                  | хорошем                                    | среднем | плохом |
| Из чистого цемента                                               | 0,011                                      | 0,012   | 0,013  |
| Оштукатуренная цементным раствором                               | 0,011                                      | 0,013   | 0,015  |
| Бетонированная наиболее гладкая весьма тщательной отделкой       | 0,011                                      | 0,012   | 0,013  |
| Бетонированная без специальной весьма гладкой отделки            | 0,013                                      | 0,014   | 0,015  |
| Шероховатые бетонные поверхности                                 | 0,015                                      | 0,017   | 0,018  |
| Бетонная неотделанная                                            | 0,014                                      | 0,017   | 0,018  |
| Торкретная, выполненная цемент-пушкой при ровном намете:         |                                            |         |        |
| при сглаживании поверхности проволочной щеткой                   | 0,015                                      | —       | —      |
| то же, без сглаживания                                           | —                                          | 0,018   | —      |
| Торкретная волнистая                                             | 0,018                                      | 0,0225  | 0,025  |
| Металлическая гладкая неокрашенная                               | 0,011                                      | 0,012   | 0,014  |
| То же, окрашенная                                                | 0,012                                      | 0,013   | 0,017  |
| Металлическая ржавая, шероховатая, стальная                      |                                            |         |        |
| рифленая                                                         | 0,020                                      | 0,025   | 0,030  |
| Деревянный желоб из клепок                                       | 0,011                                      | 0,012   | 0,014  |
| Деревянная из продольно расположенных строганых досок или брусев | 0,011                                      | 0,014   | 0,018  |
| То же, нестроганных досок или брусев                             | 0,012                                      | 0,015   | 0,018  |
| Кладка из кирпича, покрытого глазурью                            | 0,011                                      | 0,013   | 0,015  |
| Кирпичная кладка, покрытая цементным раствором                   | 0,012                                      | 0,015   | 0,030  |
| Бутовая кладка на цементном растворе                             | 0,018                                      | 0,025   | 0,030  |
| Облицовка из тесаного камня                                      | 0,013                                      | 0,015   | 0,017  |
| Сухая кирпичная кладка                                           | 0,025                                      | 0,030   | 0,035  |
| Мощение из булыжного камня                                       | 0,020                                      | 0,0225  | 0,0275 |
| То же, из рваного камня                                          | 0,0225                                     | 0,0275  | 0,030  |
| Габбионная кладка                                                | 0,020                                      | 0,0225  | 0,025  |
| Каменная наброска в плетнях                                      | 0,0225                                     | 0,025   | 0,0275 |
| Брезент по деревянным рейкам                                     | 0,014                                      | 0,015   | 0,016  |

включающие в себя посредством различных характеристик и коэффициент шероховатости

$$v = w \sqrt{i} = c \sqrt{R_i}; \quad (91)$$

$$Q = k \sqrt{i} = \omega c \sqrt{R_i}; \quad (92)$$

$$i = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{\lambda v^2}{D_c 2g}, \quad (93)$$

$v$  — средняя в сечении скорость безнапорного потока;  $w$  — скоростная характеристика (средняя скорость потока при  $i = 1$ ), определяемая обычно по формуле

$$w = \frac{1}{n} R^x; \quad (94)$$

$i$  — уклон дна канала ( $i = \sin \alpha$ ,  $\alpha$  — угол наклона дна лотка или канала к горизонту);  $R$  — гидравлический радиус, равен отношению площади живого сечения потока  $\omega$  к смоченному периметру

$$R = \omega/X; \quad (95)$$

$c$  — коэффициент Шези (скоростной множитель), в квадратичной области сопротивления определяемый по формуле Н. Н. Павловского

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}}, \quad (96)$$

или по формуле А. Д. Альтшуля, охватывающей все области сопротивления турбулентного течения,

$$c = 25 \left[ \frac{R}{(80n)^6 + 0,025/\sqrt{R}} \right]^{\frac{1}{6}}, \quad (97)$$

или выраженный через коэффициент гидравлического трения

$$c = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}; \quad (98)$$

$z$  — показатель степени в формуле (94),

$$z = 0,37 + 2,5 \sqrt{n} - 0,75 (\sqrt{n} - 0,1) \sqrt{R}; \quad (99)$$

$y$  — показатель степени в формуле (96)

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 (\sqrt{n} - 0,1) \sqrt{R}; \quad (100)$$

$Q$  — расход в открытом русле при равномерном движении;  $k$  — расходная характеристика потока (расход потока при  $i = 1,0$ ),

$$k = \omega v = \omega c \sqrt{R}; \quad (101)$$

$D_r$  — гидравлический диаметр, равный  $4R$ ;  $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения для расчета движения сточных вод, определяемый по формулам (82) и (83).

На практике при определении показателя степени  $y$  можно использовать одну из следующих упрощенных формул:

$$y = 1,5 \sqrt{n} \text{ при } R < 1 \text{ м}; \quad (102)$$

$$y = 1,3 \sqrt{n} \text{ при } R > 1 \text{ м}. \quad (103)$$

При расчете лотков с неоднородной шероховатостью дна и стенок коэффициент шероховатости  $n$  определяется осредненным:

$$\text{при } \frac{n_{\max}}{n_{\min}} > 1,5 \div 2$$

$$n_{\text{ср}} = \left( \frac{x_1}{x_2} n_1^{\frac{1}{2}} + \frac{x_2}{x} n_2^{\frac{1}{2}} + \dots + \frac{x_m}{x} n_m^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{2}{3}}; \quad (104)$$

$$\text{при } \frac{n_{\max}}{n_{\min}} < 1,5 \div 2$$

$$n_{\text{ср}} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_m n_m}{x}, \quad (105)$$

где  $x$  — полная длина смоченного периметра;  $x_1, x_2, \dots, x_m$  — длина частей смоченного периметра с коэффициентами шероховатости  $n_1, n_2, \dots, n_m$ ;  $n_{\max}$  и  $n_{\min}$  — соответственно наибольший и наименьший коэффициенты шероховатости.

Местные сопротивления могут быть определены по формуле (85) с соответствующим коэффициентом местного сопротивления  $\zeta'$  или по формуле вида

$$h_{\text{м.б}} = \zeta' \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}, \quad (106)$$

где  $\zeta'$  — коэффициент местного сопротивления при безнапорном движении жидкости;  $v_1$  и  $v_2$  — соответственно скорость движения жидкости до местного сопротивления и после него. Для наиболее часто встречающихся сопротивлений при безнапорном движении формулы по расчету потерь напора приведены в табл. 16.

Таблица 16. Некоторые местные сопротивления в открытых руслах

| Местное сопротивление                      | Схема местного сопротивления | Определение потерь напора                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |         |    |    |         |        |      |      |     |  |
|--------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----|----|---------|--------|------|------|-----|--|
| Внезапное расширение прямоугольного канала |                              | $\Delta h = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} - \frac{(h_2 - h_1)^2}{2h_2}$ <p>Здесь <math>v_1</math> и <math>h_1</math> — средняя скорость и глубина потока до расширения; <math>v_2</math> и <math>h_2</math> — то же, после расширения</p>                                                                                                                                                |                |         |    |    |         |        |      |      |     |  |
| Постепенное расширение канала              |                              | $\Delta h = \psi \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g},$ <p>где <math>\psi</math> — коэффициент смягчения, зависящий от плавности расширения, значения которого по данным А. Д. Альтшуля равны</p> <table><tr><td><math>\alpha^\circ</math></td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>и более</td></tr><tr><td><math>\psi</math></td><td>0,45</td><td>0,90</td><td>1,0</td><td></td></tr></table> | $\alpha^\circ$ | 20      | 40 | 60 | и более | $\psi$ | 0,45 | 0,90 | 1,0 |  |
| $\alpha^\circ$                             | 20                           | 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 60             | и более |    |    |         |        |      |      |     |  |
| $\psi$                                     | 0,45                         | 0,90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1,0            |         |    |    |         |        |      |      |     |  |
| Внезапное сужение канала                   |                              | $\Delta h = k \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g},$ <p>где коэффициент <math>k = 0,5 \div 0,6</math> при всех значениях отношения <math>\beta_2/\beta_1</math> от 0,1 до 0,5</p>                                                                                                                                                                                                               |                |         |    |    |         |        |      |      |     |  |
| Постепенное сужение канала                 |                              | $\Delta h = (1 + k) \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g},$ <p>где коэффициент <math>k = 0,15</math> при плавных сопряжениях каналов и <math>k = 0,05</math> при очень плавных сопряжениях</p>                                                                                                                                                                                                   |                |         |    |    |         |        |      |      |     |  |

Потеря напора на повороте, т. е. необходимая величина перепада на повороте, зависит от целого ряда параметров как потока, так и русла и может быть определена по формуле

$$h_{\text{п.б}} = \zeta_\alpha \frac{v_1^2}{2g}, \quad (107)$$

где  $v_1$  — скорость равномерного движения на участке перед поворотом;  $\zeta_\alpha$  — коэффициент сопротивления при повороте на угол  $\beta < 90^\circ$  равен

$$\zeta_\alpha = \zeta_{90^\circ} \frac{\beta}{90^\circ}, \quad (108)$$

где  $\zeta_{90^\circ}$  — коэффициент сопротивления при повороте на  $90^\circ$ , определяемый по формуле И. В. Сахарова

$$\zeta_{90^\circ} = a + b : \left( \frac{v_1^2}{g h_1} \right). \quad (109)$$

Здесь  $h_1$  — глубина равномерного движения жидкости перед поворотом;  $a$  и  $b$  — безразмерные коэффициенты, учитывающие соотношения радиуса закругления

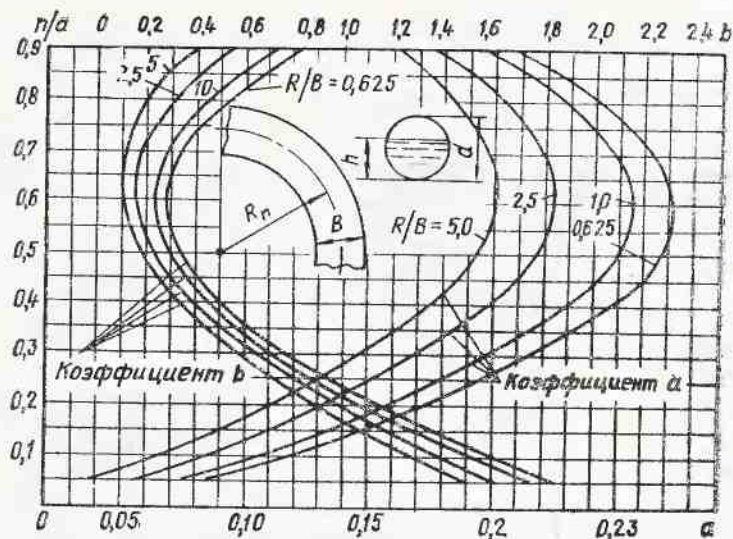


Рис. 4. Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  для различных соотношений  $R/B$  и  $h/a$ .

к ширине лотка —  $R_n/b$  и степень наполнения канала, лотка или коллектора —  $h/D$ . Значения величин  $\alpha$  и  $\beta$  приведены на рис. 4.

При присоединении притока  $Q_{пр}$  к потоку в основном на русле (коллекторе)  $Q$  потеря напора (добавочный перепад русел (лотков) определяют также по формуле (107). Если присоединение притока к основному коллектору осуществляется под углом  $90^\circ$ , величина  $\xi_\alpha = \xi_{90^\circ}$  при  $Q_{пр}/Q < 0,9$  определяется по формуле

$$\xi_{90^\circ пр} = \left( 2 + \frac{2}{\frac{v_{1,0,5}^2}{gh_{1,0,5}} + 0,1} \right) \left( 1 + \frac{Q_{пр}}{0,9Q} \right) \frac{Q_{пр}}{1,8Q}, \quad (110)$$

где  $v_{1,0,5}$  и  $h_{1,0,5}$  — скорость и глубина потока при равномерном движении на участке русла (коллектора) перед присоединением, соответствующие половинному наполнению.

Данные о потерях напора при других углах присоединения приводятся подробно в книге А. М. Курганова и Н. Ф. Федорова [14].

#### МИНИМАЛЬНЫЕ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ СРЕДНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ БЕЗНАПОРНЫХ ПОТОКОВ

Особенностью расчета безнапорных потоков является выбор средней скорости  $v$  движения жидкости в лотке или трубе, которые не будут при такой скорости разрушаться или преждевременно изнашиваться, а также не будут заиливаться частицами, содержащимися в транспортируемой жидкости. Выбор расчетной скорости обуславливает уклон и размеры лотка или трубы, вид материала, что имеет большое экономическое значение. Исходя из этого средняя расчетная скорость  $v_{рас}$  движения жидкости безнапорного движения потока должна изменяться в пределах

$$v_{мин} \leq v_{рас} \leq v_{макс}, \quad (111)$$

где  $v_{мин}$  — минимально допустимая (незаиляющая) средняя скорость, т. е. скорость, при незначительном снижении которой трубы или лотки могут заиливаться взве-

шенными веществами, содержащимися в воде;  $v_{макс}$  — максимальная допустимая (неразрывающая) средняя скорость, т. е. наивысшее значение средней скорости течения воды, при котором поток не разрушит и не повредит выбранный материал.

Минимальные допустимые (незаиляющие) средние скорости  $v_{мин}$  протекания воды по лоткам и трубам зависят от количества, размеров и состояния взвешенных частиц. Определяют их по приведенным ниже формулам и рекомендациям, полученным на основе натурных наблюдений и опытных данных [13, 14].

Таблица 17. Значения коэффициента  $a$  в зависимости от среднего диаметра частиц наносов  $d_{ср}$

| $d_{ср}$ , мм | $a$ , 0,5 м/с | $d_{ср}$ , мм | $a$ , 0,5 м/с | $d_{ср}$ , мм | $a$ , 0,5 м/с |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0,1           | 0,22          | 0,8           | 0,9           | 1,6           | 1,05          |
| 0,2           | 0,45          | 1             | 0,95          | 1,8           | 1,07          |
| 0,4           | 0,67          | 1,2           | 1             | 2             | 1,1           |
| 0,6           | 0,82          | 1,4           | 1,02          | 3             | 1,11          |

Для абразивных стоков при насыщенности их взвешенными наносами с диаметром частиц  $d_2 > 0,25$  мм, не превышающими 0,01% по весу,

$$v_{мин} = a \sqrt{R}, \quad (112)$$

где  $a$  — коэффициент, учитывающий средний диаметр частиц преобладающей массы взвешенных наносов в потоке, значения которого приведены в табл. 17;  $R$  — гидравлический радиус, м.

Таблица 18. Гидравлическая крупность наносов  $\omega$

| $d$ , мм | $\omega$ , мм/с | $d$ , мм | $\omega$ , мм/с | $d$ , мм | $\omega$ , мм/с | $d$ , мм | $\omega$ , мм/с |
|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|
| 0,01     | 0,07            | 0,35     | 37,8            | 0,85     | 84,0            | 2,75     | 185             |
| 0,03     | 0,62            | 0,40     | 43,2            | 0,90     | 87,5            | 3        | 192,5           |
| 0,05     | 1,73            | 0,45     | 48,6            | 0,95     | 90,6            | 3,25     | 201             |
| 0,08     | 4,43            | 0,50     | 54              | 1        | 94,4            | 3,50     | 208,5           |
| 0,10     | 6,92            | 0,55     | 59,4            | 1,25     | 115             | 3,75     | 215,5           |
| 0,13     | 11,6            | 0,60     | 64,8            | 1,50     | 125,6           | 4        | 222,5           |
| 0,15     | 15,6            | 0,65     | 70,2            | 1,75     | 139,2           | 4,25     | 229,5           |
| 0,18     | 17,4            | 0,70     | 73,2            | 2,00     | 152,9           | 4,50     | 236,5           |
| 0,20     | 21,6            | 0,75     | 77              | 2,20     | 166,2           | 4,75     | 243             |
| 0,25     | 27              | 0,80     | 80,7            | 2,50     | 176,5           | 5        | 249             |
| 0,30     | 32,4            |          |                 |          |                 |          |                 |

Незаиляемая скорость может быть также определена по формуле А. С. Гиршмана

$$v_{мин} = A Q^{0,2}, \quad (113)$$

где  $Q$  — расход, м<sup>3</sup>/с;  $A$  — коэффициент, зависящий от гидравлической крупности наносов (скорости наделения частиц наносов в чистой воде);  $A = 0,33$ , если  $\omega < 1,5$  мм/с;  $A = 0,44$ , если  $\omega = 1,5 \div 3,5$  мм/с;  $A = 0,55$ , если  $\omega > 3,5$  мм/с. Гидравлическая крупность частиц наносов различных размеров приведена в табл. 18.

Для определения незаиляющей скорости при движении бытовых и дождевых вод может быть использована формула Н. Ф. Федорова

$$v_{мин} = 1,57 \sqrt[n]{R}, \quad (114)$$

где  $R$  — гидравлический радиус, м;  $n$  — показатель степени, определяемый по формуле

$$n = 3,5 + 0,5R. \quad (115)$$

Независимые скорости для различных по конфигурации сечений размеров труб и степени их наполнения можно найти по зависимости

$$v_{\min} = c_1 \sqrt[n]{H} - c_2, \quad (116)$$

где  $H$  — высота (диаметр) коллектора, м;  $c_1$  и  $c_2$  — коэффициенты, учитывающие степень наполнения коллектора. Значения  $c_1$  и  $c_2$  при степени наполнения  $\alpha = 0,5D$  и значениях  $n = 4$  представлены в табл. 19.

Таблица 19. Значения коэффициентов  $c_1$  и  $c_2$  при степени наполнения коллектора  $\alpha = 0,5D$  и  $n = 4$

| Сечение коллектора | $c_1, \sqrt[4]{\text{м/с}}$ | $c_2, \text{м/с}$ |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| Круглое            | 1,27                        | 0,2               |
| Лотковое           | 1,27                        | 0,14              |
| Овоидальное        | 1,06                        | 0,09              |
| Банкетное          | 1,13                        | 0,13              |
| Обратноовоидальное | 1,73                        | 0,655             |

Для потоков в канализационных сетях независящую скорость также определяют по формуле С. В. Яковлева и В. И. Калицуна:

$$v_{\min} = \frac{\omega c k}{\sqrt[3]{g}}, \quad (117)$$

где  $\omega$  — гидравлическая крупность взвеси расчетного диаметра, м/с;  $c$  — коэффициент Шези, м/с<sup>2</sup>;  $k = 0,55$  — поправочный коэффициент А. М. Курганова.

Минимальные допустимые средние скорости движения неочищенных сточных вод в канализационной сети не должны быть менее 0,7 м/с при диаметре труб до 500 мм и 0,8 м/с при диаметре труб более 500 мм. В трубах дождевой и общесплавной канализации при периоде повторяемости расчетного дождя  $n \leq 0,5$  допустимые минимальные скорости не должны быть меньше 0,6 м/с.

Наибольшие скорости движения сточных вод хозяйственной и общесплавной канализационной сети рекомендуется принимать: для неметаллических труб  $v_{\max} \leq 4$  м/с, для металлических —  $v_{\max} \leq 8$  м/с.

## ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ ОТВЕРСТИЙ И НАСАДКОВ

Рассматривая истечение жидкости из отверстий и насадков, остановимся на случаях, характерных для инженерного оборудования систем внутреннего водопровода и канализации.

Истечение из малых отверстий в тонкой стенке можно считать при условии, если геометрический напор  $H$  в различных точках отверстия практически одинаков (высота такого отверстия, расположенного в вертикальной стенке, не превышает  $0,1H$ ), а стенка имеет толщину  $\delta < 0,67H$  (рис. 5).

Скорость при истечении из малых отверстий в тонкой стенке при совершенном сжатии струи (т. е. когда боковые стенки и дно сосуда не влияют на истечение) и постоянном напоре ( $H = \text{const}$ ) будет равной

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (118)$$

а расход

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (119)$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $\omega$  — площадь отверстия, м<sup>2</sup>;  $\mu$  — коэффициент расхода;  $H$  — напор под центром отверстия, м.

Коэффициенты  $\varphi$  и  $\mu$  связаны между собой, а также с коэффициентами сжатия  $\epsilon$  следующими соотношениями:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\epsilon}}; \quad (120)$$

$$\mu = \epsilon \varphi, \quad (121)$$

где  $\epsilon$  — коэффициент сжатия струи, равный отношению площади живого сечения струи в сжатом сечении  $\omega_c$  к площади отверстия;

$$\epsilon = \frac{\omega_c}{\omega}. \quad (122)$$

В общем случае коэффициенты, характеризующие истечение из малых отверстий в тонкой стенке, зависят от формы и размеров отверстия, величины напора  $H$ , рода жидкости и ее температуры, условий подхода к отверстию и выхода из него. Для большинства случаев истечение воды из малых отверстий круглой, прямоугольной, квадратной и других форм при совершенном сжатии струи приблизительно можно принимать [3, 12]  $\varphi \approx 0,97 \div 0,98$ ;  $\mu = 0,592 \div 0,667$  (для круглых отверстий —  $0,655 \div 0,592$ ; для квадратных —  $0,66 \div 0,598$  и для прямоугольных —  $0,667 \div 0,601$ );  $\epsilon = 0,61 \div 0,63$  и  $\zeta = 0,04 \div 0,06$ .

Если струя, истекающая из отверстия, испытывает не совершенное сжатие, т. е. если отверстие находится от боковой стенки или дна на

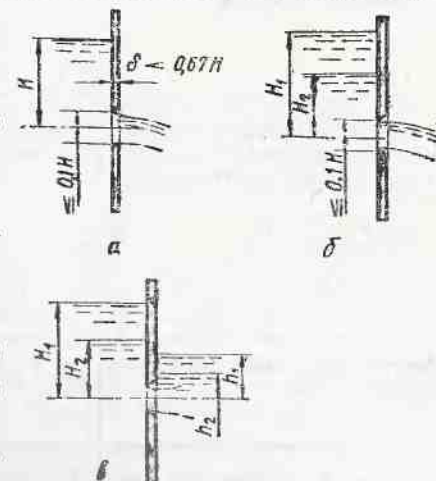


Рис. 5. Схема истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке:

а — в атмосферу при постоянном уровне; б — в атмосферу при переменном уровне; в — в жидкость при переменном уровне

расстоянии  $l$ , меньшем утроенного размера отверстия ( $l \leq 3d$  при круглом отверстии;  $l \leq 3a$  — при квадратном), коэффициент расхода следует определять по формуле

$$\mu_{\text{ис}} = \mu [1 + 0,64 (\omega/\omega_1)^2], \quad (123)$$

где  $\omega_1$  — площадь поперечного сечения сосуда, из которого истекает жидкость, м<sup>2</sup>.

Если струя, истекающая из отверстия, испытывает не полное сжатие, т. е. когда с одной или нескольких сторон при подходе к отверстию жидкость не испытывает сжатия, коэффициент расхода находят по выражению

$$\mu_{\text{ис}} = \mu \left( 1 + \frac{k \chi_1}{\chi} \right), \quad (124)$$

где  $\chi$  — полная длина периметра отверстия, м;  $\chi_1$  — часть длины периметра отверстия, где отсутствует сжатие, м;  $k$  — коэффициент, учитывающий форму отверстия: для круглых отверстий  $k = 0,128$ , для квадратных —  $0,152$  и для прямоугольных, при соотношении сторон  $1:2$  —  $0,157$ .

При истечении жидкости из малых отверстий в тонкой стенке при постоянном напоре  $H_1$  под постоянный уровень  $H_2$ , т. е. при истечении через затопленное отверстие, действующий напор будет равным

$$H = H_1 - H_2. \quad (125)$$

Скорость и расход в этом случае следует определять по формулам (118) и (119).

При истечении жидкости через малое отверстие при переменном напоре под постоянный уровень или в атмосферу обычно требуется вычислить время

изменения уровня в сосуде от  $H_1$  до  $H_2$ . В этом случае следует учитывать, что с изменением напора, особенно для жидкостей с большой вязкостью, изменяются и их коэффициенты сжатия струи  $\epsilon$ , скорости  $\varphi$ , а, следовательно, и расхода  $\mu$ . Однако, при истечении маловязких жидкостей, ввиду незначительного изменения  $\mu$ , для практических расчетов коэффициент расхода часто принимают постоянным.

Таблица 20. Значения коэффициентов сжатия струи  $\epsilon$  скорости  $\varphi$  и расхода  $\mu$  при истечении из насадков и коротких труб

| Тип насадки или трубы                                                                          | Условия истечения                        | $\epsilon$ | $\varphi$    | $\mu$        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| Внешний цилиндрический насадок или короткая труба с острой входной кромкой                     | При полном затоплении равном:            |            |              |              |
|                                                                                                | $(3 \div 4) D$                           | 1          | 0,815        | 0,815        |
|                                                                                                | $5D$                                     | 1          | 0,799        | 0,799        |
|                                                                                                | $10D$                                    | 1          | 0,778        | 0,778        |
|                                                                                                | $20D$                                    | 1          | 0,725        | 0,725        |
| Внешний цилиндрический насадок, расположенный под углом $\alpha$ относительно нормали к стенке | При полном затоплении $\alpha$ , равном: |            |              |              |
|                                                                                                | $\pi/18$                                 | 1          | 0,799        | 0,799        |
|                                                                                                | $\pi/9$                                  | 1          | 0,782        | 0,782        |
|                                                                                                | $\pi/6$                                  | 1          | 0,764        | 0,764        |
|                                                                                                | $\pi/4,5$                                | 1          | 0,747        | 0,747        |
|                                                                                                | $\pi/3,6$                                | 1          | 0,731        | 0,731        |
|                                                                                                | $\pi/3$                                  | 1          | 0,719        | 0,719        |
| Внутренний цилиндрический насадок                                                              | При $l$ равном:                          |            |              |              |
|                                                                                                | $\leq 3D$<br>$> (3 \div 4) D$            | 0,52<br>1  | 0,98<br>0,71 | 0,51<br>0,71 |
| Конический сходящийся насадок                                                                  | При угле конусов $\theta$ , равном:      |            |              |              |
|                                                                                                | $\pi/90$                                 | 1          | 0,873        | 0,873        |
|                                                                                                | $\pi/60$                                 | 1          | 0,892        | 0,892        |
|                                                                                                | $\pi/45$                                 | 1          | 0,909        | 0,909        |
|                                                                                                | $\pi/36$                                 | 1          | 0,920        | 0,920        |
|                                                                                                | $\pi/30$                                 | 1          | 0,925        | 0,925        |
|                                                                                                | $\pi/18$                                 | 0,987      | 0,949        | 0,937        |
|                                                                                                | $\pi/15$                                 | 0,986      | 0,955        | 0,942        |
|                                                                                                | $\pi/6$                                  | 0,919      | 0,975        | 0,896        |
|                                                                                                | $\pi/4$                                  | 0,904      | 0,977        | 0,883        |
|                                                                                                | $\pi/5$                                  | 0,857      | 0,983        | 0,857        |
| Конoidalный насадок (по форме струи)                                                           | При полном затоплении                    | 1          | 0,947+       | 0,947+       |
|                                                                                                |                                          |            | 0,979        | 0,979        |
| Конически расходящийся насадок                                                                 | При угле конусности $\theta$ , равном:   |            |              |              |
|                                                                                                | $\pi/36$                                 | 1          | 0,475        | 0,475        |

Тогда время изменения уровня в сосуде с постоянным поперечным сечением  $\omega_1$  от  $H_1$  до  $H_2$  определяют по формуле

$$T = \frac{2\omega_1}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (126)$$

а время полного опорожнения сосуда (т. е. когда  $H_2 = 0$ ) по формуле

$$T = \frac{2\omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} H_1^{1/2} \quad (127)$$

Если истечение при переменном напоре происходит из одного призматического сосуда в другой под переменный уровень, то время, необходимое для частичного выравнивания уровней в этих сообщающихся сосудах от  $H_1$  до  $H_2$  (для сосуда, из которого происходит истечение жидкости), определяют по формуле

$$T = \frac{2\omega_1\omega_2(H_1^{1/2} - H_2^{1/2})}{(\omega_1 + \omega_2)\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (128)$$

а время, за которое жидкость в обоих сосудах установится на одном уровне ( $H = 0$ ), по формуле

$$T = \frac{2\omega_1\omega_2H_1^{1/2}}{\mu\omega\sqrt{2g}(\omega_1 + \omega_2)} \quad (129)$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — площади поперечного сечения соответственно сосуда, из которого происходит истечение жидкости, и сосуда, в который жидкость поступает, м<sup>2</sup>;  $H_1$  и  $H_2$  — напоры в первом сосуде до начала и в конце истечения, м;  $\mu$  — коэффициент расхода;  $\omega$  — площадь поперечного сечения отверстия, через которое происходит истечение жидкости, м<sup>2</sup>.

Истечение жидкости через насадки и короткие трубы можно считать, если к отверстию в тонкой стенке присоединен короткий (длиной  $l \leq (2 \div 4) D$ ) патрубок, через который жидкость движется без отрыва от стенок. Рассчитываются насадки и короткие трубы по тем же формулам, что и отверстия в тонкой стенке при соответствующих (приведенных в табл. 20) значениях коэффициентов скорости  $\varphi$ , сжатия струи  $\epsilon$  и расхода  $\mu$ .

Если жидкость истекает через малое отверстие в толстой стенке ( $\delta > 0,67H$ ) при соотношении ее толщины к диаметру в пределах  $\delta/D \geq 2 \div 4$  такое отверстие можно рассчитывать как короткую трубу, приняв в соответствии с этим значения коэффициентов  $\varphi$ ,  $\epsilon$  и  $\mu$ .

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

Вода, потребляемая на хозяйственно-питьевые нужды в производственных, вспомогательных, жилых и общественных зданиях, по качеству должна удовлетворять следующим требованиям ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая»:

### Бактериологические показатели

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды, не более                                                                                                                   | 100 |
| Количество бактерий группы кишечной палочки: определенное на плотной, аэктичной среде с применением концентраций бактерий на мембранных фильтрах и 1 л воды (под-лине), не более | 3   |
| при подсчете сред накопления коли-титр, не менее                                                                                                                                 | 300 |

### Показатели физических химических веществ

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Ваннадий ( $\text{V}^{5+}$ ), мг/л  | 0,0002 |
| Молибден ( $\text{Mo}^{6+}$ ), мг/л | 0,5    |
| Мышьяк ( $\text{As}^{3+}$ ), мг/л   | 0,05   |
| Нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ), мг/л   | 10     |
| Полихлориды, мг/л                   | 2      |
| Селен ( $\text{Se}^{6+}$ ), мг/л    | 0,1    |
| Селен ( $\text{Se}^{6+}$ ), мг/л    | 0,001  |
| Стронций ( $\text{Sr}^{2+}$ ), мг/л | 2      |
| Фтор ( $\text{F}^-$ ), мг/л:        |        |
| для I и II климатических районов    | 1,5    |
| « » для III                         | 1,2    |
| « » для IV                          | 0,7    |

|                                              |                         |
|----------------------------------------------|-------------------------|
| Уран (U) природный и уран 238 мг/л . . . . . | 1,7                     |
| Радий-226 (Ra), Км/л . . . . .               | 1,2 · 10 <sup>-10</sup> |
| Стронций-90 (Sr), Км/л . . . . .             | 4 · 10 <sup>-10</sup>   |

#### Физиологические показатели

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Запах при 20°С при подогревании воды до 60°С, баллы, не более                                                       | 2   |
| Примус при 20°С, баллы, не более                                                                                    | 2   |
| Цветность по платино-кобальтовой или индирующей шкале, град. не более                                               | 20  |
| Мутность по стандартной шкале, мг/л, не более                                                                       | 1,5 |
| По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы цветность воды может быть до 35°С                    |     |
| Вода не должна содержать различаемых невооруженным глазом водных организмов и не должна иметь на поверхности пленку |     |
| Специфические запахи и привкусы, появляющиеся при хлорировании, не должны превышать 1 балла                         |     |

#### Допустимые концентрации в воде химических веществ

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Сухой остаток, мг/л . . . . .                               | 1000 |
| Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/л . . . . .                  | 250  |
| Сульфаты (SO <sup>2-</sup> ), мг/л . . . . .                | 500  |
| Железо (Fe <sup>2+</sup> , 3 <sup>+</sup> ), мг/л . . . . . | 0,3  |
| Марганец (Mn <sup>2+</sup> ), мг/л . . . . .                | 0,1  |
| Медь (Cu <sup>2+</sup> ), мг/л . . . . .                    | 1    |
| Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л . . . . .                    | 5    |
| Остаточный алюминий (Al <sup>2+</sup> ), мг/л . . . . .     | 0,5  |
| Гексаметафосфат (PO <sub>4</sub> ), мг/л . . . . .          | 3,5  |
| Триполифосфат (PO <sub>4</sub> ), мг/л . . . . .            | 3,5  |
| Общая жесткость, мг-экв/л . . . . .                         | 7    |

**П р и м е ч а н и е:** Водородный показатель (рН) должен быть в пределах 6,5—8,5. По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы содержание сухого остатка допускается до 1500 мг/л; общая жесткость не должна превышать 10 мг · экв/л.

При использовании подземных вод без их обезжелезивания, по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, содержание железа в воде, поступающей в водопроводную сеть, допускается до 1 мг/л.

Согласно СНиП II-30-76 в населенных пунктах и на предприятиях, где источники питьевого водоснабжения не обеспечивают все нужды потребителей, при технико-экономическом обосновании допускается подводить воду непитьевого качества к писсуарам и смывным бачкам унитазов.

В целом ряде производственных и общественных зданий и сооружений к воде, потребляемой на технологические нужды, предъявляются более высокие требования, чем к воде, потребляемой на хозяйственно-питьевые нужды.

В спортивных бассейнах вода, подаваемая в ванны, должна иметь цветность не более 5 градусов, содержать до 1 мг/л взвешенных веществ и быть прозрачной на всю глубину ванны.

Цветность воды для многих производств (текстильной, бумажной, искусственно-волокна и др.) не должна превышать 15 град.

Наиболее важными показателями химического состава воды является жесткость, содержание железа и других химических соединений, вредных для технологии. Содержание взвешенных веществ в воде, используемой для производственных нужд, допускается не более 100 мг/л, а для ряда производств требуется вода высокой степени прозрачности и в каждом отдельном случае определяется требованиями технологии производства.

В централизованных системах горячего водоснабжения в зависимости от свойств исходной воды (жесткости, содержания кислорода и углекислоты, значения показателей рН или индекса насыщенности) и материала труб предусматривают мероприятия по защите от коррозии и накипобразования внутренних поверхностей трубопроводов и оборудования согласно приложению 2 СНиП II-34-76.

Опасность коррозии и зашламления зависит, в первую очередь, от временной (карбонатной) жесткости воды [25]. При мягких водах ( $J_{\text{к}} \leq 2 \frac{\text{мг} \cdot \text{экв}}{\text{л}}$ ) накипь и шлам в системе горячего водоснабжения, как правило, не выпадают, поэтому и нет необходимости оберегать установки от накипи и зашламления. При воде средней жесткости

( $2 \frac{\text{мг} \cdot \text{экв}}{\text{л}} < J_{\text{к}} < 4 \frac{\text{мг} \cdot \text{экв}}{\text{л}}$ ) в подогревателе и на внутренней поверхности

трубопровода образуется накипь в виде тонкой пленки, которая защищает от коррозии трубопроводы горячего водоснабжения, выполненные из черных стальных

труб. При воде повышенной жесткости ( $4 \frac{\text{мг} \cdot \text{экв}}{\text{л}} < J_{\text{к}} < 6 \frac{\text{мг} \cdot \text{экв}}{\text{л}}$ ) возникает

опасность зашламления системы, поэтому на центральных или местных тепловых пунктах устанавливают электромагнитные аппараты для обработки воды. В результате воздействия магнитного силового поля на воду снижается скорость выделения из воды накипи.

На пунктах приготовления горячей воды ее обрабатывают против коррозии, применяя дезаэрацию или ингибиторы коррозии (силикат натрия, магномассу и др.). Для отдельных зданий эту обработку не предусматривают, если прокладываемые трубопроводы будут доступны для ремонта.

Согласно СНиП II-34-76, температура горячей воды в местах водоразбора должна поддерживаться: в закрытых системах — не ниже 50 и не выше 75°С; в открытых — не ниже 60 и не выше 75°С.

## Глава 2. ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

### МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Для измерения расхода жидкости применяются различные типы счетчиков и расходомеров, основанные на использовании многих физических явлений.

Расход жидкости в панорных трубопроводах измеряется расходомерами: турбинными, переменного и постоянного перепада давления и другими расходомерными устройствами. Все они основаны на использовании следующих факторов:

турбинные — на зависимости частоты вращения устройства, установленного в трубопроводе, от величины расхода протекающей жидкости;

переменного перепада давления — на взаимосвязи расхода и перепада давления, создаваемого потоком при протекании через сужающие устройства, установленные в трубопроводе;

постоянного перепада давления — на зависимости перепада давления от динамического давления обтекающего его потока, от расхода протекающей жидкости;

расходомерные устройства — на перепаде давления, возникающего в изгибах труб и изменении местной скорости в поперечном сечении трубы, а также зависимости между расходом и основными величинами, характеризующими различные физические явления (теплопередача, изменение электромагнитного поля, ультразвуки и т. д.).

Расход жидкости безнапорных потоков в основном измеряется расходомерными устройствами переменного уровня, основанными на использовании взаимосвязи между уровнем перед водосливным устройством или отверстием и расходом при истечении жидкости через эти устройства.

Для выбора типа расходомера и места его установки необходимо иметь следующие исходные данные [14]:

- назначение объекта;
- минимальные и максимальные эксплуатационные расходы жидкости и график их колебаний (суточный и сезонный);
- избыточное давление или вакуум в трубопроводах объекта;
- требуемая точность измерения расхода;
- степень агрессивности воды или сточной жидкости и ее температура;
- чертежи коммуникаций трубопроводов объекта и прилегающих к нему подводящих и отводящих трубопроводов с указанием их диаметров, расположения фасонных частей и арматуры; планы и разрезы помещений, где можно установить измерительные приборы;
- тип насосных агрегатов (для насосных станций);
- режим отдельных трубопроводов объекта, возможность перерыва в их работе, длительность этих перерывов.

Кроме того, для оценки экономичности расходомеров надо располагать данными о стоимости электроэнергии, очередности ввода в эксплуатацию отдельных трубопроводов (зданий и сооружений).

Турбинные измерители расхода жидкости в своей группе расходомеров объединяют скоростные счетчики и турбинные расходомеры.

Скоростные счетчики жидкости широко применяются для учета количества воды, расходуемой отдельными небольшими потребителями (жи-

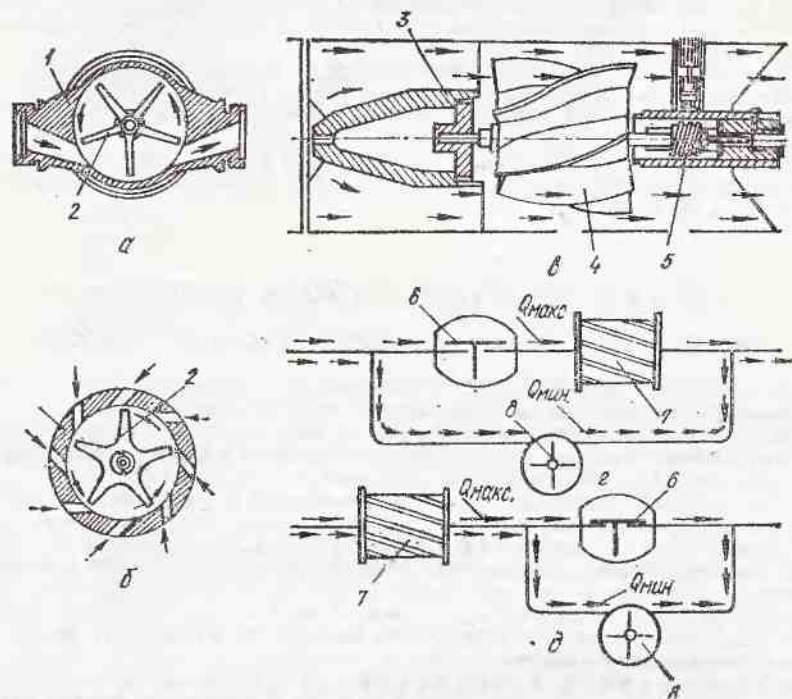


Рис. 6. Схемы движения жидкости в крыльчатых турбинных измерителях расхода воды:

а — в одноструйных крыльчатых счетчиках; б — то же, в многоструйных; в — в турбинном счетчике; г — при параллельном включении крыльчатых и турбинных счетчиков; д — то же, при последовательном включении; 1 — корпус; 2 — крыльчатка; 3 — струеуспокоитель; 4 — турбина; 5 — передаточный механизм; 6 — переключающий клапан; 7 — турбинный счетчик; 8 — крыльчатый счетчик.

лые и общественные здания, мелкие промышленные предприятия, отдельные цеха и т. п.). Принцип действия их основан на изменении числа оборотов крыльчатки или турбины, приводимых в движение струей, протекающей через счетчик жидкости. По конструкции скоростные счетчики делят на две группы: к р ы л ь ч а т ы е, ось вращения крыльчатки которых перпендикулярна направлению движения жидкости, и т у р б и н н ы е, у которых ось вращения турбины параллельна направлению движения жидкости.

Крыльчатые счетчики используют для учета количества воды, расходуемой в жилых зданиях, отдельных цехах и промышленных предприятиях, в качестве измерительных приборов парциальных водомеров. Выполнены они одноструйными и многоструйными (рис. 6, а, б). Кроме того, они подразделяются на так называемые сухоходы и мокроходы. У сухоходов счетный механизм отделен от редуктора водонепроницаемой перегородкой, а ось шестерни редуктора, соединяющая его со счетным механизмом, проходит через сальник. У мокроходов редуктор и счетный механизм выполнены в одном блоке, заполняемом водой.

По допустимой максимальной температуре воды крыльчатые счетчики подразделяются на счетчики холодной и горячей воды. Счетчики холодной воды предназначены для измерения расходов воды с температурой до 40° С, горячей воды — для измерения расходов воды с температурой до 90° С. В первом случае крыльчатка счетчиков выполняется из пластмассы, во втором — из латуни.

Изготавливают крыльчатые счетчики воды согласно требованиям ГОСТ 6019—73 «Счетчики холодной воды крыльчатые». Значения основных параметров этих счетчиков приведены в табл. 21.

Таблица 21. Основные параметры крыльчатых счетчиков холодной воды

| Основные параметры                                                        | Диаметр условного прохода мм |             |                 |                 |             |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|
|                                                                           | 15                           | 20          | 25              | 32              | 40          |
| Расход, м³/ч                                                              |                              |             |                 |                 |             |
| наименьший                                                                | 0,04                         | 0,06        | 0,08            | 0,105           | 0,17        |
| номинальный                                                               | 1                            | 1,6         | 2,2             | 3,2             | 6,3         |
| наибольший                                                                | 1,5                          | 2,5         | 3,5             | 5,0             | 10,0        |
| Порог чувствительности, м³/ч                                              | 0,018                        | 0,025       | 0,035           | 0,5             | 0,1         |
| Диапазон расходов, в котором относительная погрешность не более ±5%, м³/ч | 0,04—0,15                    | 0,06—0,25   | 0,08—0,35       | 0,105—0,5       | 0,17—1      |
| То же, не более ±2%, м³/ч                                                 | 0,15—1,5                     | 0,25—2,5    | 0,35—3,5        | 0,5—5           | 1—10        |
| Наибольшая эксплуатационная нагрузка по расходу воды за сутки, м³         | 10                           | 17          | 25              | 35              | 70          |
| Длина, мм:                                                                |                              |             |                 |                 |             |
| с присоединительными штуцерами                                            | 220                          | 250         | 280             | 300             | 330         |
| без штуцеров                                                              | 135                          | 150         | 180             | 180             | 200         |
| Резьба на корпусе для присоединения к трубопроводу:                       |                              |             |                 |                 |             |
| вход — выход                                                              | 1" — 1"                      | 1 1/2" — 1" | 1 1/2" — 1 1/4" | 1 3/4" — 1 1/4" | 2 1/4" — 2" |
| Сопротивление счетчика, м·с²/л²                                           | 13                           | 5,08        | 2,7             | 1,27            | 0,33        |

Одноструйные счетчики просты по конструкции, малогабаритны и имеют небольшую массу. Они менее требовательны к качеству измеряемой воды, чем многоструйные. Однако из-за неравномерного (одностороннего) давления на ось крыльчатки и опорные подшипники они быстро изнашиваются. В многоструйных крыльчатых счетчиках воды этот недостаток устранен, однако при засорении одного или нескольких направляющих отверстий имеют место погрешности измерений. Таким образом, многоструйные счетчики более чувствительны к загрязнению воды, чем одноструйные. Более сложны в изготовлении. Более распространенными являются одноструйные счетчики.

Турбинными счетчиками учитывают количество воды, расходуемой отдельными крупными зданиями, промышленными предприятиями и другими объектами со значительным потреблением воды, а также количество воды, подаваемой небольшими насосными станциями.

Основными частями турбинных счетчиков воды являются турбина с осью вращения, параллельной направлению движения воды (рис. 6, в), и расположенный по оси патрубок счетчик.

Выполняются счетчики диаметром условного прохода 50 и 80 мм с глухим (невывинчиваемым) механизмом, а диаметром условного прохода 100, 150, и 200 мм — как с глухими, так и с вывинчиваемыми механизмами.

Так же как и крыльчатые, турбинные счетчики воды предназначены для учета холодной (до 40° С) и горячей (до 90° С) воды, соответственно с турбиной из пластмассы и латуни.

Изготавливают турбинные счетчики согласно ГОСТ 14167—76\* «Счетчики холодной воды турбинные». Значения основных параметров этих счетчиков приведены в табл. 22.

Таблица 22. Основные параметры турбинных счетчиков воды

| Основные параметры                                                        | Диаметр условного прохода мм |                      |        |                      |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|--------|----------------------|
|                                                                           | 50                           | 80                   | 100    | 150                  |
| Расход, м³/ч                                                              |                              |                      |        |                      |
| наименьший                                                                | 1,6                          | 3                    | 4,5    | 7                    |
| наибольший                                                                | 15                           | 42                   | 70     | 150                  |
| Диапазон расходов, в котором относительная погрешность не более ±5%, м³/ч | 1,6—4                        | 3—10                 | 4,5—15 | 7—30                 |
| То же, не более 2%, м³/ч, до                                              | 30                           | 100                  | 150    | 300                  |
| Кратковременный (пиковый) расход (не более 1 ч в сутки), м³/ч             | 30                           | 84                   | 140    | 300                  |
| Наибольшая нагрузка по расходу за сутки, м³                               | 180                          | 500                  | 900    | 2000                 |
| Рабочее давление, МПа (кгс/см²)                                           | 1 (10)                       | 1 (10)               | 1 (10) | 1 (10)               |
| Расход при потере давления не более 0,01 МПа (0,1 кгс/см²), м³/с          | 20                           | 65                   | 110    | 275                  |
| Габаритные размеры, мм:                                                   |                              |                      |        |                      |
| длина                                                                     | 155                          | 205                  | 215    | 262                  |
| ширина                                                                    | 160                          | 200                  | 215    | 285                  |
| высота                                                                    | 200                          | 226                  | 265    | 304                  |
| Сопротивление счетчика, 0,032 м·с²/л²                                     | $2,37 \cdot 10^{-3}$         | $1,07 \cdot 10^{-7}$ |        | $1,71 \cdot 10^{-4}$ |
| Присоединения к трубопроводу                                              | Фланцевые, ГОСТ 1235—67      |                      |        |                      |

Пример условного обозначения счетчика с условным проходом 80 мм: ВТ-80, ГОСТ 14167—76\*.

Турбинные расходомеры отличаются от турбинных счетчиков только тем, что они состоят из нескольких блоков (первичный преобразователь, усилитель, вторичный прибор), число и тип которых зависят от назначения расходомера. Применяются они в системах водоснабжения в качестве измерительных приборов парциальных расходомеров при необходимости измерения больших колебаний расходов. Основные технологические характеристики турбинных расходомеров приведены в табл. 23.

Одним из основных узлов турбинных расходомеров, влияющим на выбор измерительной схемы и вторичного прибора, является преобразователь частоты вращения турбины в электрический сигнал. Различают несколько способов измерения частоты вращения турбины: механический, оптический, радиационный и электрический. Наиболее приемлемы электрические преобразователи различных конструкций.

Для измерения количества воды и при больших колебаниях расхода (1:100 и более) помимо турбинных расходомеров применяют так называемые комбинированные счетчики, сочетающие турбинные и крыльчатые счетчики с параллельным или последовательным их включением. При параллельном включении (рис. 6, а) вода при малых расходах измеряется только крыльчатым счетчиком, так как переключающий клапан перекрывает проход через турбинный счетчик. С увеличением расхода клапан открывается и тогда вода поступает и через турбинный счетчик, т. е. измеряется одновременно двумя счетчиками. При последовательном включении (см. рис. 6, б) вода при больших расходах проходит оба счетчика, но учитывается только крыльчатым счетчиком, так как величина расхода лежит до предела чувствительности турбинного счетчика. При увеличении расхода переключа-

Таблица 23. Основные технологические характеристики турбинных расходомеров

| Диаметр условного прохода, мм | Пределы измерений, м³/с |                   | Длина корпуса, мм | Частота вращения турбины, об/мин | Частота выходного сигнала |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|
|                               | Q <sub>мин</sub>        | Q <sub>макс</sub> |                   |                                  |                           |
| 4                             | 0,01                    | 0,036             | 80                | 15 000                           | 250±25                    |
| 8                             | 0,029                   | 0,15              | 20                | 15 000                           |                           |
| 10                            | 0,1                     | 0,58              | 70                | 10 000                           |                           |
| 12                            | 0,29                    | 1,5               | 70                | 1000                             |                           |
| 15                            | 0,44                    | 2,2               | 95                | 10 000                           |                           |
| 20                            | 0,90                    | 5,8               | 100               | 1000                             |                           |
| 25                            | 1,44                    | 14,4              | 110               | 5000                             |                           |
| 32                            | 1,8                     | 21,6              | 125               | 5000                             |                           |
| 40                            | 2,88                    | 36                | 140               | 5000                             |                           |
| 50                            | 4,32                    | 57,6              | 160               | 5000                             |                           |
| 60                            | 7,2                     | 90                | 180               | 5000                             | 500±50                    |
| 80                            | 10,8                    | 144               | 200               | 3750                             |                           |
| 100                           | 18                      | 216               | 225               | 3750                             |                           |
| 125                           | 21,6                    | 360               | 250               | 3000                             |                           |
| 150                           | 43,2                    | 576               | 260               | 3000                             |                           |
| 200                           | 72                      | 900               | 280               | 250                              |                           |

ющий клапан открывается, и количество воды учитывается в основном турбинным счетчиком.

Крыльчатые счетчики устанавливают так, чтобы плоскость циферблата была расположена горизонтально, цифрами вверх. Турбинные счетчики могут быть установлены на горизонтальных, вертикальных и наклонных участках трубопровода.

При монтаже счетчиков воды собирают так называемые водомерные узлы, в которые входит счетчик, вентили или задвижки и, если необходимо, то и фильтры. Примеры обвязки водомерных узлов приведены на рис. 13.

Подбирать скоростные счетчики воды следует по исходным данным объекта водоснабжения, техническим и гидравлическим характеристикам счетчиков-расходомеров, приведенным в таблицах 21, 23, а также с помощью графика, представленного на рис. 7 [15].

На логарифмической сетке графика по оси абсцисс отложены расходы, а по оси ординат — вычисляемые счетчиком потери напора; нанесены линии  $h_n = SQ^2$  для крыльчатых и турбинных счетчиков каждого условного прохода. На линиях  $h_n$  отложены значения наибольших и наименьших допустимых нагрузок счетчиков, которые соединены линиями AA и BB. Все расходы, лежащие между этими линиями, входят в рабочий диапазон измерений счетчика определенного калибра.

На оси абсцисс находят значение, соответствующее расчетному максимальному расходу, и проводят вертикаль до пересечения с линией наибольших допустимых нагрузок. Счетчик воды с параметрами, определяемыми линией, ближайшей справа от точки пересечения, будет удовлетворять условию  $Q_n \geq Q_p$ , т. е. номинальный расход счетчика  $Q_n$  больше или равен расчетному расходу. Если точка пересечения вертикали, соответствующей минимальному расчетному расходу  $Q_{мин}$  с линией  $h_n = SQ^2$  счетчика выбранного условного прохода, лежит выше линии наименьших нагрузок, то расходы  $Q_p$  и  $Q_{мин}$  входят в диапазон измерений выбранного счетчика. При этом следует иметь в виду, что суточный расход воды объекта, где установлен счетчик  $Q_{сут}$  должен быть меньше или равен наибольшей нагрузке счетчика по расходу воды за сутки  $Q_{н.сут}$ .

Для подбора счетчиков воды жилых зданий П. В. Лобачев и Ф. А. Шевелев предлагают очень простой и вместе с тем учитывающий особенности водопотребления (колебания расходов) этих объектов график, представленный на рис. 8.

Расходомеры переменного перепада давления состоят из трех основных элементов: сужающего устройства, дифференциального манометра,

измеряющего перепад давления, и соединительных линий с запорной и предохранительной арматурой. В качестве сужающих устройств этих расходомеров чаще всего применяют: диафрагмы, сопла, сопла Вентури и трубы Вентури (рис. 9).

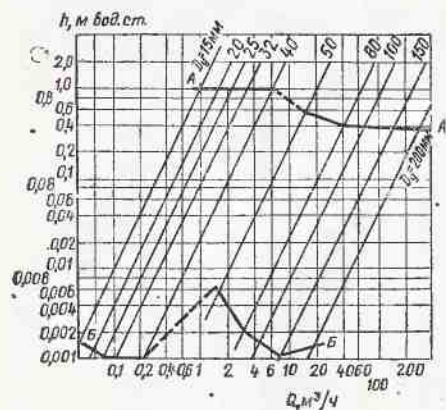


Рис. 7. График для подбора скоростных счетчиков воды.

Рис. 8. График для подбора скоростных счетчиков воды в жилых зданиях.

Сужающее устройство, установленное в трубопроводе, по которому протекает жидкость, создает местное сужение потока, в результате чего статическое давление в этом сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность (перепад) этих давлений зависит от скорости движения жидкости (следовательно, и от расхода), протекающей по трубопроводу.

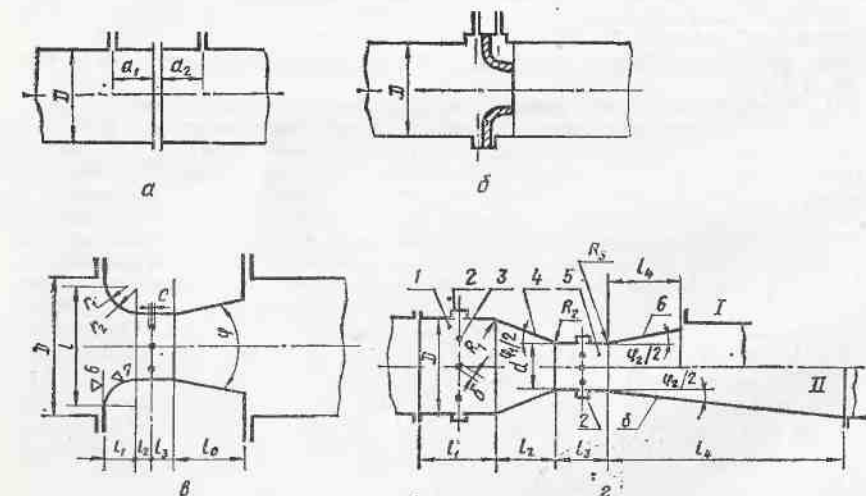


Рис. 9. Принципиальные схемы расходомеров переменного перепада давления: а — с диафрагмой; б — со стандартным соплом; в — с соплом Вентури; г — с укороченной трубой Вентури; д — с нормальной трубой Вентури; 1 — входной патрубок; 2 — кольцевая камера; 3 — отверстие для подбора давления; 4 — входной конус; 5 — горловина; 6 — диффузор.

Таблица 24. Конструктивные размеры труб Вентури

| Размер                                                   | Величина                                                                      |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Минимальная длина входного патрубку, $l_1$               | $1D$                                                                          |
| Длина входного конуса, $l_2$                             | По расчету                                                                    |
| Центральный угол входного конуса, $\varphi_1$            | $21^\circ$                                                                    |
| Диаметр горловины, $d$                                   | По расчету                                                                    |
| Длина горловины, $l_3$                                   | $1D$                                                                          |
| Радиусы закругления (лучше когда $R_1 = R_2 = R_3 = 0$ ) | $R_1 < 0,25D$ ; $R_2 = R_3 \leq 0,25d$                                        |
| Относительная площадь горловины $m = (d/D)^2$            | От 0,1 до 0,6                                                                 |
| Центральный угол диффузора, $\varphi$                    | Для укороченных труб $14-16^\circ$<br>Для нормальных труб $7-8^\circ$         |
| Длина диффузора, $l_4$                                   | Для укороченных труб $(0,7 \div 1) \cdot D$<br>Для нормальных труб по расчету |

Расход воды через сужающие устройства определяют по уравнению гидростатики (уравнение Бернулли), рассматривая сечение перед сужающим устройством и в месте наибольшего сужения струи, а также уравнение неразрывности потока.

Рабочая формула объемного расхода воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяемого расходомерами переменного перепада давления, при измерении перепада давления мембранными, силфонными и кольцевыми дифманометрами, имеет вид [15]:

$$Q = 0,01252ad^2 \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \quad (130)$$

или

$$Q = 0,01252amD^2 \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \quad (131)$$

где  $d$  — диаметр отверстия сужающего устройства, мм;  $D$  — внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством, мм;  $\Delta p$  — перепад давления,  $\text{кгс}/\text{м}^2$ , дословно в ГОСТ на манометры и качестве единицы перепада давления еще принят  $\text{кгс}/\text{м}^2$  ( $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$ );  $\rho$  — плотность измеряемой среды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $m$  — модуль сужающего устройства, равный отношению площадей отверстий сужающего устройства и трубы  $\omega_c/\omega_{\text{тр}}$ ;  $a$  — коэффициент расхода, величина которого в зависимости от типа сужения приведена в книге П. В. Лобачева и Ф. А. Шевелева [15].

Отметим, что диафрагмы можно применять только при измерении жидкости, не содержащей абразивных частиц, способных стачивать острые кромки их отверстий, так как от этого возникают большие и трудно учитываемые погрешности расходомеров. Их следует использовать на небольших водопроводных насосных станциях, на очистных водопроводных сооружениях, при измерении расходов артезианских вод (при отсутствии «пескования» скважин), в производственных установках, потребляющих чистую воду. Сопла, сопла Вентури и трубы Вентури следует применять для измерения расходов бытовых и производственных сточных вод, нефилътованной речной воды. Для измерения расхода жидкостей, несущих большое количество крупных взвешенных веществ, наиболее целесообразно применять расходомеры с трубой Вентури (ГОСТ 23720-79).

Трубы Вентури подразделяются в зависимости от длины диффузора на нормальные (с длинным диффузором) и укороченные (рис. 8).

В системах внутреннего водоснабжения могут использоваться трубы Вентури с обработанным входным патрубком, конусом и горловиной  $D_y$  от 50 до 250 мм. Соотношения основных размеров труб Вентури должны соответствовать приведенным в табл. 24 (см. рис. 9).

Устанавливают трубы Вентури на трубопроводе посредством разъемных соединений (фланцевые, муфтовые и т. п.). Давления в горловине и входном патрубке

измеряют через отверстие в стенках этих частей (см. рис. 9) в усредняющие камеры. Число отверстий зависит от диаметра трубы Вентури, но должно быть не менее четырех. Диаметр отверстий  $\delta$  должен быть в пределах  $4 \leq \delta \leq 15$  мм и, кроме того, не должен превышать значений  $0,1 D$  на входном патрубке и  $0,13$  на горловине. Отверстия с внутренней поверхности должны сопрягаться без заусенцев. Допускается радиус закругления кромки отверстий  $r \leq 0,1 \cdot \delta$ .

Таблица 25. Значение относительной длины диффузора и угла при его вершине в зависимости от величины  $m$

| Относительная площадь горловины $m$           | 0,1 | 0,1—0,2 | 0,2—0,3 | 0,3—0,4 | 0,4 |
|-----------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|-----|
| Относительная длина диффузора $l_4/D$         | 1   | 0,9     | 0,8     | 0,75    | 0,7 |
| Угол при вершине диффузора $\varphi_2$ , град | 14  | 15      | 15      | 16      | 16  |

Площадь поперечного сечения усредняющей камеры должна быть не менее половины суммарной площади отверстий. Внутренний диаметр входного патрубка не должен отличаться от внутреннего диаметра подводящего трубопровода более чем на  $0,01D$ . Меньший диаметр диффузора должен быть равен  $1,006 \cdot d$ . Длину короткого диффузора  $l_4$  и угол при его вершине следует принимать в зависимости от значения  $m$  по табл. 25.

Минимальные длины прямых участков перед трубами Вентури (в долях  $D$ ) следует принимать по табл. 26.

Таблица 26. Длины прямых участков перед трубами Вентури

| Относительная площадь диффузора $m$ | Задвижка полностью открыта | Отвод под 90° или тройник | Сужение (конфузор), конусность от 1:2 до 1:4 | Расширение (диффузор), конусность от 1:1,5 до 1:3 |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0,15                                | 2,5 (1,5)                  | 3 (1,5)                   | 0,5 (0,5)                                    | 7 (3,5)                                           |
| 0,2                                 | 3,5 (1,5)                  | 5 (2,5)                   | 1 (1,5)                                      | 8,5 (4)                                           |
| 0,25                                | 3,5 (1,5)                  | 6 (3)                     | 1,5 (0,5)                                    | 9 (4,5)                                           |
| 0,3                                 | 4,5 (2,5)                  | 7 (3,5)                   | 2 (1)                                        | 10 (5)                                            |
| 0,35                                | 4,5 (2,5)                  | 8,5 (4)                   | 2,5 (1)                                      | 11 (5,5)                                          |
| 0,4                                 | 4,5 (2,5)                  | 11 (5,5)                  | 3 (1,5)                                      | 13 (7)                                            |
| 0,5                                 | 5,5 (3,5)                  | 14 (8)                    | 7 (3)                                        | 15 (8)                                            |
| 0,6                                 | 6 (4)                      | 20 (13)                   | 12 (5)                                       | 20 (10)                                           |

Длины участков, приведенные в скобках, вызывают дополнительную погрешность 0,5%, которую необходимо арифметически складывать с погрешностью коэффициента истечения  $\sigma_c$ , изменяющегося от 1 до 2,5%.

После трубы Вентури длины прямых участков  $L$  (считая от плоскости, проходящей через оси отверстий для отбора давления в горловине) должны быть в соответствии с величиной  $m$ :

| $m$   | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $L/D$ | 5   | 6   | 6,5 | 7   | 7,5 | 8   |

Сокращение этих участков вдвое приводит к дополнительной погрешности 0,5%.

Трубы Вентури рассчитывают по методике, приведенной в «Правилах 28—64» для сопел Вентури. Для удобства проектирования устанавливают два унифицированных размера горловин труб Вентури на каждый условный проход независимо от типа трубы и длины диффузора. Диаметры горловин следует назначать так, чтобы соблюдалось следующее условие:  $m_1 \cong 0,2$  или  $m_2 \cong 0,4$ .

Значения верхних пределов измерений дифманометров-расходомеров, работающих в комплекте с трубами Вентури унифицированных размеров, приведены в табл. 27.

Плотность жидкости,  $\rho$ , расход которой измеряется при помощи труб Вентури, должна находиться в пределах 996—1004 кг/м³.

Расходомеры постоянного перепада давления относятся к расходомерам обтекания, основанным на зависимости перемещения тела, воспринимающего динамическое давление обтекающего его потока. Измерительный орган этих расходомеров — вертикально перемещающийся поплавок или клапан, изменяющий площадь проходного отверстия в зависимости от расхода таким образом, что перепад

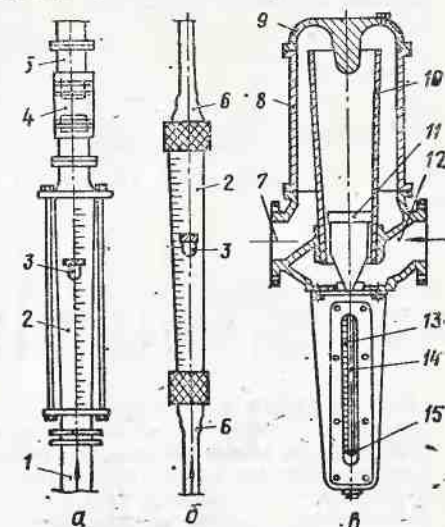


Рис. 10. Конструкции расходомеров постоянного перепада давления (ротаметров):

а — со стеклянной трубкой для измерения больших расходов; б — то же, для измерения малых расходов; в — с металлической трубкой и хвостовиком — указателем на поплавки; 1 — подводящий трубопровод; 2 — стеклянная коническая трубка; 3 — поплавки; 4 — эластичная соединительная вставка; 5 — отводящий трубопровод; 6 — ниппели для присоединения трубопроводов; 7 — выходной патрубок; 8 — металлический корпус; 9 — крышка корпуса; 10 — металлическая коническая трубка; 11 — поплавки; 12 — входной патрубок; 13 — шкала; 14 — хвостовик; 15 — указатель.

давления по обе его стороны остается постоянным. Наиболее распространенным расходомером постоянного перепада давления является ротаметр, измерительным органом которого является поплавки, перемещающийся внутри конической трубы (рис. 10).

Таблица 27. Показатели работы труб Вентури

| Номинальный предельный перепад давления дифманометра-расходомера, Па (кгс/м²) | Верхние пределы измерения расходомеров, м³/ч, для условных проходов трубопроводов $D_y$ , мм |      |     |     |     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
|                                                                               | 50                                                                                           | 80   | 100 | 125 | 150 | 200 |
| $m \cong 0,2$                                                                 |                                                                                              |      |     |     |     |     |
| 4000 (400)                                                                    | 4                                                                                            | 10   | 16  | 25  | 40  | 63  |
| 6300 (630)                                                                    | 5                                                                                            | 12,5 | 20  | 32  | 50  | 80  |
| 10 000 (1000)                                                                 | 6,3                                                                                          | 16   | 25  | 40  | 63  | 100 |
| 16 000 (1600)                                                                 | 8                                                                                            | 20   | 32  | 50  | 80  | 125 |
| 25 000 (2500)                                                                 | 10                                                                                           | 25   | 40  | 63  | 100 | 160 |
| 40 000 (4000)                                                                 | 12,5                                                                                         | 32   | 50  | 80  | 125 | 200 |
| 63 000 (6300)                                                                 | 16                                                                                           | 40   | 63  | 100 | 160 | 250 |
| $m \cong 0,4$                                                                 |                                                                                              |      |     |     |     |     |
| 4000 (400)                                                                    | 8                                                                                            | 20   | 32  | 50  | 80  | 125 |
| 6300 (630)                                                                    | 10                                                                                           | 25   | 40  | 63  | 100 | 160 |
| 10 000 (1000)                                                                 | 12,5                                                                                         | 32   | 50  | 80  | 125 | 200 |
| 16 000 (1600)                                                                 | 16                                                                                           | 40   | 63  | 100 | 160 | 250 |
| 25 000 (2500)                                                                 | 20                                                                                           | 50   | 80  | 125 | 200 | 320 |
| 40 000 (4000)                                                                 | 25                                                                                           | 63   | 100 | 160 | 250 | 400 |
| 63 000 (6300)                                                                 | 32                                                                                           | 80   | 125 | 200 | 320 | 500 |

Расход, измеряемый расходомерами постоянного перепада, в частности ротаметрами, зависит от многих переменных и установить его даже для каких-либо эталонных условий очень сложно. Поэтому при изготовлении ротаметров прибегают к экспериментальной их градуировке, нанося шкалу по высоте подъема поплавка при заданных значениях расхода, измеряемых другими расходомерами [15].

Таблица 28. Технические характеристики ротаметров

| Наименование показателей                                             | Ротаметры с трубкой |                     |                             |                                          |                  |                             |                                        |                            |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                                                                      | стеклянной          |                     |                             |                                          | металлической    |                             |                                        |                            |
|                                                                      | РС-3<br>РСС-3       | РС-3А               | РС-5<br>РСС-5               | РС-7<br>РСС-7                            | РЭ<br>3104       | РЭ<br>3101                  | РЭ<br>3101                             | РЭ<br>3102                 |
| Верхний предел измерения по воде, л/ч                                | 16;<br>32           | 2,5;<br>4,5;<br>6,3 | 100;<br>160;<br>250;<br>400 | 1000;<br>1250;<br>1600;<br>2500;<br>3000 | 20;<br>40;<br>63 | 100;<br>160;<br>250;<br>400 | 630;<br>1000;<br>1600;<br>2560<br>4000 | 6300;<br>10 000;<br>16 000 |
| Максимальное допустимое рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 0,6<br>(6)          | 0,5<br>(5)          | 0,6<br>(6)                  | 0,5<br>(5)                               | 6,4<br>(64)      | 6,4<br>(64)                 | 6,4<br>(64)                            | 1,6<br>(16)                |

По конструкции и материалу ротаметры бывают двух типов — со стеклянной и металлической трубкой. Наиболее распространены ротаметры со стеклянной трубкой, измеряющие малые расходы при относительно низких избыточных давлениях, а также применяемые в качестве измерительных приборов парциальных водометров. Основные технические данные ротаметров приведены в табл. 28.

Для измерения расхода при больших давлениях и при дистанционных измерениях используют ротаметры с металлическими трубками, которые в отличие от стеклянных,

Таблица 29. Технические характеристики электромагнитных расходомеров

| Диаметр условного прохода, мм | ИР-11, ИР-51                         |                                              |                         | 4РИ, 5РИ                             |                                              |                         |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
|                               | Пределы измерений, м <sup>3</sup> /ч | Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | Рабочая температура, °С | Пределы измерений, м <sup>3</sup> /ч | Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | Рабочая температура, °С |
| 10                            | 0,32—2,5                             | 2,5 (25)                                     | 70                      | —                                    | —                                            | —                       |
| 15                            | 0,8—6                                | 2,5 (25)                                     | 150                     | —                                    | —                                            | —                       |
| 25                            | 2—16                                 | 1 (10)                                       | 150                     | —                                    | —                                            | —                       |
| 50                            | 8—60                                 | —                                            | —                       | 10—25                                | 2,5 (25)                                     | 5—50                    |
| 70                            | —                                    | —                                            | —                       | 16—40                                | 2,5 (25)                                     | 5—50                    |
| 80                            | 20—160                               | 2,5 (25)                                     | 70                      | 25—63                                | 2,5 (25)                                     | 5—50                    |
| 100                           | 32—250                               | 2,5 (25)                                     | 150                     | 40—100                               | 0,6 (6)                                      | 5—120                   |
| 125                           | —                                    | —                                            | —                       | 63—160                               | 0,6 (6)                                      | 5—120                   |
| 150                           | 80—600                               | 1 (10)                                       | 150                     | 100—250                              | 0,6 (6)                                      | 5—120                   |
| 200                           | 125—1000                             | 2,5 (25)                                     | 70                      | 160—400                              | 0,6 (6)                                      | 5—120                   |
| 300                           | 320—250                              | —                                            | —                       | —                                    | —                                            | —                       |
| 400                           | —                                    | —                                            | —                       | 400—1250                             | 1 (10)                                       | 5—70                    |

устанавливаемых только в вертикальном положении на вертикальном трубопроводе, можно устанавливать на горизонтальном трубопроводе. Кроме того, рабочим органом металлических ротаметров может служить хвостовик-указатель на поплавке или конический поплавок, на котором укреплен шток с плунжером индукционной катушки. Такие ротаметры комплектуются вторичными приборами дифференциально-транспортной системы и применяются в основном при дистанционном измерении расходов и управлении системой водоснабжения.

Электромагнитные расходомеры основаны на изменении ЭДС индуктируемой в потоке электропроводной жидкости, пересекающем магнитное поле. Устраивают их с постоянным и переменным магнитным полем. Более распространены расходомеры с электромагнитами, питаемыми переменным током, так как при постоянном магнитном поле поляризация электродов вызывает быстрое изменение сопротивления датчика и, следовательно, неточность показаний.

Состоят электромагнитные расходомеры из первичного преобразователя (датчика), измерительного блока, линий связи, иногда с дополнительными блоками в виде счетной приставки и т. д. Выпускают их двух серий — ИР и РИ; предназначаются они для измерения расходов жидкостей с удельной электропроводностью  $10^{-3} \div 10$  См/м. Основные технические характеристики расходомеров, указанных серий приведены в табл. 29.

По сравнению с другими измерителями расхода электромагнитные расходомеры обладают рядом существенных преимуществ: они имеют большой диапазон измерений (до 1 : 1000); не требуют сужения или искажения потока; позволяют измерять расход агрессивных и взвесе-

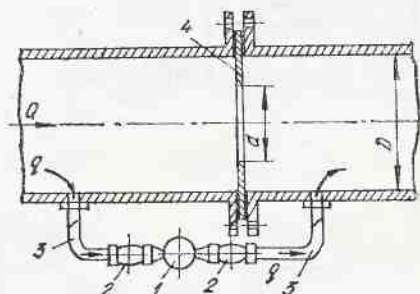


Рис. 11. Схема парциального расходомера с диафрагмой:

1 — крыльчатый или турбинный счетчик; 2 — краны; 3 — шунт; 4 — диафрагма.

песущих жидкостей; обладают весьма малой инерционностью; требуют небольших затрат энергии. Вместе с тем эти расходомеры сложны по устройству, имеют относительно высокую стоимость и не могут измерять расход жидкостей с малой электропроводностью.

Парциальные расходомеры и счетчики основаны на принципе измерения расхода части основного потока жидкости в ответвлении от трубопровода. При этом соотношение между расходами в основном трубопроводе и ответвлении должно быть постоянным на всем диапазоне измерений. Движение жидкости в ответвлениях этих устройств по измерению расхода обеспечивается перепадом давления, создаваемого сужающим устройством, местным сопротивлением, скоростным напором или обтеканием тела движущимся потоком.

Наиболее распространены парциальные расходомеры и счетчики с сужающими устройствами. В качестве сужающего устройства парциальных водометров чаще всего применяется диафрагма. Такие расходомеры состоят из: сужающего устройства, установленного в основном трубопроводе, обводного трубопровода (ответвления), расходомера или счетчика жидкости, установленного на ответвлении (рис. 11).

Парциальные расходомеры учитывают расход воды в трубопроводах больших диаметров простыми недорогими устройствами. В то же время они менее точны по сравнению с другими и могут быть использованы только для измерения расходов достаточно чистых вод.

По типу прибора, учитывающего расход воды в ответвлении, парциальные расходомеры подразделяются на: парциальные счетчики с крыльчатым или турбинным счетчиком; парциальные расходомеры с турбинным расходомером; электромагнитными расходомерами, с ротаметрами.

Устанавливают парциальные расходомеры на водопроводных станциях, промышленных предприятиях в тех случаях, когда применение расходомеров других типов нецелесообразно или технически невозможно (вследствие малых площадей и т. д.).

Расход жидкости, протекающей по основному трубопроводу  $Q$  при известном расходе, протекающем по ответвлению  $q$ , может быть определен по зависимости

$$Q = A a d^2 \sqrt{\frac{S q^2}{\rho}}, \quad (132)$$

где  $A$  — постоянный множитель, зависящий от соотношения размеров основного трубопровода и ответвления;  $a$  — коэффициент расхода, учитывающий конструкцию сужающего устройства или сопротивления, условия протекания жидкости через

них и т. д.;  $Sq^2$  — величина потери напора в ответвлении, м;  $d$  — диаметр сужающего устройства, м.

Как видно из формулы (132), величина основного расхода в трубопроводе зависит от многих факторов, которые требуют учета в конкретных условиях. Поэтому градуировка парциальных расходомеров чаще всего производится на месте их установки, а расчет — с помощью номограммы [14].

Для учета воды, подаваемой на объект по безнапорным трубопроводам, а также для учета использованных вод при их подаче на объектные сооружения или при сбросе их в водоем используют, чаще всего, расходомеры переменного уровня.

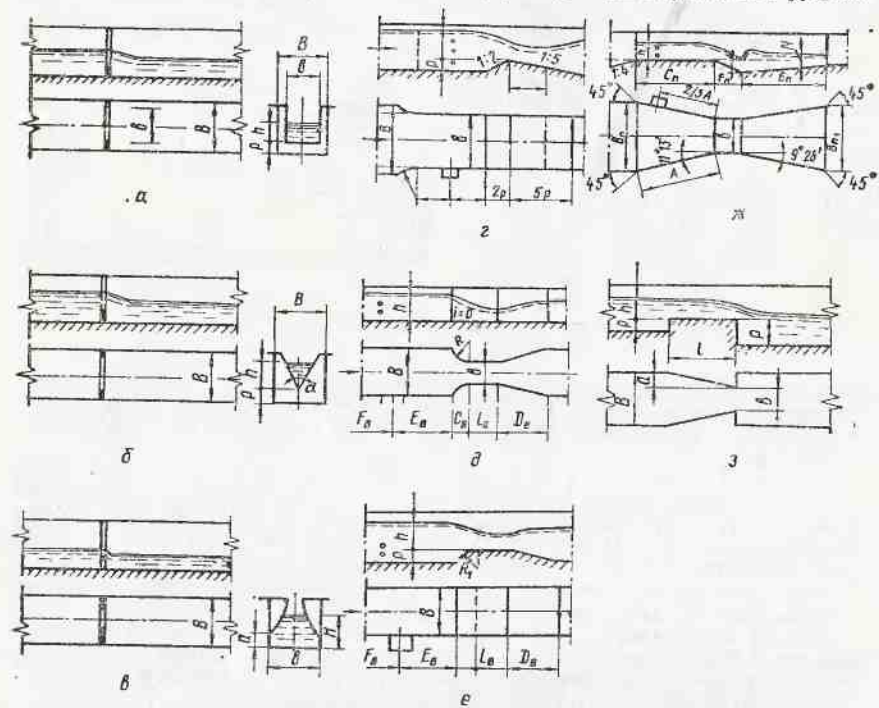


Рис. 12. Схемы расходомеров переменного уровня для измерения расхода жидкости открытых потоков:

а — прямоугольный водослив с тонкой стенкой; б — тонкостенный водослив с треугольным вырезом; в — пропорциональный водослив; г — водослив с порогом треугольного профиля; д — лоток Вентури с боковым сжатием; е — то же, с донным порогом; ж — лоток Паршалля; з — лоток конструкции САННИИРИ.  
 $E_B = (3 \div 4) h_{\max}$ ;  $l_B \geq 1,5 h_{\max}$ ;  $D_B = 3/B - \sigma$ ;  $P_B = 2(B - \sigma)$ ;  $C_B = 1,32(B - \sigma)$ ;  $\Gamma_B = (6 \dots 8) B$ ;  $B_B = 1,2 \text{ в} + 0,48 \text{ м}$ ;  $B_3 = \text{в} + 3 \text{ м}$ ;  $C_B = 0,5 \text{ в} + 0,12 \text{ м}$ ;  $F_B = 0,6 \text{ м}$ ;  $l_B = 0,9 \text{ м}$ ;  $K_B = 0,25 \text{ м}$ ;  $N = 0,075 \text{ м}$ ;

Расходомеры переменного уровня основаны на принципе зависимости расхода от уровня жидкости перед препятствием или сужением в канале. Состоят эти расходомеры из сужающего устройства, прибора для измерения уровня и вспомогательных устройств, предназначенных для наиболее точного измерения уровня жидкости (успокоительные колодцы, ниша, соединительные линии и т. д.).

Основной частью расходомеров переменного уровня являются устройства: водосливы с порогом треугольного профиля, измерительные лотки (Вентури, Паршалля, САННИИРИ и др.), водосливы с тонкой стенкой (прямоугольные, треугольные; трапециевидные); функциональные водосливы с тонкой стенкой (пропорциональные, параболические и др.), а также щели и отверстия в тонкой стенке. Из перечисленных сужающих устройств для измерения расхода сточных вод (за исключением вод,

несущих большое количество тяжелых механических примесей) более всего пригодны лотки Вентури и Паршалля, а также лотки без порога (с плоским дном). Водосливы с порогом треугольного профиля также можно применять для измерения расхода взвешенных жидкостей, за исключением тех, которые несут тяжелые взвеси, способные оседать перед порогом водослива. Пропорциональные водосливы пригодны для измерения расхода любых жидкостей при условии надлежащего выбора материала для стенок водослива. Все остальные сужающие устройства расходомеров переменного уровня пригодны для измерения расхода относительно чистых вод.

Расходомеры с прямоугольными водосливами с тонкой стенкой (рис. 12, а) чаще всего применяются для учета относительно чистой воды, протекающей по прямоугольным каналам. Бывают они двух основных типов: с боковым сжатием (когда  $b < B$ ) и без бокового сжатия (когда  $b = B$ ). Стенки мерного водослива должны быть из не корродирующего в измеряемой жидкости материала. Верхняя грань стенки должна быть гладкой, строго горизонтальной, толщиной 1—2 мм. Боковые грани — строго вертикальные. Высота порога  $p \geq 100 \text{ мм}$ , ширина прямоугольного выреза  $b \geq 150 \text{ мм}$ , минимальное значение  $h = 30 \text{ мм}$ , а максимальное  $h = 2p$ . В водосливах без бокового сжатия должен быть обеспечен подвод воздуха под струю путем устройства специального отверстия в боковой стенке или специальной трубки.

Расчетная формула расходомеров с прямоугольным водосливом с тонкой стенкой имеет вид [1, 3, 15]

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{3/2}, \quad (133)$$

или

$$Q = mb \sqrt{2g} H^{3/2}, \quad (134)$$

где  $m_0$  — коэффициент расхода, зависящий от скорости подхода потока к водосливу;  $m$  — то же без учета скорости подхода;  $b$  — ширина горизонтального выреза водослива;  $H$  — напор над водосливом без учета скорости подхода;  $H_0$  — то же, с учетом скорости подхода;

$$H_0 = H + \frac{\alpha V^2}{2g}. \quad (135)$$

Коэффициенты расхода  $m$  и  $m_0$  определяют на основании обобщения опытных данных по формулам (размеры в м):

Патена

$$m = 0,405 + \frac{0,003}{H}; \quad (136)$$

Патена для водосливов без бокового сжатия

$$m_0 = \left( 0,405 + \frac{0,003}{H} \right) \left[ 1 + 0,55 \frac{H^2}{(H+p)^2} \right]; \quad (137)$$

Элли для водосливов с боковым сжатием

$$m_0 = \left( 0,405 + \frac{0,0027}{H} - 0,03 \frac{B-b}{B} \right) \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{H}{H+p} \right) \frac{b^2}{B^2} \right], \quad (138)$$

где  $B$  — ширина подводимого канала.

Расходомеры с треугольным водосливом представляют собой вертикальную стенку с треугольным вырезом (рис. 12, б). Правила устройства и установки таких водосливов те же, что и прямоугольных. Основное уравнение расхода, м<sup>3</sup>/ч, через такой водослив имеет вид [14]

$$Q = 8500m \sqrt{2g} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} H_0, \quad (139)$$

где  $m$  — коэффициент расхода;  $\alpha$  — центральный угол выреза;  $H_0$  — напор перед водосливом, м.

Коэффициент расхода  $m$  зависит от угла  $\alpha$  следующим образом:

$$\begin{array}{cccccc} \alpha \dots & 30 & 45 & 60 & 90 & 120 \\ m \dots & 0,587 & 0,580 & 0,577 & 0,578 & 0,587 \end{array}$$

Чаще всего треугольные водосливы делают с углом  $\alpha = 90^\circ$ .

Расходомеры с пропорциональным водосливом являются примером функциональных водосливов, у которых форма кривых, очерчивающих боковые грани выреза в тонкой стенке, определяют зависимость  $Q = f(H)$  (рис. 12, е).

По данным Г. В. Железнякова, боковые стенки пропорционального водослива (рис. 12, е) должны быть очерчены по кривой, удовлетворяющей уравнению

$$b\sqrt{H} = \frac{k}{m\sqrt{2g}} = \text{const}, \quad (140)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности, определяемый, обычно, путем тарирования водослива.

При условии, удовлетворяющем уравнению (140), расход водослива будет пропорционален напору, т. е.

$$Q = kH. \quad (141)$$

Перепад уровней для пропорциональных водосливов должен быть не менее  $0,5H$ , т. е.  $H_{\text{бб}} \geq 1,5H_{\text{нб}}$  [15].

Расходомеры с водосливами с порогом треугольного профиля — одни из самых простых водомерных устройств, которые можно использовать и для измерения расходов сточных вод (рис. 12, з).

Предельные значения основных размеров водослива и потока должны быть следующими:  $H_{\text{мин}} = 0,05$  м;  $p_{\text{мин}} = 0,1$  м;  $b_{\text{мин}} = 0,3$  м;  $H/p \leq 3$ ;  $b/H \geq 2$ . Максимальную ширину гребня водослива рекомендуется делать не более 7,5 м, а напор при этом не должен превышать 2,25 м [15].

Расход через водослив с порогом треугольного профиля при  $H \geq 0,06$  м может быть определен по формуле

$$Q = 0,626m_0\sqrt{2g}BH^{3/2}, \quad (142)$$

где  $m_0$  — коэффициент скорости подхода, зависящий от соотношения напора на водосливе  $H$  и напора в подводящем канале  $H + p$ :

$$\frac{H}{H+p} \dots 0,2 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,5 \quad 0,6 \quad 0,7$$

$$m_0 \dots 0,23 \quad 0,65 \quad 1,06 \quad 1,08 \quad 1,14 \quad 1,22$$

$B$  — ширина подводящего канала;  $H$  — напор на гребне водослива.

Расходомеры с лотками Вентури представляют собой сооружения, вызывающие сжатие потока и перепад уровней воды. Расход измеряют при критической скорости в горловине, т. е. когда расход зависит только от уровня воды в верхнем бьефе (при соотношении  $H \geq 1,25H_{\text{нб}}$ ). Выполняют лотки Вентури разнообразной конструкции и профиля (для каналов прямоугольного, трапецидального, U-образного поперечного сечения, с боковым сжатием, с донным порогом, с боковым сжатием и с донным порогом).

Наиболее распространены лотки Вентури для каналов прямоугольного поперечного сечения с боковым сжатием (рис. 12, д).

Основное уравнение расхода для лотка Вентури имеет вид

$$Q = mm_0b\sqrt{2g}H^{3/2}, \quad (143)$$

где  $m$  — коэффициент расхода, зависящий от соотношения  $b/B$  и  $H/t$  и изменяющийся в пределах от 0,992 до 0,885 (см. подробно в книге П. В. Лобачева и Ф. А. Шевелева [15]);  $m_0$  — коэффициент скорости подхода (см. там же);  $b$  — ширина горловины лотка;  $H$  — напор на гребне водослива.

Расходомерами с лотками Паршалля (рис. 12, е) можно измерять расход сточных вод. Так же как и расходомеры с лотками Вентури они представляют собой сооружения, вызывающие сжатие потока и перепад уровня воды.

Расчетная формула расхода,  $\text{м}^3/\text{с}$ , измеряемого лотком Паршалля, имеет вид [15]

$$Q = 0,372b\left(\frac{H}{0,305}\right)^a, \quad (144)$$

где  $b$  — ширина горловины лотка;  $H$  — уровень в измеряемом створе, м;  $a$  — показатель степени, равный  $1,596b^{0,026}$ .

## ВЫБОР И РАСЧЕТ СЧЕТЧИКОВ

Тип водосчетчика подбирают по расходу в сутки максимального водопотребления  $Q_{\text{макс.сут}}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , например, для жилого здания расход определяется по формуле

$$Q_{\text{макс.сут}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{общ}} \cdot U_{\text{ж}}}{1000}, \quad (145)$$

где  $Q_{\text{сут}}^{\text{общ}}$  — норма водопотребления,  $\text{л}/\text{сут}$ , на одного человека, принимаемая по табл. 2 СНиП [18];  $U_{\text{ж}}$  — общее число жителей в здании. Допускается принимать число жителей, равным числу приборов в здании.

Величина  $Q_{\text{макс.сут}}$  должна быть меньше или равной наибольшей эксплуатационной нагрузке счетчика по расходу воды за сутки. При этом средний часовой расход, допускаемый при длительной эксплуатации счетчика, не должен быть больше 4%-ного максимального суточного расхода воды. В тех случаях, когда продолжительность работы счетчиков в сутки меньше 24 ч, значения средних часовых расходов воды следует увеличивать на величину, равную отношению 24 ч к фактическому числу работы счетчика.

После подбора счетчика по максимальному суточному расходу определяют потери напора  $h_{\text{сч}}$  в счетчике:

$$h_{\text{сч}} = S \cdot q^2, \quad (146)$$

где  $S$  — сопротивление счетчика,  $\text{м} \cdot \text{с}^2/\text{л}^2$ , принимаемое по таблицам 21 и 22;  $q$  — расчетный расход воды,  $\text{л}/\text{с}$ .

Потери напора при пропуске расчетного расхода на хозяйственно-питьевые и производственные нужды допускается принимать не более: в крыльчатых счетчиках 2,5 м, в турбинных — 1 м и соответственно при пожаротушении — 5 и 2,5 м.

Если потери в счетчике окажутся меньше 25% допустимых значений, то необходимо проверить возможность установки счетчика меньшего калибра, чтобы он мог учитывать малые расходы воды.

При среднем расходе воды в здании менее  $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$  счетчики можно не устанавливать.

## ВОДОМЕРНЫЕ УЗЛЫ

Счетчики воды, как правило, надлежит устанавливать в зданиях за наружной стеной в удобном и легкодоступном помещении с искусственным или естественным освещением, с температурой не ниже  $2^\circ \text{C}$ . Если это невозможно, допускается установка их вне здания в специальных колодах.

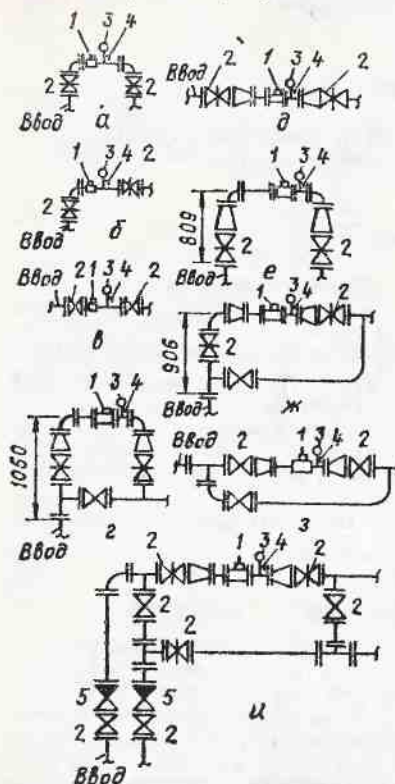
С каждой стороны счетчика предусматривают задвижки или вентили и прямые участки трубопроводов длиной не менее 8 и 3 диаметров трубы соответственно до и после счетчика. Между счетчиком и вторым (по движению воды) вентилем или задвижкой устанавливают спускной кран, который может служить и в качестве контроля точности показателей счетчика. Диаметр спускного крана следует принимать для крыльчатых водомеров 15, для турбинных — 20 мм.

Диаметр счетчика обычно меньше диаметра трубопровода, что приводит к необходимости установки переходных патрубков, однако в случаях, обоснованных гидравлическим расчетом, допускается установка счетчика одного диаметра с трубопроводом.

С целью снижения гидравлических сопротивлений при прохождении воды через водомерные узлы переходные патрубки рекомендуется устанавливать между счетчи-

ками и задвижками или вентилями, а также избегать установки лишних отводов и фасонных частей. Примеры обвязки водомерных узлов показаны на рис. 13.

Крыльчатые счетчики соединяют муфтами или фланцами, для чего в водомер вкручивают патрубки соответственно с резьбой или фланцем на противоположном конце. Устанавливают их только горизонтально. Турбинные счетчики с трубопроводами соединяют фланцами, а устанавливают их горизонтально, под наклоном и вертикально (при движении воды снизу вверх).



Для удобства проектирования водомерных узлов ГПИ Сантехпромом и Киевпроект разработаны рабочие чертежи типовых узлов для водопроводных вводов от 50 до 300 мм включительно. В них предусмотрено применение счетчиков холодной воды крыльчатого типа калибром 15—40 мм и турбинных диаметром 50—150 мм.

Если в здание проложен один ввод и счетчик не рассчитан на пропуск расхода при пожаротушении, необходимо устройство обводной линии, которая должна рассчитываться на пропуск максимального (с учетом противопожарного) расхода воды.

На обводной линии должна предусматриваться задвижка, запломбированная в обычное время в закрытом положении. Если счетчики не рассчитаны на пропуск максимальных расходов воды при пожаре, на обводной линии устанавливают электрозадвижки, открывающиеся автоматически одновременно с пуском пожарных насосов, а при достаточном давлении в сети — от кнопок, установленных у пожарных кранов или других автоматических устройств, обеспечивающих пропуск противопо-

Рис. 13. Схемы обвязки водомерных узлов: а, б, в, г, е, — без обводных линий; а, ж, з — с обводными линиями; и — с обводной линией и двумя вводами; 1 — счетчик воды; 2 — задвижка или вентиль; 3 — манометр; 4 — спускной кран; 5 — обратный клапан.

пожарных расходов воды. Обводные линии не устраиваются, если расходы измеряют при помощи диафрагм, сопел или труб Вентури [22].

## Раздел второй ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### Глава 3. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

#### ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Внутренним водопроводом является система трубопроводов и устройств, обеспечивающих подачу воды к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию, обслуживающая одно или несколько зданий или со-

оружений и имеющая общее водоизмерительное устройство от сети водопровода населенного пункта или промышленного предприятия.

В случае подачи воды из системы на наружное пожаротушение, ее проектируют согласно рекомендациям СНиП II-31-74.

Систему внутренних водопроводов производственных и вспомогательных зданий выбирают в зависимости от технико-экономической целесообразности, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, а также с учетом принятой системы наружного водопровода и требований технологии производства [18].

Не допускается соединять сети хозяйственно-питьевого водопровода с сетями водопроводов, подающих воду непитьевого качества.

Производственные системы водопровода следует проектировать для подачи воды, удовлетворяющей технологическим требованиям и не вызывающей коррозии трубопроводов и аппаратуры, отложения солей и биологического обрастания труб и аппаратов. В зданиях, в зависимости от их назначения, применяют следующие системы водопроводов:

объединенный: хозяйственно-питьевой, производственный и противопожарный; хозяйственно-питьевой и противопожарный; производственный и противопожарный; раздельный: хозяйственно-питьевой; противопожарный; производственный.

Объединенный хозяйственно-питьевой, производственный и противопожарный водопровод применяют в следующих случаях:

на предприятиях, где на производственные нужды требуется вода питьевого качества (предприятия пищевой промышленности, заводы медикаментов и т. д.) и устройство отдельного противопожарного водопровода экономически нецелесообразно; при отсутствии или малой потребности воды на производственные нужды;

при наличии на промышленной площадке только хозяйственного источника водоснабжения от централизованного городского водопровода или из подземных вод питьевого качества.

В соответствии со СНиП II-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением, как правило, не допускается. В районах, где необходимы поверхностные водные источники отсутствуют и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, с разрешения органов по регулированию использования и охране вод разрешается использование этих вод для целей производственного водоснабжения.

Объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод применяют при отсутствии потребности воды на производственные нужды или при наличии производственного водоснабжения из источника водоснабжения непитьевого качества, а также если хозяйственно-питьевой водопровод может обеспечить противопожарные нужды.

Объединенный производственный и противопожарный водопровод предусматривается при невозможности подачи воды на противопожарные и производственные нужды из наружного хозяйственно-питьевого водопровода из-за его недостаточной мощности.

Раздельные хозяйственно-питьевые, противопожарные и производственные системы водоснабжения используются на промышленных предприятиях, категория производства которых является особо опасной в пожарном отношении и требует устройства специальной автоматической системы пожаротушения, где воду на производственные нужды берут из источников водоснабжения непитьевого качества или же по технологии производства требуется специальная водоподготовка (умягчение, обезжелезивание, охлаждение и т. д.).

В зависимости от технологии производства на промышленных предприятиях применяют системы водоснабжения: прямоточную, повторного использования и оборотного водоснабжения.

При прямоточной системе воду используют один раз, а затем она сбрасывается в канализацию.

Прямоточные системы могут быть кольцевые или тупиковые; тупиковые применяют в производственных водопроводах в том случае, когда допускается перерыв подачи воды на производственные нужды.

Кольцевые водопроводные сети проектируют для хозяйственно-противопожарного или производственно-противопожарного водоснабжения при установке более 12 пожарных кранов, а также если производственное оборудование требует

непрерывной подачи воды. Кольцевые сети должны иметь не менее двух вводов.

Система повторного использования воды применяется на тех предприятиях, где после использования в одном производственном процессе ее можно употреблять на другие технологические нужды. Например, водоснабжение теплоэлектростанций, где нагретая вода после охлаждения конденсата используется в водонагревателях для приготовления горячей воды, потребляемой на различные нужды.

Системы оборотного водоснабжения используются для водоснабжения охлаждательных устройств технологических растворов, продукции и оборудования, гидротранспорта продуктов и сырья и т. д.

Системы оборотного водоснабжения состоят из подающей и обратной сетей, циркуляционных насосов и охлаждающего устройства; они могут быть как в самом здании так и вне его.

Для систем оборотного водоснабжения небольшой производительности целесообразно применять компактные металлические, пленочные вентиляторные градирни заводского изготовления типа ГПВ (табл. 30), которые могут устанавливаться в здании и на открытом воздухе.

При значительной производительности оборотной системы водоснабжения, охлаждательные сооружения устанавливают вне здания.

Тип и размеры охладителей принимаются с учетом следующих факторов [19]: расчетных расходов воды или количества тепла, получаемого от охлаждаемых продуктов и аппаратов;

расчетной температуры охлажденной воды, перепада температур воды в системе и требований технологического процесса к устойчивости охладительного эффекта; режима работы охладителей (постоянный или периодический);

Таблица 30. Техническая характеристика градирни

| Показатели                                           | Единица измерения | ГПВ-20м | ГПВ-40м   | ГПВ 80    | ГПВ-160   |
|------------------------------------------------------|-------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Тепловая нагрузка                                    | ккал/ч            | 20 000  | 40 000    | 80 000    | 160 000   |
| Количество циркулирующей воды                        | м <sup>3</sup> /ч | 4       | 8         | 16        | 32        |
| Расход свежей воды                                   | л/ч               | 40      | 80        | 160       | 320       |
| Охлаждение воды                                      | °С                | 5       | 5         | 5         | 5         |
| Производительность по воздуху                        | м <sup>3</sup> /ч | 4000    | 8000      | 16 000    | 32 000    |
| Сопротивление прохождению воздуха                    | мм вод. ст.       | 14      | 14        | 16        | 16        |
| Мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора | кВт               | 0,76    | 1,2       | 1,85      | 3,7       |
| Вентилятор осевой: диаметр крыльчатки                | мм                | 600     | 800       | 1000      | 1200      |
| скорость вращения                                    | об/мин            | 1400    | 950       | 950       | 720       |
| Форсунки водораспределителя: диаметр                 | мм                | 8       | 5         | 8         | 8         |
| количество                                           | шт.               | 1       | 4         | 4         | 9         |
| Размеры градирни: основание                          | мм                | 848×848 | 1178×1178 | 1580×1580 | 2212×2244 |
| корпус                                               | мм                | 660×736 | 990×1066  | 1320×1420 | 2080×2080 |
| высота                                               | мм                | 1600    | 1780      | 2200      | 2520      |
| Фронтальное сечение                                  | м <sup>2</sup>    | 0,44    | 0,96      | 1,88      | 4,35      |
| Масса                                                | кг                | 232     | 328       | 689       | 1264      |

Примечание. Градирни ГПВ-20м и ГПВ-40м изготавливает Харьковский механический завод; ГПВ-80 и ГПВ-160 — Харьковский механический и опытный завод ВНИИХ.

инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки расположения охладителей;

количества и стоимости воды для восполнения потерь в системе оборотного водоснабжения.

Исходя из указанных условий для охлаждения воды используют пруды-охладители; брызгальные бассейны и башенные или вентиляторные градирни.

Рассчитывают охладители в соответствии со СНиП II-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Системы оборотного водоснабжения, как правило, следует проектировать по одноступенчатой схеме без разрыва струн с подачей воды на охладитель, используя остаточный напор (рис. 14, а).

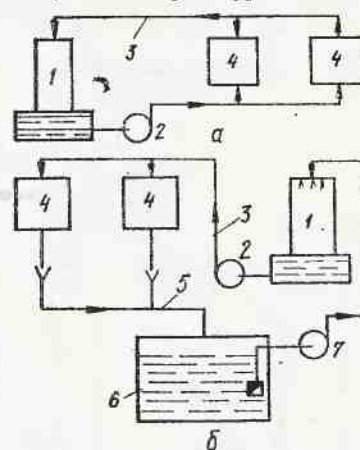


Рис. 14. Схемы оборотных систем водоснабжения:

а — одноступенчатая система; б — двухступенчатая система; 1 — градирня; 2 — насос, подающий охлажденную воду из градирни к агрегату; 3 — трубопровод охлажденной воды; 4 — охлаждаемый агрегат; 5 — отводной трубопровод отработанной воды; 6 — сборный резервуар нагретой воды; 7 — насос, подающий воду на охлаждение.

Однако бывает необходимость в устройстве двухступенчатой схемы оборотного водоснабжения, когда подъем воды осуществляется дважды. Вода после охлаждения оборудования самотеком поступает в сборный резервуар, из которого насосами подается на водоохладитель. Затем охлажденная вода поступает в другой сборный резервуар, из которого насосом подается на охлаждение оборудования (рис. 14, б).

## ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В жилых и общественных зданиях система водоснабжения по своему назначению может быть:

хозяйственно-питьевой — вода используется только для хозяйственно-питьевых нужд и не требуется устройство противопожарного водопровода;

объединенной хозяйственно-питьевой и противопожарной;

раздельной хозяйственно-питьевой и противопожарной — расход воды на внутреннее пожаротушение не обеспечивается хозяйственно-питьевым водопроводом;

раздельной питьевой и хозяйственно-противопожарной — применяется в населенных пунктах, где источники питьевого водоснабжения не обеспечивают все нужды потребителей.

При раздельной питьевой и хозяйственно-противопожарной системе допускается подводить воду не питьевого качества к писсуарам и смывным бачкам унитазов, к внутренним и наружным поливочным кранам.

Хозяйственный водопровод может быть использован для охлаждения холодильного оборудования и в оборотном водоснабжении фонтанов. В местах установки разборной арматуры на хозяйственном водопроводе, во избежание инфекционных заболеваний, предусматривают указатели, предупреждающие использование воды для питьевых целей.

При необходимости устройства в здании противопожарного водопровода его, как правило, объединяют с хозяйственным водопроводом.

Устройство раздельного хозяйственного и питьевого водопроводов допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Технологический водопровод. В ряде общественных зданий и сооружений, помимо хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, предусматривают систему специального технологического водоснабжения.

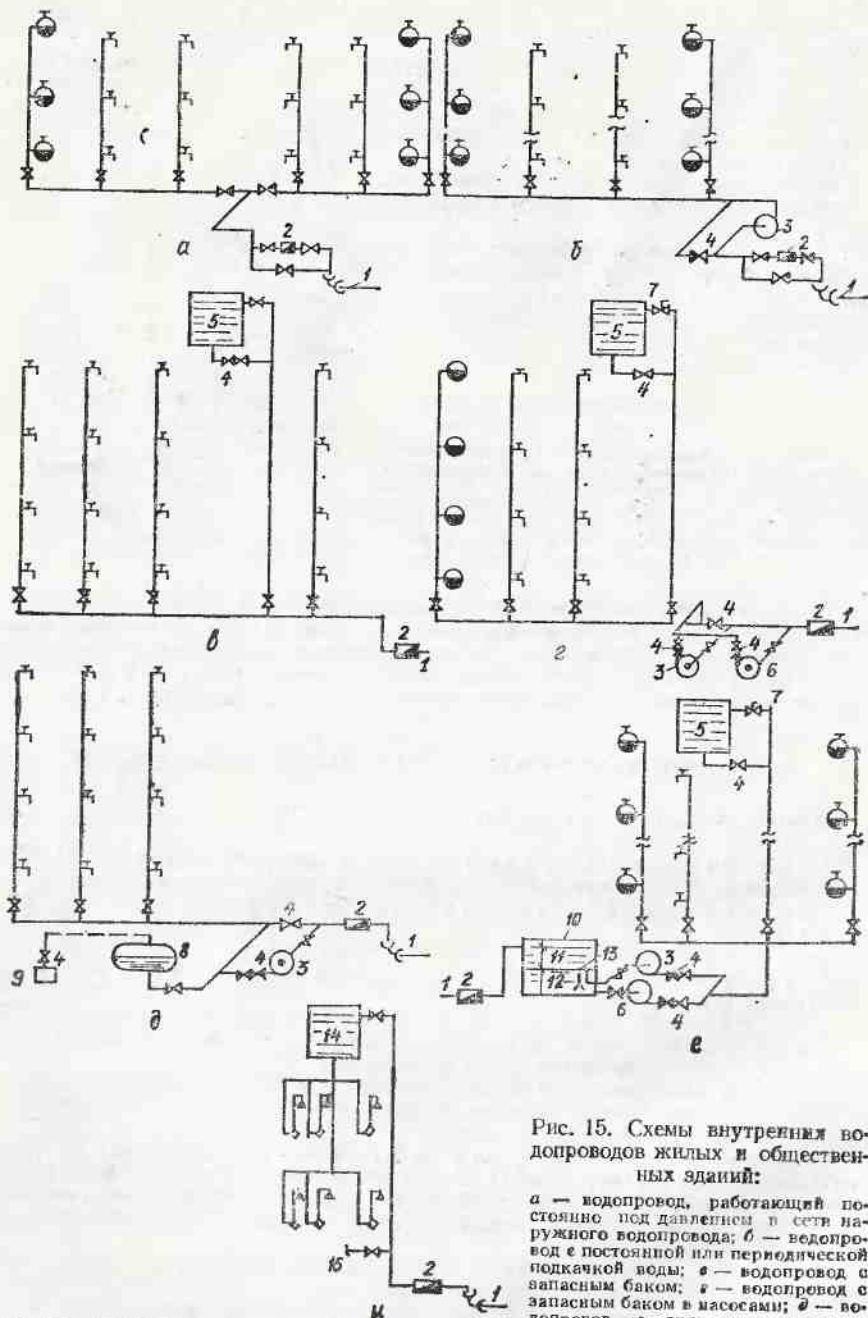


Рис. 15. Схемы внутренних водопроводов жилых и общественных зданий:

а — водопровод, работающий постоянно под давлением в сети наружного водопровода; б — водопровод с постоянной или периодической подкачкой воды; в — водопровод с запасным баком; г — водопровод с запасным баком и насосами; д — водопровод с гидропневматическим баком; е — водопровод с запасными баками и с разрывом струи воды; и — водопровод с уравнительными баками; 1 — ввод; 2 — водомерный узел; 3 — хозяйственно-питьевой насос; 4 — обратный клапан; 5 — запасной бак; 6 — пожарный насос; 7 — электрозадвижка; 8 — гидропневматический бак; 9 — компрессор; 10 — приемный резервуар; 11 — хозяйственно-питьевой объем воды; 12 — противопожарный запас воды; 13 — устройство для сброса вакуума; 14 — запасной уравнительный бак; 15 — хозяйственно-питьевая сеть.

В спортивно-плавательных бассейнах, строящихся на морских побережьях технологическое водоснабжение целесообразно устраивать на морской воде, при этом воду, поступающую в плавательные ванны, необходимо дезинфицировать. Водообмен в ваннах бассейнов должен осуществляться с непрерывным протоком свежей воды (разовое использование).

В водолечебницах к ваннам, в зависимости от технологических нужд, предусматривается подача морской, минеральной и сероводородной воды, морской рапы, геотермальных вод.

В зависимости от технической характеристики наружных водопроводных сетей и технологии водопотребления в жилых и общественных зданиях могут применяться различные схемы водоснабжения (рис. 15).

#### ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД ВЫСОТЫХ ЗДАНИЙ

Водоснабжение высотных зданий (16 и более этажей) отличается от водоснабжения зданий обычной этажности.

В высотных зданиях, как правило, предусматривают зонную систему водоснабжения, что вызвано необходимостью обеспечения допустимого гидростатического

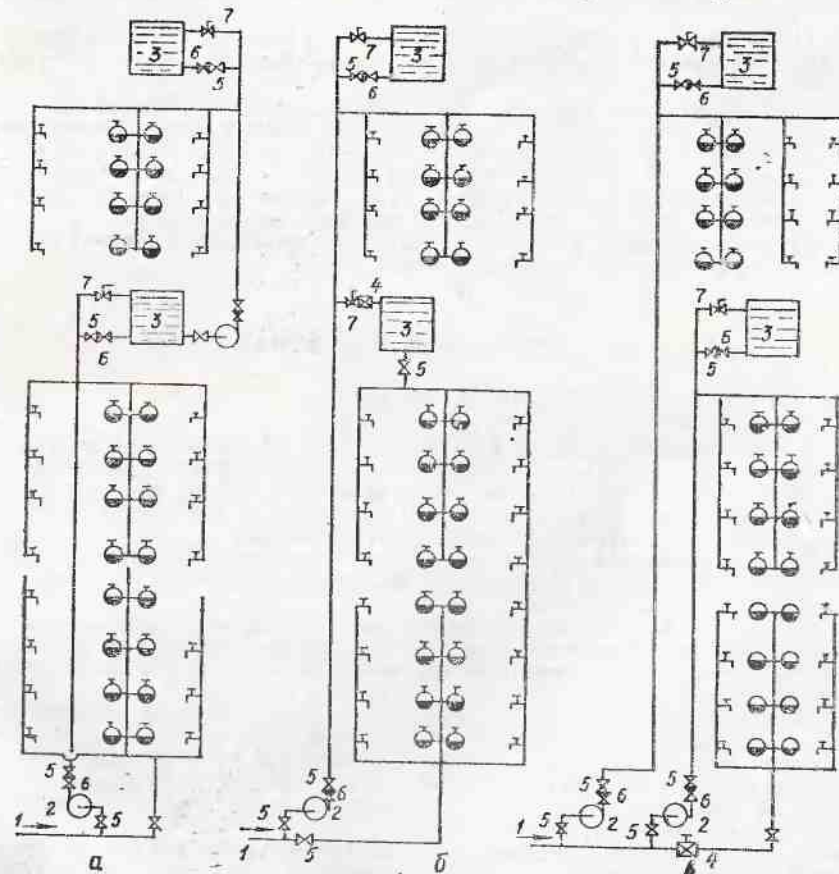


Рис. 16. Схемы зонного водопровода здания:

а — последовательная схема подачи воды; б — общая схема подачи воды; в — параллельная схема подачи воды; 1 — ввод; 2 — насос; 3 — водонапорный бак; 4 — регулятор давления; 5 — задвижка или вентиль; 6 — обратный клапан; 7 — электрозадвижка.

напора не более 60 м вод. ст. на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора при хозяйственно-питьевом водоснабжении.

Первая зона, включающая нижние этажи, обычно обеспечивается напором наружной сети водопровода, а последующие — повысительными насосными установками, обслуживающими самостоятельно каждую зону.

В зонном водоснабжении вода к санитарным приборам верхней зоны может подаваться от водонапорных или гидропневматических баков, а также непосредственно от наружного водопровода при помощи насосов. При зонном водоснабжении в здании предусматривается как правило, две водопроводные сети: хозяйственно-питьевая и пожарная. Это обусловливается значительной разностью напоров, необходимых для подачи воды на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды.

Высотные здания при зонировании систем снабжаются водой по трем основным схемам: последовательной, параллельной и общей (рис. 16).

При последовательной схеме (рис. 16, а) вода подается из одной зоны в другую. Насосы и баки при такой схеме размещают на технических этажах зданий, что значительно увеличивает эксплуатационные расходы, кроме того, она мало надежна, так как при аварии на нижних участках трубопровода верхние зоны могут остаться без воды. Поэтому последовательную схему обязательно дополняют запасной (общей) схемой со своим насосом, который может подавать воду в любой бак (рис. 16, б).

Преимущество параллельной схемы в том, что все насосы располагают в одном насосном помещении и каждая зона работает независимо одна от другой (рис. 16, в).

Одним из ощутимых недостатков в водоснабжении высотных зданий является непроизводительный расход воды, связанный с избыточным напором у водоразборной арматуры. Так, например, согласно СНиП II-40-76 суточный расход воды в жилых зданиях высотой до 12 этажей при централизованном горячем водоснабжении составляет 300 л/сут на 1 чел., а в зданиях выше 12 этажей, при том же благоустройстве, — 400 л/сут, что увеличивает непроизводительный расход на 33%.

Для экономии воды в высотных зданиях рекомендуется установка регуляторов давления и калиброванных дисковых диафрагм.

## Глава 4. ХОЛОДНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### УСТРОЙСТВО ВВОДОВ

Система внутреннего водопровода может быть тупиковой с одним вводом (рис. 17, а, б, в), если допускается перерыв в подаче воды в здание, имеющем менее 12 пожарных кранов. При устройстве одного ввода его лучше располагать в центре здания, если водопотребители расположены равномерно по обе стороны, или в той части здания, где потребляется наибольшее количество воды.

Присоединять вводы к наружной сети следует под прямым углом, в случае если это невозможно, допустимо присоединение по диагонали под углом пересечения со стеной не менее 45° и с поворотами.

Если перерыв в подаче воды не допускается, то системы внутреннего водопровода принимают кольцевыми (рис. 17, г), с закольцованными вводами (рис. 17, д) или двумя тупиковыми трубопроводами, от каждого из которых устроены ответвления к потребителям (рис. 17, е).

Для зданий, имеющих более 12 пожарных кранов; жилых зданий с количеством квартир более 400; клубов, театров и кинотеатров, а также зданий, оборудованных sprinkлерными и дренажными системами при количестве узлов управления более трех; бань при числе мест 200 и более; прачечных на 2 т и более белья в смену следует предусматривать не менее двух вводов, присоединяемых к различным участкам наружной кольцевой сети водопровода.

При устройстве двух и более вводов и необходимости установки в здании насосов для повышения давления во внутренней водопроводной сети вводы перед насосами должны быть объединены. При этом для обеспечения подачи воды каждым насосом из любого ввода на соединительном трубопроводе устанавливают задвижку. В случае устройства на каждом вводе самостоятельных насосных установок объединять вводы не следует.

Вводы диаметром более 40 мм присоединять к наружным водопроводным сетям городских и производственных водопроводов необходимо в колодцах с установкой в них задвижек, а при диаметре вводов 40 мм и менее — вентилей.

В одном водопроводном колодце могут быть расположены подключения к двум вводам, а в исключительном случае и к трем. При выборе места расположения ввода надо избегать установки дополнительного водопроводного колодца на наружной сети. При питании от сети хозяйственно-противопожарного водопровода подключение ввода совмещается в одном колодце с пожарным гидрантом.

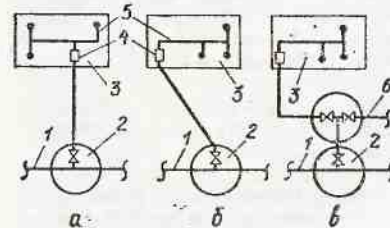


Рис. 18. Пересечение ввода со стенками подвала:

а, в — при сухих грунтах; б — при мокрых грунтах; 1 — жирная глина; 2 — труба ввода; 3 — цементная стяжка; 4 — смолёная ленточная прищипка; 5 — металлическая гильза; 6 — бетон; 7 — фланцы; 8 — гидроизоляция; 9 — зажим сальника.

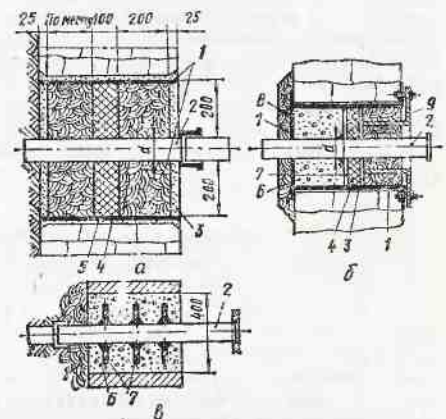
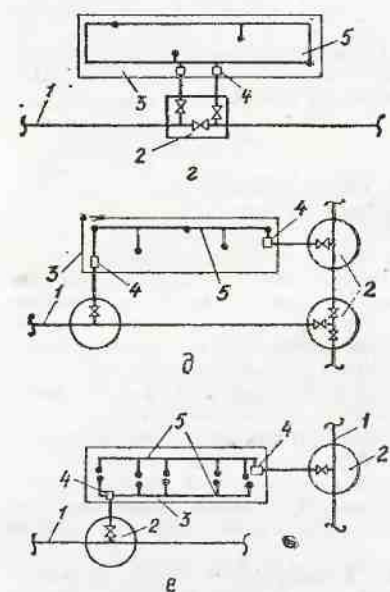


Рис. 17. Устройство вводов:

а — тупиковый перпендикулярный ввод; б — тупиковый косой ввод; в — тупиковый ввод в одно или более зданий с поворотом; г — кольцевая внутренняя водопроводная сеть; д — закольцованные вводами внутренняя водопроводная сеть; е — тупиковая сеть с двумя вводами; 1 — городская или квартальная водопроводная сеть; 2 — колодец; 3 — здание; 4 — узел измерения расхода воды; 5 — внутренняя водопроводная сеть; 6 — ответвление к зданию или группе зданий.

Если на внутренней водопроводной сети устанавливаются водонапорные баки или проектируется несколько вводов, соединённых между собой трубопроводами внутри здания, то на вводах внутри здания предусматривают обратные клапаны. Это обеспечивает водоснабжение здания при кратковременном снижении давления в городской сети и гарантирует правильную работу водомеров. Обратные клапаны не ставят, если водомеры на вводах не предусматриваются, а также при подаче воды во внутреннюю сеть через два ввода, размещаемых в одном колодце с установкой между ними разделительной задвижки.

На вводах трубопроводов в местах поворота в вертикальной или горизонтальной плоскости устанавливают упоры. Пересечение ввода со стенами или полом подвала в сухих грунтах выполняют с зазором 0,2 м между трубопроводом и строительными конструкциями и заделкой отверстия в стене водонепроницаемым и газонепроницаемым эластичным материалом (рис. 18, а), в мокрых грунтах устраиваются сальники (рис. 18, б); в отдельных случаях применяют ребристые патрубки (рис. 18, в).

Таблица 31. Технические показатели теплоизоляционных покрытий

| Изоляционный слой                                                        | Объемный вес слоя, кг/м³ | Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ , ккал/м·ч·град, с учетом гигроскопической влажности |                         | ГОСТ или ТУ                     |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|                                                                          |                          | при $t_T = 0-30^\circ \text{C}$                                                                  | при отрицательной $t_T$ |                                 |
| Минераловатные скорлупы офактуренные                                     | 250                      | 0,06                                                                                             | 0,07                    | ГОСТ 4640—76                    |
| Минеральная пробка                                                       | 400                      | 0,07                                                                                             | 0,08                    |                                 |
| Пробка натуральная                                                       | 250                      | 0,06                                                                                             | 0,05                    | ГОСТ 10140—71*<br>ТУ 5—1—41 НКП |
| Минераловатные прошивные изделия (маты, скорлупы) марки 150              | 180                      | 0,06                                                                                             | 0,07                    | ГОСТ 4640—76                    |
| То же, марки 200                                                         | 240                      | 0,06                                                                                             | 0,07                    |                                 |
| » » 250                                                                  | 300                      | 0,07                                                                                             | 0,08                    |                                 |
| Минераловатный войлок                                                    | 300                      | 0,06                                                                                             | 0,07                    | ГОСТ 125—61                     |
| Маты минераловатные на фенольной связке                                  | 140—170                  | 0,055                                                                                            | 0,06                    | ГОСТ 2573—72 *                  |
| Плиты полужесткие минераловатные на фенольной связке                     | 210—250                  | 0,055                                                                                            | 0,06                    | ГОСТ 9573—60                    |
| Минераловатные скорлупы и цилиндры на связке из фенольных смол марки 200 | 210—250                  | 0,05                                                                                             | 0,06                    | ТУ 132—63<br>ГМСС СССР          |
| Стекловатные прошивные изделия                                           | 200                      | 0,045                                                                                            | —                       | —                               |
| Штукатурный слой асбестоцементный                                        | 1600—1900                | 0,33                                                                                             | —                       | —                               |

Таблица 32. Удельные объемы трубопроводов

| Диаметр трубы, мм |          | Объем жидкости, вмещающейся в 1 м трубы, $V_T$ , м³/м | Объем стенки трубопровода на 1 м, $V_{ст}$ , м³/м | Диаметр трубы, мм |          | Объем жидкости, вмещающейся в 1 м трубы, $V_T$ , м³/м | Объем стенки трубопровода на 1 м, $V_{ст}$ , м³/м |
|-------------------|----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| внутренний        | наружный |                                                       |                                                   | внутренний        | наружный |                                                       |                                                   |
| 15,7              | 21,3     | 0,0002                                                | 0,00015                                           | 100               | 108      | 0,00785                                               | 0,00131                                           |
| 16                | 20       | 0,0002                                                | 0,00011                                           | 106               | 114      | 0,00882                                               | 0,00139                                           |
| 27                | 33,5     | 0,00057                                               | 0,00031                                           | 125               | 133      | 0,01227                                               | 0,00163                                           |
| 28                | 32       | 0,00062                                               | 0,00019                                           | 131               | 140      | 0,01348                                               | 0,00192                                           |
| 35                | 40       | 0,00096                                               | 0,0003                                            | 150               | 159      | 0,01777                                               | 0,0022                                            |
| 35,9              | 42,6     | 0,00101                                               | 0,00039                                           | 156               | 165      | 0,0191                                                | 0,00228                                           |
| 52                | 57       | 0,00212                                               | 0,00043                                           | 207               | 219      | 0,0337                                                | 0,004                                             |
| 53                | 60       | 0,00221                                               | 0,00062                                           | 259               | 273      | 0,0528                                                | 0,00573                                           |
| 80                | 88,5     | 0,00503                                               | 0,00112                                           | 309               | 325      | 0,075                                                 | 0,00785                                           |
| 84                | 89       | 0,00554                                               | 0,00068                                           |                   |          |                                                       |                                                   |

равными 9 и 25 при расположении трубопроводов соответственно в помещении и на открытом воздухе.

Пример. Определить толщину изоляции из минерального войлока (на битумной связке) для стального трубопровода диаметром  $d_H = 40$  мм с водой  $t_T = 16^\circ \text{C}$ , если трубопровод расположен на открытом воздухе и возможна остановка движения воды на 6 ч при температуре окружающего воздуха  $-20^\circ \text{C}$ .

Из табл. 31 берем  $\lambda_{из} = 0,06$ ; коэффициент, учитывающий потери тепла через опоры, принимаем  $k_H = 1,25$ ;  $\alpha_H$  берется равным  $25$  ккал/м²·ч·град.

Из табл. 32 находим объем воды, приходящийся на 1 м трубопровода при  $d_H = 40$  мм:  $V_T = 0,00096$  м³ и объем стенок 1 м трубопровода  $V_{ст} = 0,0003$  м³.

Задаваясь толщиной изоляции  $\delta_{из} = 50$  мм из (147), определяем величину  $d_{из} = d_H + 2 \delta_{из} = 0,14$  м. Подставляем известные и найденные величины в формулу (148):

$$\ln \frac{d_{из}}{d_H} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot \frac{1,25 \cdot 6}{2000 \cdot \frac{10(0,00096 + 0,9 \cdot 0,0003) - 10 \cdot 0,00096}{10 - 2(-20)}} - \frac{1}{3,14 \cdot 0,140 \cdot 25} = 1,849.$$

По значению  $\ln \frac{d_{из}}{d_H}$  из таблицы натуральных логарифмов находим величину отношения

$$\frac{d_{из}}{d_H} = 6,36$$

Толщина изоляции по формуле (147) будет

$$\delta_{из} = \frac{0,010}{2} (6,36 - 1) = 0,106 \text{ м.}$$

Так как  $\delta_{из}$  отличается от принятой нами ранее, задаемся повторно  $\delta_{из} = 120$  мм и вновь определяем  $\ln \frac{d_{из}}{d_H}$ :

$$\ln \frac{d_{из}}{d_H} = 1,94 - \frac{1}{3,14 \cdot 0,26 \cdot 0,25} = 1,891 \text{ и далее}$$

отношение:

$$\frac{d_{из}}{d_H} = 6,62,$$

$$\text{откуда } \delta_{из} = \frac{0,040}{2} (6,62 - 1) = 0,112 \text{ м.}$$

Принимаем толщину изоляции 115 мм.

Кондесат из воздуха на поверхности какого-либо тела образуется в тех случаях, когда температура поверхности этого тела ниже температуры окружающего воздуха.

Изоляционный слой соответствующей толщины имеет на своей поверхности температуру более высокую, чем температура насыщения, что предотвращает выделение влаги при контакте воздуха с изоляционной поверхностью.

Толщину изоляции рассчитывают в зависимости от значения относительной влажности воздуха и перепада между температурой окружающего воздуха  $t_0$  и допустимой (примерно на 5% выше точки росы) температурой на поверхности изоляции  $t_H$ , величины которых приведены в табл. 33.

Толщину изоляционного слоя, м, для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 2 м и более определяют по формуле

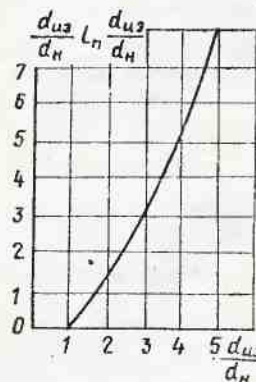
$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}}{d_H} \left( \frac{t_0 - t_T}{t_0 - t_H} - 1 \right) = \frac{\lambda_{из}}{4} \left( \frac{t_0 - t_T}{\Delta t_H} - 1 \right). \quad (149)$$

Для цилиндрических поверхностей диаметром менее 2 м толщину изоляции находят по формуле (147). При этом для определения отношения  $\frac{d_{из}}{d_H}$  пользуются гра-

фином на рис. 19, а величину  $\frac{d_{из}}{d_n} \ln \frac{d_{из}}{d_n}$  вычисляют по формуле

$$\frac{d_{из}}{d_n} \ln \frac{d_{из}}{d_n} = \frac{\lambda_{из}}{2d_n} \left( \frac{t_0 - t_r}{\Delta t_n} - 1 \right). \quad (150)$$

Толщину изоляции санитарно-технического оборудования, работающего в области умеренного холода, рекомендуется определять по номограмме, приведенной на рис. 20.



Порядок пользования номограммой следующий: отложив на оси ординат  $I$  значение температуры окружающего воздуха  $t_0$ , проводят горизонтальную прямую до кривой с соответствующей расчетной относительной влажностью воздуха  $\varphi$ , откуда проводят вертикальную линию в поле  $II$  до пересечения с кривой разности температур между воздухом и водой в трубопроводе  $(t_0 - t_r)$ . Из этой точки проводят горизонтальную линию в поле  $III$  до линии заданного коэффициента теплопроводности изоляции  $\lambda_{из}$ , откуда чертят вертикальную прямую в поле  $IV$  до пересечения

Рис. 19. Зависимость  $\frac{d_{из}}{d_n} \ln \frac{d_{из}}{d_n}$  от отношения  $\frac{d_{из}}{d_n}$ .

с кривой заданного диаметра трубопровода  $d_n$  или прямолинейной стенки металлической емкости. Затем проводят горизонтальную линию до оси ординат, где находят искомое значение толщины изоляции  $\delta_{из}$ .

**Пример.** Определить толщину изоляции из минеральной пробки, укладываемой на бите, для трубопровода диаметром  $d_n = 57$  мм, расположенного в помещении с температурой окружающего воздуха  $t_0 = 28^\circ \text{C}$  и относительной влажностью  $\varphi = 60\%$ . Температура воды в трубопроводе  $t_r = 5^\circ \text{C}$ .

Коэффициент теплопроводности для минеральной пробки  $\lambda_{из} = 0,07$  (см. табл. 31).

Перепад температур  $t_0 - t_r = 28 - 5 = 23^\circ \text{C}$ .

По номограмме (рис. 20) находим толщину изоляционного слоя  $\delta_{из} = 25$  мм.

### ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Трубопроводы подвергаются коррозии как с внутренней, так и с внешней стороны. Наиболее значительно корродируют стальные трубы. Коррозия с внутренней стороны способствует образованию отложений и уменьшению сечения трубы, что приводит к повышению гидравлического сопротивления трубы и уменьшению пропускной способности. Если при этом воду в сеть подавать в необходимых количествах с требуемыми свободными напорами, то понадобится значительно увеличить напор в сети, что вызовет перерасход электроэнергии.

Для борьбы с внутренней коррозией применяют футеровку труб пластиком, эмалью, стеклом, резиной, цементным раствором.

Большую группу составляют лакокрасочные покрытия, способные образовывать на поверхности металла тонкую пленку с хорошей адгезией и высокими защитными свойствами. В нашей стране промышленность выпускает лакокрасочные материалы на основе пленкообразующих алкидных, эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых и других смол [17]. Помимо оценки технических параметров тех или иных покрытий необходимо, чтобы они не влияли на качество питьевой воды и были разрешены к применению ГСЭУ Минздрава СССР [16].

Кроме полимерных материалов, применяются покрытия стекломалеями. Наиболее перспективны эмалевые покрытия типа 20 или 20Н [7], срок службы которых оценивается не менее 20 лет. В нашей стране разработан процесс эмалирования водопроводных труб и технология сгиба труб с нанесенным на них стекломалевым покрытием.

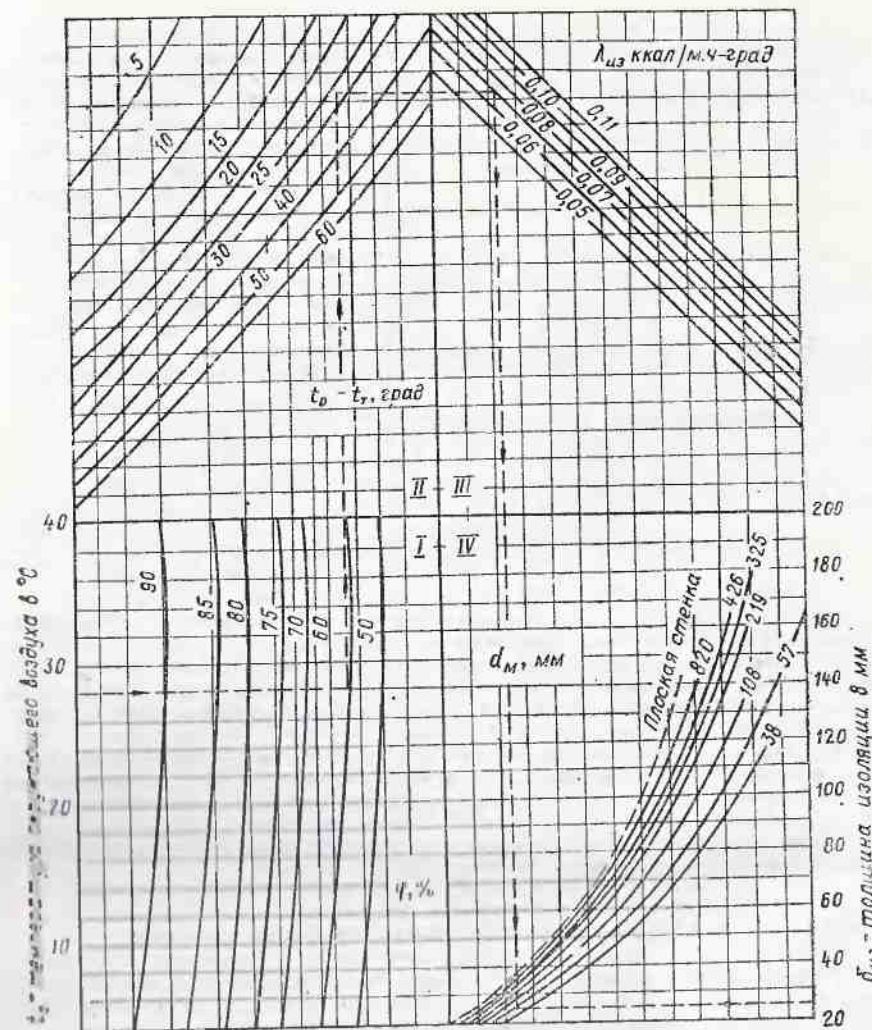
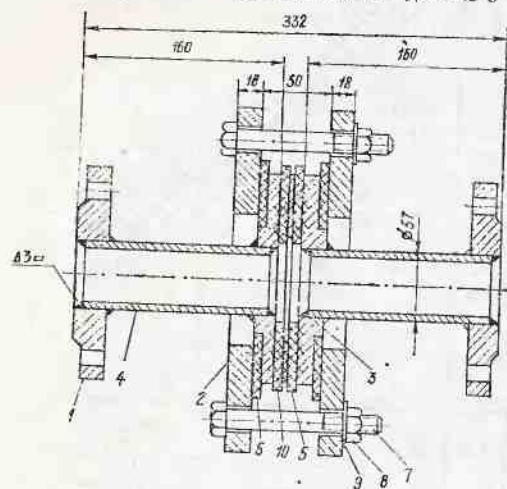


Рис. 20. Номограмма для определения толщины изоляционного слоя с целью предотвращения конденсации влаги из воздуха.

Таблица 33. Расчетный перепад температур  $\Delta t_n = t_0 - t_n$  между температурами окружающего воздуха и поверхностью изоляции,  $^\circ \text{C}$

| Температура воздуха, $^\circ \text{C}$ | Относительная влажность воздуха $\varphi$ , % |      |     |     |     |     |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
|                                        | 30                                            | 50   | 60  | 70  | 80  | 90  |
| 10                                     | 13,3                                          | 10,4 | 7,8 | 5,5 | 3,5 | 1,7 |
| 15                                     | 14,1                                          | 10,9 | 8,1 | 5,7 | 3,7 | 1,8 |
| 20                                     | 14,8                                          | 11,3 | 8,5 | 6   | 3,8 | 1,9 |
| 25                                     | 15,3                                          | 11,7 | 8,8 | 6,2 | 3,9 | 1,9 |
| 30                                     | 15,9                                          | 12,2 | 9   | 6,4 | 4   | 2   |

Внешней коррозии наиболее подвержены участки труб, укладываемые в грунт, т. е. вводы в здания. На них воздействует коррозия блуждающими токами и почвенная коррозия. При выборе средств защиты от внешней коррозии следует учитывать условия прокладки трубопроводов и данные о коррозионной активности (агрессивности) среды по отношению к металлу защищаемого трубопровода [23, 25].



Для устранения коррозии стальных трубопроводов, вызванной наличием гальванических пар, кроме усиленной противокоррозийной изоляции, следует предусматривать катодную защиту. Для катодной защиты металлических труб постоянный ток направляют в землю от

Рис. 21. Токоразмыкатель для трубы  $D_y = 50$  мм:

1 — фланец; 2 — кольца прижимные; 3 — фланец прижимной; 4 — труба; 5 — прокладка уплотнительная; 6 — прокладка изолирующая; 7 — болт  $M12 \times 100$ ; 8 — гайка  $M12$ ; 9 — шайба; 10 — вставка нейтральная.

специального источника через зарытые вблизи от защищаемого трубопровода металлические обрезки, служащие анодом. Ток идет от анода к катоду (трубопроводу) и отводится специальным проводом к отрицательному полюсу источника тока. При этом разлагающему электрохимическому действию подвергается анод, а поверхность трубопровода-катада предохраняется от разрушения гальваническими парами.

Простым и эффективным способом борьбы с коррозией от действия блуждающими токами является устройство между отрезками труб, соединяемых на фланцах, так называемых токоразмыкателей, т. е. изолирующих прокладок из диэлектрических материалов (рис. 21).

Такие устройства в основном применяются при прохождении вводов в здания под путями электротранспорта.

## МАТЕРИАЛ СЕТЕЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА И АРМАТУРА

Внутренние водопроводные сети, подающие воду питьевого качества, проектируют из стальных оцинкованных труб при диаметрах до 150 мм, и из неоцинкованных — при больших диаметрах, а также из пластмассовых труб.

С целью экономного расходования металлических труб, при проектировании систем водоснабжения следует учитывать требования технических правил по экономному расходованию основных строительных материалов (ТП 101—76).

Для производственного водопровода следует использовать трубы из пластмасс, стальные, стальные гуммированные, стальные футерованные пластмассой, стеклянные и др. Выбирать материал труб необходимо в зависимости от требований к качеству воды, ее температуре, давлению и экономии металла.

Трубы для транспортирования питьевой воды не должны влиять на ее качество и должны изготавливаться из материалов, разрешенных для этих целей ГСЭУ МЗ СССР [16].

Прочность трубопроводов оценивают с учетом массы грунта и временных нагрузок (для вводов), атмосферного давления при образовании вакуума и гидростатического давления в тех комбинациях, которые являются наиболее опасными для труб из данного материала.

Величину расчетного давления в трубах принимают равной наибольшему возможному рабочему давлению в трубопроводе  $P_{\text{раб}}$  без учета повышения давления при гидравлическом ударе или равной наибольшему возможному давлению с учетом

гидравлического удара  $P_y$ , умноженному на коэффициент  $k_y$ , в зависимости от того, какая из этих величин является большей.

Коэффициент  $k_y$  принимают равным: для стальных трубопроводов — 0,85; для чугунных, асбестоцементных, каменнотолстых и керамических — 1; для железобетонных труб — 1 и менее (по техническим условиям на их изготовление и применение); для пластмассовых — в соответствии с техническими условиями на изготовление данного типа труб.

Стыковые соединения трубопроводов, как правило, должны быть равнопрочными с трубами.

Статистический расчет трубопроводов следует производить по предельным состояниям на основании данных о прочностных показателях применяемых труб, определяемых ГОСТами или техническими условиями (ТУ) на изготовление и приемку этих труб.

В качестве основных исходных расчетных данных, характеризующих несущую способность труб, принимают нагрузки, испытанию которыми подвергаются трубы после их изготовления: величину внутреннего давления при отсутствии внешней нагрузки и внешнюю нагрузку в виде двух диаметрально противоположных линейных нагрузок при отсутствии внутреннего давления. Устанавливаемые ГОСТами или ТУ испытательные нагрузки должны быть не менее определяемых на основании расчета по предельным состояниям. При выполнении статических расчетов водопроводных труб за основу принимают рекомендации ВНИИ ВОДГЕО по расчету на прочность напорных трубопроводов систем водоснабжения.

Сортамент основных типов труб, применяемых при санитарно-техническом оборудовании зданий, приведен ниже.

По своему назначению водопроводная арматура делится на водоразборную, запорную предохранительную и регулировочную.

К водоразборной арматуре относятся краны (водоразборные, туалетные, лабораторные, банные, поливочные, писсуарные, смывные, пожарные и т. д.), смесители (настенные и настольные для умывальников и моек, для ванн со стационарной душевой сеткой или на гибком шланге) и поплавковые клапаны.

В зависимости от принципа перемещения затвора водоразборную арматуру делят на вентильную и пробковую. У вентильной арматуры основной деталью является затвор (клапан), который, перемещаясь, возвращает поступательно, частично или полностью открывает или закрывает проход для воды. Основной деталью пробковой арматуры является коническая пробка с отверстием; поворотом пробки на 90° кран закрывается или открывается.

К запорной арматуре относят задвижки, проходные пробковые краны, запорные вентили, автоматически закрывающиеся клапаны и др.

К предохранительной арматуре относят предохранительные и редукционные клапаны (пружинные или рычажные диаметром от 20 до 100 мм), поддерживающие в сети давление, не превышающее заданный предел, а также обратные клапаны, обеспечивающие движение воды в трубопроводе только в одном направлении (ГОСТ 3326—69).

К регулировочной арматуре относят трехходовые краны-регуляторы расхода и регуляторы давления.

Для систем хозяйственно-питьевого и хозяйственно-противопожарного водопровода арматуру устанавливают на рабочее давление до 0,6 МПа; арматуру для отдельных противопожарных систем — на рабочее давление до 0,9 МПа; для отдельных противопожарных систем водопровода — на рабочее давление, принимаемое по технологическим требованиям.

Запорную арматуру устанавливают в следующих местах внутренней водопроводной сети:

- на каждом вводе;
- на кольцевой разводящей сети для обеспечения возможности выключения на ремонт отдельных ее участков (не более чем полукольца);
- на кольцевой сети производственного водопровода из расчета обеспечения двусторонней подачи воды к агрегатам, не допускающим перерыва в подаче воды;
- у основания пожарных стояков с числом пожарных кранов пять и более;
- у основания стояков хозяйственно-питьевой или производственной сети в зданиях высотой три этажа и более;
- на ответвлениях, питающих пять и более водоразборных точек;
- на ответвлениях от магистральных линий водопровода;

на ответвлениях в каждую квартиру, на подводках к смывным бачкам, смывным кранам и водонагревательным колонкам, на ответвлениях к групповым душам и умывальникам;

перед наружными поливочными кранами;  
перед приборами, аппаратами и агрегатами специального назначения (производственными, лечебными, опытными и др.) в случае необходимости;

у основания и на верхних концах закольцованных по вертикали стояков.  
У основания стояков, кроме вентиля, предусматривают тройник со спускной пробкой.

Запорную арматуру на водопроводных стояках, проходящих через встроенные магазины, столовые, рестораны и другие помещения, недоступные в ночное время, устанавливают в подвале, техническом подполье или техническом этаже, к которым имеется постоянный доступ.

При выборе типа запорной арматуры руководствуются следующими указаниями: как правило, применяют муфтовые вентили (как наиболее дешевые); при необходимости установки крупной запорной арматуры используют фланцевые задвижки; на кольцевых или закольцованных вводах водопроводных сетей с переменным движением воды и при частом включении запорной арматуры применяют только задвижки; вентили бронзовые и из ковкого чугуна устанавливают для давлений более 1 МПа.

При расположении маховика запорной арматуры \* на высоте более 1,6 м от пола для ее обслуживания предусматривают площадки или мостики.

Для автоматического поддержания в системе водоснабжения или в ее частях заданного давления применяют регуляторы давления. Их устанавливают на вводах систем хозяйственно-противопожарных или противопожарных водопроводов в здания или микрорайоны в тех случаях, когда давления в этих системах превышают соответственно 0,6 и 0,9 МПа: на подводящем трубопроводе к сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, подключаемому после пожарных насосов в зданиях с раздельными сетями хозяйственно-питьевого и противопожарного водопроводов, питающихся от одного ввода и после насосов, повышающих давление в системах хозяйственно-противопожарного водоснабжения.

Установка регуляторов давления на вводе в систему водоснабжения группы зданий (микрорайона) не исключает в случае необходимости установку регуляторов на вводах в отдельные здания или квартиры, а также на стояках в зданиях.

Регуляторы давления на вводах систем водоснабжения в здания и микрорайоны предусматривают после отключающей задвижки водомерного узла или насосов хозяйственно-питьевого водоснабжения; при этом после регулятора устанавливают задвижки. Работу регулятора контролируют манометрами.

## СВОБОДНЫЕ НАПОРЫ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Необходимый свободный напор  $H_{св}$  в месте присоединения ввода к городскому водопроводу, при наибольшем хозяйственно-питьевом потреблении, должен обеспечивать подачу воды на необходимую геометрическую высоту и нормальный свободный напор у диктующего водоразборного крана. При этом учитываются все сопротивления на вводе и в сети. Подсчеты производятся по формуле

$$H_{св} = h_d + h_c + h_m + h_p + h_g - (z_{г.в} - z_{в.в}) \leq H_{г.в}, \quad (151)$$

где  $h_d$  — потери напора в дворовой сети от городского водопровода до дворового колодца расчетного здания, м, определяется по формуле (63);  $h_c$  — потери напора от дворового колодца до диктующей точки, м, определяется по формуле (63);  $h_m$  — потери на местные сопротивления в сети от диктующей точки до дворового колодца, м, определяется по формуле (85);  $h_p$  — рабочий напор у диктующего прибора, определяется по табл. 43;  $h_g$  — геометрическая высота подъема воды от оси ввода в здание до оси диктующего водоразборного устройства, м;  $(z_{г.в} - z_{в.в})$  — разность геодезических отметок городской водопроводной сети в месте подключения квартального водопровода и осью трубы на вводе в здание, м;  $H_{г.в}$  — гидростатический напор в городской водопроводной сети, м.

Гидростатический напор в системе хозяйственно-питьевого или хозяйственно-противопожарного водопровода на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора не должен превышать 60 м, а на отметке наиболее низко расположенного пожарного крана — 90 м.

Повышение напора в системе хозяйственно-противопожарного водопровода на время пожара допускается не более чем до 90 м на отметке наиболее низко располо-

\* Рисунки (эскизы) и основные показатели водопроводной арматуры приводятся в разделе «Санитарно-техническое оборудование».

женного санитарно-технического прибора. Гидравлическое испытание системы хозяйственно-противопожарного водопровода должно производиться при установленной водоразборной арматуре.

Избыточные напоры во внутреннем водопроводе можно устранить как централизованной (на все здания), так и поэтажной стабилизацией напоров. Поэтажную стабилизацию наиболее целесообразно осуществлять при помощи установки на квартирных водопроводных вводах регуляторов напора или установкой диафрагм в подводках к водоразборной арматуре.

Поэтажный регулятор давления «после себя» разработан ЦНИИЭП инженерного оборудования и МосжилНИИпроект. В периоды отсутствия разбора воды из регулируемой сети в этом регуляторе золотники полностью перекрывают проходные отверстия и в камере поддерживается давление, которое незначительно превышает необходимое и достаточное для нормальной работы водоразборной арматуры. Во время включения водоразборной арматуры

Н, м вод.ст.  $q, л/с$

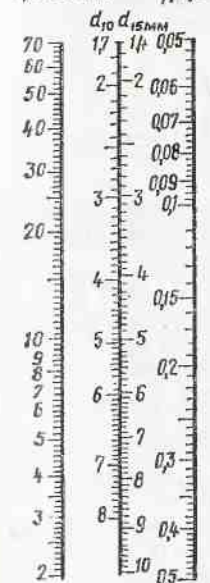


Рис. 22. Номограмма для подбора диафрагм, устанавливаемых на вводе в здание у хозяйственно-питьевой водоразборной арматуры.

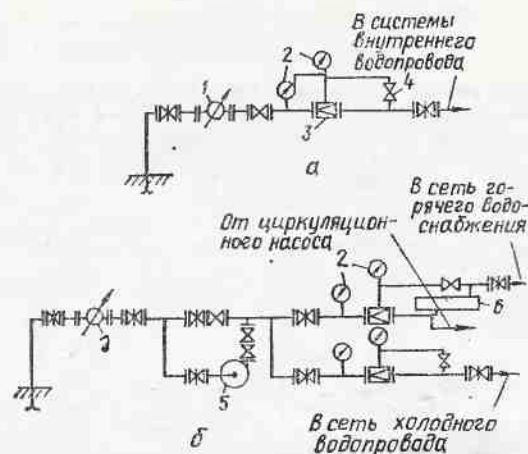


Рис. 23. Схемы установки регуляторов давления «после себя» на вводе в здания:

а — для отдельных зданий; б — для зданий с сетями большой протяженности;  
1 — водосчетчик; 2 — манометры; 3 — регулятор давления; 4 — игольчатый вентиль (допускается обычный проходной вентиль или пробочный кран  $d = 15$  мм); 5 — центробежный насос; 6 — водонагреватель.

туры давление в камере снижается, в результате чего подпружиненный стакан сжимает мембрану и перемещает толкатель и золотник. Это приводит к снижению давления в верхней части камеры, перемещению золотника и поступлению воды в камеру. При этом поглощается избыточное давление и водоразборная арматура работает в оптимальном режиме.

Наиболее простым устройством для снижения давления в работающей водоразборной арматуре является установка диафрагм в подводках к этой арматуре. Для определения диаметра отверстия в диафрагме рекомендуется пользоваться номограммой (рис. 22). При этом прямой линией соединяются расчетный расход и избыточное давление.

Для централизованной стабилизации напора воды применяют мембранные регуляторы давления, например, регулятор давления «после себя» 21 ч 10 нж (25 ч 10 нж) и «до себя» — 21 ч 12 нж (25 ч 12 нж), ГОСТ 13542—68. Регулятор 21 ч 10 нж отличается от регулятора 21 ч 12 нж только расположением клапанов. У первого под действием груза клапана открывают проход в седле, а у второго — наоборот, закрывают. При этом мембранный короб у первого регулятора (21 ч 10 нж) соединяется импуль-

снот трубой с трубопроводом (по ходу воды), т. е. после себя, и у второго (21 ч 12 нж) до регулятора, т. е. до себя.

Настройка регулятора на заданное давление осуществляется подбором величины грузов и их расположением на рычаге. Эти регуляторы выпускают с диаметром условного прохода  $D_u = 50 \div 150$  мм. Гидравлическое сопротивление регулятора по ходу движения воды возрастает с увеличением напора на входе. В результате потребный напор (в диапазоне 0,15—130 м) в регулируемой сети остается постоянным и практически не зависит от изменения расхода воды.

Схемы установки регуляторов давления «после себя» на вводах водопроводов показаны на рис. 23.

Для получения наибольшего эффекта стабилизации возможно комбинированное применение регуляторов давления: на вводе в здание, на стояках, на вводах в квартиры и у водоразборной арматуры.

## Глава 5. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Внутренний пожарный водопровод в жилых, общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой до 16 этажей (или 50 м) определяют в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 34 [18].

Расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях высотой до 50 м принимается по табл. 35.

Необходимость устройства систем автоматического пожаротушения надлежит принимать в соответствии с перечнями зданий и помещений, подлежащих оборудованию автоматическими средствами пожаротушения, утвержденному министерствами. При этом учитывается одновременное действие пожарных кранов и спринклерных или дренчерных установок.

Внутренний противопожарный водопровод не предусматривают для следующих зданий:

а) для общеобразовательных школ, в том числе школ, имеющих актовые залы, оборудованные стационарной киноаппаратурой, а также бань;

б) для отдельно стоящих и встроенных в здания помещения детских яслей-садов, магазинов, поликлиник и предприятий общественного питания и бытового обслуживания объемом до 5000 м<sup>3</sup>;

в) в кинотеатрах сезонного действия на любое количество мест;

г) в производственных зданиях, в которых применение воды может вызвать взрыв, пожар, распространение огня;

д) в производственных зданиях I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г, Д и Е независимо от их объема и в производственных зданиях III—V сте-

Таблица 34. Число струй на внутреннее пожаротушение

| Здания и помещения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Число струй |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Здания управлений высотой от 6 до 12 этажей и объемом до 25 000 м <sup>3</sup> включительно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1           |
| Гостиницы и общежития высотой 4 этажа и более, объемом до 25 000 м <sup>3</sup> включительно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1           |
| Лечебно-профилактические учреждения, детские ясли-сады, детские дома, Дома ребенка, Дома пионеров, спальные корпуса пионерских лагерей, спальные помещения школ-интернатов, учебные заведения, магазины, вокзалы, предприятия общественного питания и бытового обслуживания, ломбарды, предприятия связи, вокзалы, учреждения финансирования, кредитования и страхования объемом от 5000 до 25 000 м <sup>3</sup> включительно | 1           |
| Санатории, пансионаты, Дома отдыха, мотели, музеев, библиотеки, здания постоянных выставок, здания конструкторских и проектных организаций объемом от 7500 до 25 000 м <sup>3</sup> включительно                                                                                                                                                                                                                               | 1           |

| Здания и помещения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Число струй |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Помещения объемом от 5000 до 25 000 м <sup>3</sup> , расположенные под трибунами на стадионах, и спортивные залы объемом до 25 000 м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1           |
| Вспомогательные здания промышленных предприятий объемом от 5000 до 25 000 м <sup>3</sup> и здания складов объемом до 5000 м <sup>3</sup> для хранения сгораемых материалов и нескороаемых материалов в сгораемой упаковке                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1           |
| Актовые и конференц-залы на 200—700 мест, оборудованные стационарной киноаппаратурой                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1           |
| Жилые односекционные и многосекционные здания высотой 12—16 этажей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2           |
| Здания управлений высотой от 6 до 12 этажей или высотой до 50 м и объемом более 25 000 м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2           |
| Общежития, гостиницы, пансионаты, санатории, дома отдыха, мотели, лечебно-профилактические учреждения, детские ясли-сады, детские дома, Дома ребенка, Дома пионеров, спальные корпуса пионерских лагерей, спальные помещения школ-интернатов, залы, музеи, библиотеки, здания постоянных выставок, магазины, предприятия общественного питания и бытового обслуживания, ломбарды, здания конструкторских и проектных организаций, учебные заведения, предприятия связи, вокзалы, учреждения финансирования, кредитования и страхования высотой до 12 этажей и объемом более 25 000 м <sup>3</sup> | 2           |
| Вспомогательные здания промышленных предприятий объемом более 25 000 м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2           |
| Помещения объемом более 25 000 м <sup>3</sup> , расположенные под трибунами на стадионах, и спортивные залы объемом более 25 000 м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2           |
| Актовые и конференц-залы на 700 мест и более                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2           |
| Гаражи на 10 автомобилей и более высотой до 50 м и здания складов при объеме 5000 м <sup>3</sup> и более при хранении в них сгораемых и нескороаемых материалов в сгораемой упаковке                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2           |

Примечания: 1. Для фабрик-прачечных пожаротушение следует предусматривать в помещениях обработки и хранения сухого белья.

2. Внутренний противопожарный водопровод следует предусматривать в складах для хранения сгораемых и нескороаемых материалов в сгораемой упаковке, размещаемых в производственных зданиях.

3. Продолжительность тушения пожара из внутренних пожарных кранов должна приниматься 3 ч.

4. Расход воды на одну струю принимают 2,5 л/с кроме театров, кинотеатров круглогодичного действия, Домов культуры, цирков, концертных залов, научно-исследовательских институтов, гостиниц и тепловых электростанций, для которых расход воды на одну струю и количество струй следует принимать по соответствующим главам СНиП.

Таблица 35. Число струй и расход воды на одну струю

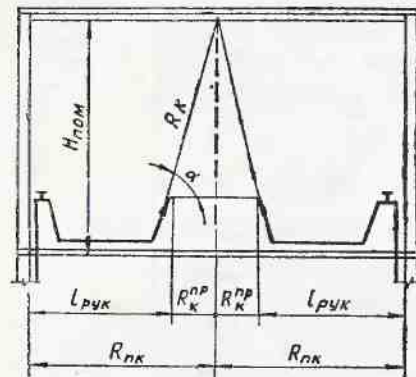
| Степень огнестойкости зданий | Категория производства по пожарной опасности | Число струй и расход воды на одну струю, л/с, на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях высотой до 50 м, объемом в тыс. м <sup>3</sup> |               |                 |                  |           |
|------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|------------------|-----------|
|                              |                                              | от 0,5 до 5                                                                                                                                         | более 5 до 50 | более 50 до 200 | более 200 до 400 | более 400 |
| I и II                       | A, B, B                                      | 2×2,5                                                                                                                                               | 2×5           | 2×5             | 3×5              | 4×5       |
| III                          | B                                            | 2×2,5                                                                                                                                               | 2×5           | —               | —                | —         |
| III                          | Г, Д                                         | —                                                                                                                                                   | 2×2,5         | —               | —                | —         |
| IV и V                       | B                                            | 2×2,5                                                                                                                                               | 2×5           | —               | —                | —         |
| IV и V                       | Г, Д                                         | —                                                                                                                                                   | 2×2,5         | —               | —                | —         |

Примечание. В множителе указано число струй, в множителе — минимальный расход воды на одну струю, л/с.

пеней огнестойкости объемом не более 5000 м³ с производствами категорий Г, Д и Е;

е) в производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий, не оборудованных хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом, для которых предусмотрено тушение пожаров из емкостей (резервуаров, водоемов);

ж) в зданиях и помещениях объемом или высотой менее указанных в табл. 34 и 35;



з) в складах негорючих материалов и веществ.

Для частей зданий с различной этажностью или назначением помещений необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода и расходы воды на пожаротушение следует принимать отдельно для каждой части здания согласно таблиц 34, 35. При этом необходимо иметь в виду, что указанные части здания должны быть отделены друг от друга негорючими или труднотгораемыми перегородками и дверями (с пределом огнестойкости не менее 1, 2 ч).

Свободные напоры внутренних пожарных кранов должны обеспечивать получение компактных пожарных струй высотой, необходимой для тушения пожара в самой высокой и удаленной части здания. Наименьшую высоту и радиус действия компактной части пожарной струи принимают равными высоте помещения, считая от пола до наивысшей точки перекрытия, но не менее 6 м — для жилых, общественных и производственных зданий высотой до 50 м.

Расход воды на одну струю, принятый по табл. 34, 35, уточняют по табл. 6 СНиП II-30-76 в зависимости от высоты необходимого радиуса действия компактной части струи и диаметра spryska наконечника пожарного ствола.

Рис. 24. а — определение расстояния между пожарными кранами при расчете орошения помещения одной струей; б — размещение пожарных кранов при расчете орошения помещения двумя струями.

Напоры у пожарных кранов определяют с учетом потерь в непрорезиненных рукавах длиной 10 или 20 м. Потери напора  $h$ , м, в пожарных рукавах рассчитывают по формуле

$$h = k_p q^2 l,$$

где  $q$  — производительность пожарной струи, л/с;  $k_p$  — коэффициент сопротивления рукавов, принимаемый для рукавов диаметром 50 мм равным 0,012, диаметром 65 мм — 0,00385;  $l$  — длина рукава, м.

Для получения пожарных струй производительностью до 4 л/с используют пожарные краны и рукава диаметром 50 мм, для пожарных струй большей производительности — диаметром 65 мм.

При определении количества и мест установки пожарных стояков и пожарных кранов в здании следует учитывать следующие факторы:

в зданиях с расчетным количеством струй на внутреннее пожаротушение две и более каждая точка помещения должна орошаться двумя струями, по одной струе из двух соседних стояков;

в зданиях с расчетным количеством струй четыре и более на стояках допускается устанавливать спаренные пожарные краны, от которых обеспечивается расчетное количество пожарных струй;

количество струй, подаваемых из каждого стояка, должно приниматься не более двух.

Для обеспечения трех и более расчетных противопожарных струй допускается использовать пожарные краны на соседних стояках. Радиус действия пожарного крана  $R_{п.к.}$  (рис. 24, а) определяется по формуле

$$R_{п.к.} = R_{к.}^{пр} + l_{рук}, \quad (152)$$

где  $R_{к.}^{пр}$  — проекция компактной части струи на горизонтальную плоскость;  $l_{рук}$  — длина пожарного рукава.

Проекция компактной части струи определяется по формуле

$$R_{к.}^{пр} = R_{к.} \cdot \cos \alpha, \quad (153)$$

где  $R_{к.}$  — радиус компактной части струи.

В практике проектирования величину  $R_{к.}^{пр}$  принимают равной

$$R_{к.}^{пр} = 0,5 \cdot R_{к.}, \quad (154)$$

откуда

$$R_{п.к.} = 0,5 R_{к.} + l_{рук}. \quad (155)$$

Так, например, радиус действия пожарного крана (при  $R_{к.} = 6$  м и проекции струи 3 м) должен быть 23 м при длине пожарного рукава 20 и 13 м при длине пожарного рукава 10 м.

Следовательно, при орошении каждой точки помещения одной расчетной струей расстояние между пожарными кранами будет 46 м, при длине рукава 20 и 26 м — при длине пожарного рукава 10 м.

Размещение пожарных кранов при орошении каждой точки помещения двумя струями (см. рис. 24, б).

При орошении каждой точки помещения двумя струями максимальное расстояние между соседними кранами должно быть  $\leq R_{п.к.}$

Пожарные краны необходимо устанавливать на высоте 1,35 м над полом помещения и размещать в шкафиках с отверстиями для проветривания, имеющих надпись ПЖ. Спаренные пожарные краны допускается устанавливать один над другим, причем второй кран устанавливают на высоте не менее 1 м от пола.

Каждый пожарный кран снабжают пожарным рукавом одинакового с ним диаметра длиной 10 или 20 м и пожарным стволом. Как правило, применяются рукава длиной 20 м, так как более длинный рукав позволяет сократить количество пожарных кранов и уменьшить количество пожарных стояков. Пожарные рукава длиной 10 м используют в наиболее опасных в пожарном отношении объектах, например, в сценической части театров и клубов, а также в том случае, когда расстановка технологического оборудования затрудняет прокладку пожарных рукавов большей длины.

Спрски, стволы рукава и пожарные краны в одном здании должны быть одинакового диаметра, а пожарные рукава одной длины, за исключением помещений, к которым применяются повышенные в пожарном отношении требования.

На противопожарных сухих водопроводах неотапливаемых зданий устанавливают запорные и спускные устройства, располагаемые в отапливаемых помещениях или колодах.

Стояки противопожарного водопровода для создания циркуляции воды рекомендуются соединять на последнем этаже с санитарно-техническим или технологическим прибором.

## ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВЫСОТЫХ ЗДАНИЙ

Наряду с общими требованиями, предъявляемыми к внутреннему противопожарному водопроводу зданий обычной этажности, к противопожарному водопроводу высотных зданий предъявляется целый ряд дополнительных требований.

Расход воды на внутреннее пожаротушение высотных зданий следует определять по табл. 36.

Таблица 36. Число струй при расходе 5 л/с воды на одну струю для внутреннего пожаротушения высотных зданий

| Здания                                                            | Число струй |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| Жилые здания высотой 17—25 этажей                                 | 3           |
| Здания управлений высотой более 50 м и объемом до 50 000 м³       | 4           |
| Жилые здания высотой более 25 этажей                              | 6           |
| Здания управлений высотой более 50 м и объемом более 50 000 м³    | 8           |
| Гостиницы, пансионаты, санатории и дома отдыха высотой более 50 м | 8           |
| Производственные здания высотой более 50 м                        | 8           |

Примечание. При зонном водоснабжении зданий расход воды на пожаротушение принимается одинаковым для всех зон в зависимости от этажности здания.

В высотных зданиях внутренние водопроводы устраивают, как правило, раздельными и в некоторых случаях — объединенными с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом.

В зданиях с устройством зонного водоснабжения пожарные краны должны находиться под напором баков (водонапорных либо пневматических) или хозяйственных насосов, обеспечивающих получение в любое время суток двух компактных струй длиной не менее 6 м, производительностью не менее 2,5 л/с каждая в течение 10 мин.

Гидростатический напор на отметке наиболее низко расположенного пожарного крана не должен превышать 90 м. Радиус действия компактной части пожарной струи для высотных зданий принимают не менее 16 м — для общественных и производственных зданий высотой более 50 м и 8 м — для жилых зданий такой же высоты.

Как указывалось выше, потребный напор для тушения пожара определяют по крану, расположенному в самом высоком и в самом отдаленном от ввода водопровода месте. Краны, расположенные ниже, находятся под большим давлением, следовательно, будут иметь большие длины струи и больший расход воды [13].

Например, верхний пожарный кран расположен на высоте 60 м и первые 10 мин пожара работает от водонапорного бака. В соответствии с табл. 6 СНиП 11-30-76 свободный напор у крана должен быть  $H_в = 8,8$  м, в расход  $Q_в = 3,4$  л/с при диаметре срыска 19 мм, радиус действия компактной части струи  $R_к = 6$  м и длина рукава  $l = 10$  м.

Тогда напор у крана, расположенного на нижнем этаже, будет

$$H_{н} = (8,8 + 60) - 1,35 = 67,45 \text{ м.}$$

Расход воды, л/с, нижнего крана  $Q_{н}$  находим по формуле

$$\frac{Q_{н}}{\sqrt{H_{н}}} = \frac{Q_{в}}{\sqrt{H_{в}}}, \quad (156)$$

откуда

$$Q_{н} = Q_{в} \sqrt{\frac{H_{н}}{H_{в}}}; \quad (157)$$

$$Q_{н} = 3,4 \sqrt{\frac{67,45}{8,8}} = 9,7.$$

Объем противопожарного запаса воды, м³, в водонапорном баке, определенный из условий действий двух верхних пожарных кранов в течение 10 мин, будет составлять:

$$W_1 = \frac{3,4 \cdot 60 \cdot 10}{1000} \cdot 2 = 4,08.$$

При работе двух нижних кранов на пожар требуется следующий расчетный объем запаса воды, м³:

$$W_2 = \frac{9,7 \cdot 60 \cdot 10}{1000} \cdot 2 = 11,3.$$

При работе двух нижних кранов для обеспечения 10-минутного запаса воды надо увеличивать емкость бака в  $\frac{11,3}{4,08} \approx 2,8$  раза, так как в противном случае бак во время пожара опорожнится за

$$t_{\text{опор}} = \frac{4,08 \cdot 1000}{2 \cdot 9,7 \cdot 60} \approx 3,5 \text{ мин.}$$

Таким образом, в зданиях повышенной этажности необходимый напор для тушения пожара следует определять по пожарному крану, расположенному наиболее высоко, а расчетный расход (и следовательно, запасную емкость) — по крану, расположенному в самой низкой точке. Чтобы не увеличивать объем пожарного запаса воды, у нижних пожарных кранов устанавливают дисковые диафрагмы, которые гасят избыточный напор у кранов и уменьшают расход воды.

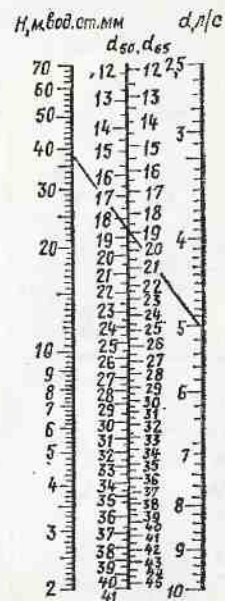
Диаметр отверстия диафрагмы рекомендуется определять по номограмме, изображенной на рис. 25, где приведен пример определения диаметра диафрагмы при избыточном напоре 40 м вод. ст., расчетном расходе воды 5 л/с и диаметре крана 65 мм. В этом случае диаметр диафрагмы равен 19 мм.

Постоянный свободный напор у пожарных кранов, расположенных на верхних этажах, рекомендуется, как правило, создавать водонапорным или пневматическим баками. Создание свободного напора объединенными хозяйственно-питьевыми и противопожарными насосами экономически нецелесообразно, так как в этом случае они должны работать круглосуточно, что ведет к перерасходу электроэнергии.

Водонапорные баки применяются в том случае, если их можно установить на отметке, обеспечивающей необходимый свободный напор у пожарных кранов на верхних этажах. В случаях, когда водонапорные баки на самом высоком месте по архитектурным или конструктивным соображениям установить невозможно, следует применять гидropневматические установки, которые просты по конструкции и не требуют больших капитальных затрат.

При возможности пневмобаки рекомендуется устанавливать в верхних технических этажах, так как в этом случае давление воздуха принимается меньше требуемого по расчету

Рис. 25. Номограмма для подбора диафрагм, установленных у пожарных кранов.



на величину геометрической высоты подъема воды, и давление в водопроводной сети  $H_с$  будет поддерживаться давлением воздуха  $H_{воз}$  и геометрической высотой расположения бака  $H_б$  ( $H_с = H_{воз} + H_б$ ).

При зонном водоснабжении может быть применена комбинированная система пожаротушения — в верхней зоне давление поддерживается пневмобаком, а в нижних этажах — водонапорными баками.

Внутренние сети противопожарного водопровода каждой зоны зданий 17 этажей и более должны иметь два выведенных наружу пожарных патрубка диаметром 80 мм для присоединения пожарных автоматов с установкой в здании обратного клапана и задвижки, управляемой снаружи. Для жилых и общественных зданий высотой 17 этажей и более проектируют спаренные стояки противопожарного водопровода, выходящие сверху и внизу перемычками с установкой запорной арматуры.

При зонном водоснабжении предусматривается кольцевание сети каждой зоны по вертикали.

## Глава 6. ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Системы горячего водоснабжения подразделяются на местные и централизованные.

В местных системах вода подогревается в местах ее потребления с помощью различных источников тепла. Системы местного горячего водоснабжения

Таблица 37. Газовые водонагреватели

| Показатели                                                                            | Проточные                            |                                  |                                         |                                      |              | Емкостные |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|---------|
|                                                                                       | Единица измерения                    | КГИ-56-1 завод «Искра» г. Москва | ГВА-3 завод газовой аппаратуры г. Львов | Л-1                                  | Л-2          | АГВ-80    | АГВ-120 |
|                                                                                       |                                      |                                  |                                         | Завод «Газовый аппарат» г. Ленинград |              |           |         |
| Габаритные размеры:                                                                   |                                      |                                  |                                         |                                      |              |           |         |
| высота                                                                                | мм                                   | 950                              | 830                                     | 1075                                 | 955          | 1540      | 1600    |
| ширина                                                                                | »                                    | 425                              | 345                                     | 405                                  | 455          | —         | —       |
| глубина                                                                               | »                                    | 225                              | 220                                     | 255                                  | 255          | —         | —       |
| диаметр                                                                               | »                                    | —                                | —                                       | —                                    | —            | 410       | 460     |
| Масса прибора                                                                         | кг                                   | 25                               | 21                                      | 235                                  | 18           | 84        | 100     |
| Емкость бака                                                                          | л                                    | —                                | —                                       | —                                    | —            | 80        | 120     |
| Диаметр подводящего газопровода                                                       | мм                                   | 25                               | —                                       | 20                                   | —            | 15        | 20      |
| То же, водопровода                                                                    | »                                    | —                                | —                                       | 15                                   | —            | —         | —       |
| Диаметр трубопровода горячей воды:                                                    |                                      |                                  |                                         |                                      |              |           |         |
| для горячего водоснабжения                                                            | »                                    | —                                | —                                       | 15                                   | —            | —         | —       |
| для отопления                                                                         | »                                    | —                                | —                                       | —                                    | —            | 40        | 40      |
| Диаметр трубы для отвода продуктов горения                                            | »                                    | 130                              | 125                                     | 128                                  | 128          | 80        | 100     |
| Тепловая нагрузка водонагревателя                                                     | тыс. кДж                             | 83                               | 75,4                                    | 75,4                                 | 50,3         | 25,1      | 37,7    |
|                                                                                       | тыс. ккал                            | 19,8                             | 18                                      | 18                                   | 12           | 6         | 9       |
| Количество нагреваемой воды при перепаде температур 50°С                              | л/ч                                  | 400                              | 360                                     | 360                                  | 240          | 120       | 180     |
| Расход газа                                                                           | $\frac{\text{нм}^3}{\text{ч}}$       | 3,0                              | 2,5                                     | 2,5                                  | 1,8          | 0,7       | 1,3     |
| Минимальное давление воды в подводящем водопроводе, необходимое для нормальной работы | $\frac{\text{кгс/см}^2}{\text{кПа}}$ | 0,5<br>49                        | 0,35<br>34,3                            | 0,35<br>34,3                         | 0,35<br>34,3 | —         | —       |

предусматривают в зданиях и сооружениях, в которых отсутствует централизованное теплоснабжение.

К местным системам относятся: газовые водонагреватели, дровяные колонки, квартирные системы нагрева воды, электрические нагреватели.

Газовые водонагреватели применяют в жилых зданиях любой этажности при наличии централизованного газоснабжения и при возможности размещения каналов для отвода продуктов сгорания.

Запрещается использование индивидуальных газовых водонагревателей в ванных комнатах гостиниц, домов отдыха и санаториев, в школах (кроме буфетов и жилых квартир), в душевых спортивных залов и котельных.

Газовые нагреватели бывают двух типов: проточные (т. е. без запаса воды) при количестве точек водоразбора не более двух (модели КГИ-56-1, ГВА-3, Л-1, Л-2) и емкостные с количеством точек водоразбора до пяти (типы АГВ-80, АГВ-120). Технические характеристики и конструктивные размеры газовых водонагревателей приведены в табл. 37.

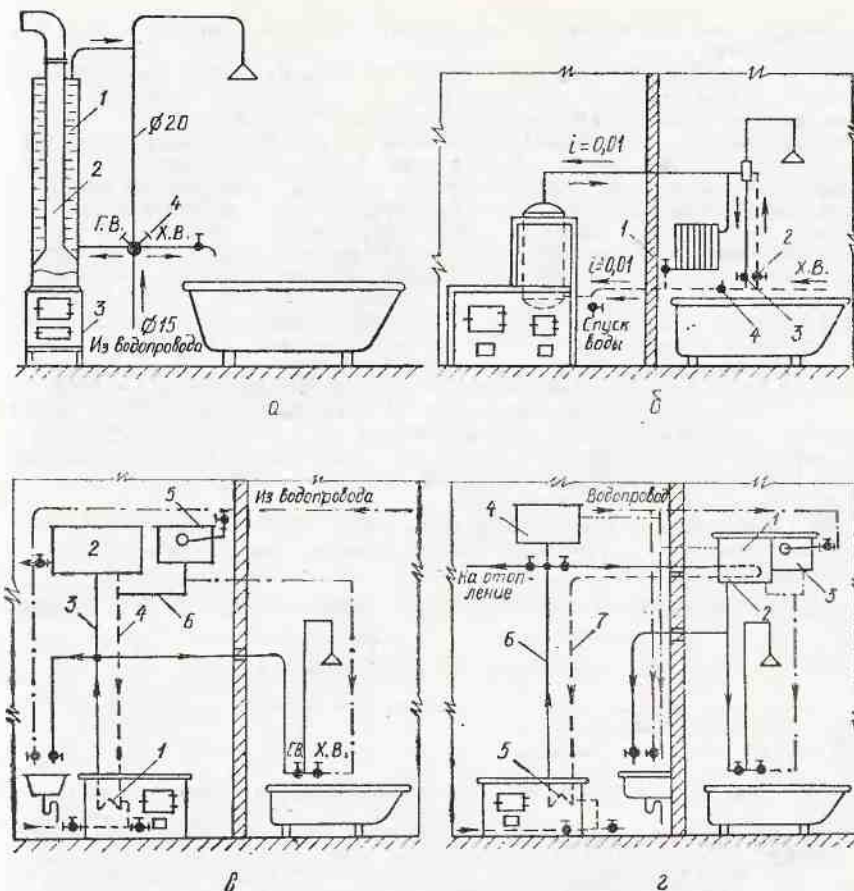


Рис. 26. Местные системы квартирного горячего водоснабжения:

а — от дровяной колонки для ванны; б — от водогрейной колонки в кухонном очаге (схема К. А. Дмитриева); в — при непосредственном соединении генератора тепла с баком-аккумулятором; г — схема с емким водонагревателем.

Нагреватели АГВ могут быть использованы также для отопления отдельных квартир: АГВ-80 площадью до 50 м², АГВ-120 площадью около 100 м².

Дровяные колонки используют для горячего водоснабжения ванной комнаты. На рис. 26, а показана колонка заводского изготовления, представляющая собой вертикальный водонагреватель с жаровой трубой. Колонка расположена на чугунном топливнике, приспособленном для сжигания твердого топлива (дрова, уголь).

Холодная вода из водопровода подводится к смесителю, имеющему два крана — холодной и горячей воды. При открытии крана горячей воды у смесителя, холодная вода, поступающая в колонку, будет вытеснять из нее горячую воду, поступающую в ванну или душ.

Для нагрева 92 л воды до 70° потребуются 45—60 мин. Расстояние от пола до дымоотводящего патрубка составляет 2150 мм; диаметр патрубка — 118 мм; наружный диаметр колонки — 315 мм; диаметр трубопровода подводящего холодную воду — 15 мм; масса колонки без воды — 90 кг; коэффициент полезного действия 30—35%.

Дровяные колонки применяются в жилых зданиях до пяти этажей включительно, если из-за отсутствия газопровода невозможно установить газовые водонагреватели. Колонка может быть переведена на газовое топливо.

Поквартирные системы нагрева воды топочными газами применяют для кухонных очагов (плит).

Схему, приведенную на рис. 26, б, удобно применять в жилых домах с печным отоплением, когда установить отдельную печь в ванной комнате невозможно из-за планировки квартиры. Радиус действия системы не более 3 м.

Вначале точки воды в колонке нагревают при закрытом кране 1 на обратной трубе после отопительного прибора. После нагрева всей колонки кран 1 открывают, в результате чего создается циркуляция через радиатор. Водозаборный кран 3 на протяжении всего периода точки открыт для спуска воды при ее температурном расширении. Для ускорения подогрева прибора открывают кран 4: холодная вода из водопровода вытесняет более горячую воду из колонки в радиатор. При водоразборе кран 1 закрывают. При пользовании душем закрывают кран 3, а температуру воды регулируют кранами 2 и 4.

На рис. 26, в приведена схема нагрева воды с помощью змеевика, расположенного в топливнике кухонной плиты, и с баком-аккумулятором горячей воды. Змеевик с баком соединяется циркуляционными подъемными и опускными трубами.

Холодная вода из водопровода подается к уравнительному бачку с шаровым краном. Баки холодной и горячей воды имеют соединительную трубу, включающую в обратную линию отопления. Для лучшей регулировки температуры воды у смесителя ванной холодную воду подают к нему от уравнительного бачка. Уровни воды в обоих бачках, а, следовательно, давления холодной и горячей воды у смесителя ванной будут одинаковыми, что улучшает смешивание.

Бак горячей воды служит аккумулятором тепла, обеспечивающим расход горячей воды для ванны, и одновременно расширительным баком увеличенной емкости для водяного отопления.

Тепловое напряжение поверхности нагрева генератора тепла  $\frac{Q}{H} = 42 - 50$  тыс.

$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} (10 - 12 \text{ тыс. } \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}})$ , где  $Q$  — тепловая нагрузка,  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \left( \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \right)$ ;

$H$  — поверхность нагрева змеевика; применяется в обычных плитах 0,3—0,4  $\text{м}^2$ ; продолжительность точки 2,5—3 ч.

Недостатком таких систем является отложение накипи в змеевиках и в циркуляционных трубах, поэтому их применяют при небольшой жесткости воды до  $3 \frac{\text{мг. экв}}{\text{л}}$ .

Конструкция генератора тепла должна быть рассчитана на периодическую очистку от накипи.

На рис. 26, г представлен способ включения емкого водонагревателя горячей водоснабжения в квартирную систему водяного отопления. В водонагревателе установлен дополнительный змеевик из стальных труб диаметром 25—40 мм с поверхностью нагрева 0,7  $\text{м}^2$ , по которому циркулирует теплоноситель системы отопления. Водоразбор горячей воды происходит независимо от системы отопления.

Эта система не имеет недостатков предыдущей и может работать на более жесткой воде.

Водонагреватель и уравнительный бачок устанавливают ниже расширительного бака. Вода, нагреваемая в змеевике кухонной плиты поступает по подъемной трубе в змеевик водонагревателя и отдает свое тепло воде, находящейся в баке, куда последняя поступает из водопровода. Нагретая в баке вода под давлением водопровода подается к водоразборным кранам ванн, умывальников, моек. Охлажденный теплоноситель по опускной трубе возвращается обратно в генератор тепла.

К централизованным системам горячего водоснабжения относятся: местные централизованные системы, закрытые и открытые.

В местных централизованных системах вода подогревается в местных домовых или небольших отдельно стоящих котельных паром низкого давления  $p \leq 7,1 \text{ МПа} \left( 0,7 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right)$ .

На рис. 27, а приведена схема горячего водоснабжения с малометражным паровым котлом и емким водонагревателем, в нижней части которого размещен змеевик из стальных труб, куда подается пар.

Для обеспечения возврата конденсата в котел самотеком, водонагреватель располагается выше котла на величину равную давлению пара в котле за вычетом сопротивления труб от котла до подогревателя.

Вода из водопровода подается в нижнюю часть водонагревателя, где она нагревается и под давлением водопровода поступает к водоразборным кранам горячей воды. Емкий водонагреватель (аккумулятор) служит для выравнивания пиковых нагрузок горячего водоснабжения.

Для горячего водоснабжения ванн и прачечных вода нагревается в баках-аккумуляторах, расположенных в специальных помещениях или на чердаке здания (рис. 27, б).

Вода в баке нагревается паром, пропускаемым по съемным змеевикам из стальных труб, кроме того, в баке одновременно хранится необходимый аварийный запас воды.

Вода, поступающая в бак из водопровода при помощи шарового клапана, поддерживается на необходимом уровне независимо от расхода горячей воды. К водоразборным кранам горячая вода подается под напором бака. Для обеспечения равенства давлений у смесителей устанавливается два бака — холодной и горячей воды.

Иногда вода в баках может нагреваться при помощи пароводяных эжекторов или барботажа пара через перфорированные трубы. Эти способы нагрева просты в устройстве, дешевы и обладают большой теплопроизводительностью. К их недостаткам следует отнести большой шум при работе и потерю конденсата, который является ценным продуктом для питания котлов. Установка баков горячей воды с непосредственным впуском пара разрешается при расходе тепла до 840 тыс.  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}}$  (200 тыс.  $\frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$ )

и общей жесткости питательной воды котлов не более  $4 \frac{\text{мг. экв}}{\text{л}}$ , а также при от-

сутствии в паре масла. При наличии в котельной водоподготовки вода в баках может непосредственно нагреваться паром независимо от величины расхода тепла. На нужды горячего водоснабжения вода также может нагреваться непосредственно в цилиндрических стальных водогрейных котлах при жесткости ее до  $4 \frac{\text{мг. экв}}{\text{л}}$ .

Накипь должна удаляться механическим способом. Чугунные секционные котлы применять нельзя.

В закрытых системах вода нагревается в подогревателях, присоединяемых к водяным тепловым сетям [4, 9].

На рис. 27, в, г и д приведены три принципиальные схемы присоединения систем горячего водоснабжения через водоводяные подогреватели: в — без бака аккумулятора; г — с верхним баком; д — с нижним баком.

Из тепловой сети вода подается в скоростной поверхностный водонагреватель, где она нагревает водопроводную воду от температуры  $t_x = +5^\circ \text{C}$  до  $t_r = 60 - 65^\circ \text{C}$ , которая поступает к потребителям (ванны, души, умывальники, мойки). При недостаточном давлении в водопроводе устанавливают повысительный насос.

На схеме 27, в без аккумулятора, предусмотрена возможность переключения водонагревателей на параллельную, смешанную и двухступенчатую последовательные схемы с помощью задвижек 2, 3, 4, 9.

Выбор этих схем осуществляется в зависимости от величины отношения максимальной часовой нагрузки горячего водоснабжения  $Q_{г.в}^M$  к расчетному часовому расходу тепла на отопление  $Q_{от}$  [20]: а) при  $\frac{Q_{г.в}^M}{Q_{от}} \leq 0,6$  — двухступенчатая последовательная; б) при  $0,6 < \frac{Q_{г.в}^M}{Q_{от}} < 1,2$  — смешанная; в) при  $\frac{Q_{г.в}^M}{Q_{от}} > 1,2$  — параллельная.

В схемах без аккумулятора подогреватель и подводящую тепловую сеть рассчитывают на максимум горячего водоснабжения.

В схемах с аккумуляторами (рис. 27, г и д) резервные баки обязательно устанавливают у тех потребителей (бани, больницы и др.), где недопустим перерыв в подаче горячей воды. Кроме того, они служат для выравнивания неравномерного графика потребления воды в течение суток. Баки могут иметь резерв горячей воды из расчета 1—2 ч при максимальном водоразборе. Объем бака, например, для жилого дома должен быть равен 4—6-кратному среднему часовому расходу местной воды. В этом случае снижается поверхность нагрева подогревателя и уменьшается нагрузка на тепловую сеть. Верхнее расположение баков предпочтительнее из-за частичной деаэрации воды, что ослабляет процессы внутренней коррозии в системах горячего водоснабжения.

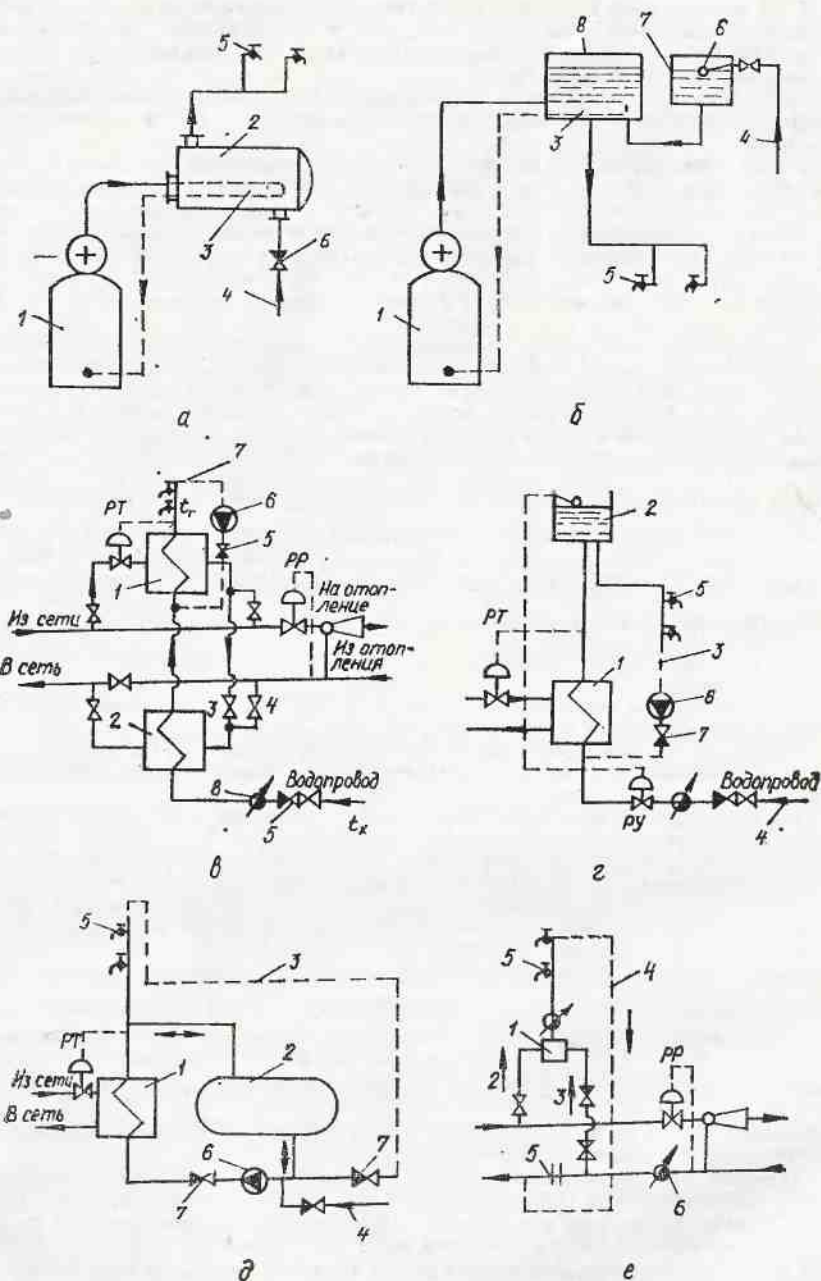


Рис. 27. Централизованные системы горячего водоснабжения:

а — с малометражным паровым котлом и емким водонагревателем; 1 — паровой котел; 2 — емкий водонагреватель; 3 — змеевик; 4 — вода из водопровода; 5 — водоразборные краны; 6 — обратный клапан; б — с паровым котлом и баком-аккумулятором; позиции 1, 3, 4, 5 — те же, что на рис. 27 а; 6 — шаровый клапан; 7 — бак холодной воды; 8 — бак горячей воды; в — от тепловой сети с присоединением через скоростной водонагреватель; 1 — верхняя ступень

циркуляции местной воды осуществляется с помощью постоянно действующих центробежных насосов. В схеме с нижним аккумулятором насос одновременно должен служить и для зарядки бака.

Все три схемы требуют установки авторегуляторов. В схеме рис. 27, в устанавливается один регулятор температуры (РТ) горячей воды. В схеме 27, г устанавливается уже два регулятора, один из которых обеспечивает заданную температуру горячей воды, а другой РУ (регулятор уровня) — заданный расход местной воды, идущей в бак. При переполнении бака РУ должен прекратить подачу местной воды. Регулятор температуры на сетевой воде в этом случае закроется из-за быстрого перегрева местной воды.

Наиболее сложно авторегулирование в схеме с нижним баком-аккумулятором (рис. 27, д). Здесь, кроме поддержания заданной температуры горячей воды, необходимо автоматическое управление процессом зарядки и разрядки бака. Производительность насоса 6 выбирается равной среднечасовому расходу горячей воды и обеспечивается его постоянная работа в течение суток. Насос, имеющий пологую характеристику, служит как бы авторегулятором, устанавливающим постоянный расход воды через подогреватель.

В системах горячего водоснабжения, работающих от подогревателей, трубопроводы и подогреватели необходимо защищать от внутренней коррозии и накипобразования. Процессы внутренней коррозии особенно активны при мягкой воде (до

$3 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}}$ ), накипобразование — при жесткой (выше  $6 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}}$ ). Существующие способы борьбы с коррозией (сталестружчатые и доломитовые фильтры, деаэрационные установки) применимы только в крупных системах горячего водоснабжения. В отдельных жилых домах, общественных и культурно-бытовых зданиях эти установки громоздки, требуют специальных помещений и постоянного обслуживания.

В соответствии со СНиП II-34-76 для систем горячего водоснабжения должны применяться стальные оцинкованные трубы.

В открытых системах горячая вода поступает непосредственно из тепловых сетей (рис. 27, е).

В открытой системе отбор воды на горячее водоснабжение производится путем смешения в терморегуляторе сетевой воды из падающего и обратного трубопроводов. В результате смешения обоих потоков давление за смесителем близко к давлению в обратном трубопроводе. Поэтому для осуществления циркуляции воды в системе иногда делается врезка циркуляционного трубопровода в обратный трубопровод за отбором воды к терморегулятору и после дроссельной шайбы, рассчитанной на гашение напора, равного сопротивлению системы горячего водоснабжения.

Экономичная и надежная работа открытых систем может быть обеспечена лишь при надежной работе терморегулятора. При его отсутствии на трубопроводах обычно используют ручное переключение задвижек.

Нормы расхода горячей воды водоразборными приборами определяются по секундной  $q_0^{\text{гор}}$  (л/с) и часовой  $Q_0^{\text{гор}}$  (л/ч) производительности при минимальных свободных напорах (м вод. ст.) по приложению 3 \* СНиП II-34-76, а также по табл. 43 настоящего справочника.

Нормы расхода воды одним потребителем в сутки и час наибольшего водопотребления, установленные при средней температуре холодной воды  $t_x = 5^\circ\text{C}$  и средней

цели подогревателя; 2 — нижняя ступень подогревателя; 3, 4 — задвижки; 5 — обратный клапан; 6 — циркуляционный насос; 7 — циркуляционная линия; 8 — водомер; РР — регулятор расхода; РТ — регулятор температуры; в — с водонагревателем и верхним баком-аккумулятором; 1 — скоростной водонагреватель; 2 — верхний бак горячей воды; 3 — циркуляционная линия; 4 — водопровод; 5 — водоразборные краны; 6 — циркуляционный насос; 7 — обратный клапан; РТ — регулятор температуры; РУ — регулятор уровня; д — с водонагревателем и нижним баком-аккумулятором; 1 — водонагреватель; 2 — нижний бак-аккумулятор; 3, 4, 5, 6, 7 — то же что на рис. 27 г; е — с непосредственным водоразбором из тепловой сети; 1 — смеситель (терморегулятор); 2 — подающий трубопровод; 3 — обратный трубопровод; 4 — циркуляционная линия; 5 — дроссельная шайба; 6 — водомер; РР — регулятор расхода.

\* Здесь  $g = g_0^{\text{гор}}$ , а  $g_x = Q_0^{\text{гор}}$  (характерный наибольший расход воды данным водоразборным прибором).

температуре воды в водоразборных стояках систем горячего водоснабжения  $t_{г.сп} = 55^\circ \text{C}$ , необходимо принимать по приложению 5 СНиП II-34-76, а также на основании табл. 44 \* данного справочника.

Указанные нормы расхода воды представляют собой средние величины, определяющие устойчивые уровни потребления воды, характерные для каждой группы потребителей в зданиях и сооружениях данного назначения. В системе горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором средней температуры воды в водоразборных стояках следует принимать равной  $65^\circ \text{C}$ , а нормы расхода горячей воды — на основании указанных в табл. 44 с коэффициентом 0,85.

Таблица 38. Значения коэффициента  $\phi$  и числа посадок на предприятиях открытой сети общественного питания

| Тип предприятия                                              | $\phi$ | $d$ |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----|
| Столовые и кафе в городах и поселках                         | 0,45   | 2   |
| Столовые в сельских населенных пунктах                       | 0,45   | 2   |
| Столовые промышленных предприятий и высших учебных заведений | 0,25   | 4   |
| Рестораны                                                    | 0,65   | 1,5 |

Для предприятий общественного питания и других потребителей горячей воды, где по условиям технологии требуется дополнительный подогрев воды до  $65^\circ \text{C}$ , нормы расхода горячей воды необходимо принимать по табл. 44 без учета поправочных коэффициентов.

Нормы расхода воды на предприятиях общественного питания, которые следует принимать по табл. 44, приведены на одно условное блюдо. Расчетное количество блюд  $u$  в час следует вычислять по формуле

$$u = 2,2\phi nd, \quad (158)$$

где  $\phi$  — коэффициент одновременной реализации блюд (табл. 38);  $n$  — количество посадочных мест;  $d$  — число посадок в час.

На предприятиях закрытой сети общественного питания (больницы, санатории и т. п.) рекомендуется принимать один обед равным 2,2 условного блюда, а число посадок и продолжительность приготовления обеда в часах назначать в соответствии с технологическим заданием.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ И ТЕПЛА

Расчетные секундные расходы горячей воды  $q$  л/с при водоразборе, а также в участках сети трубопроводов при гидравлическом расчете систем горячего водоснабжения следует определять по формуле (199).

Если в системе установлены различные по производительности приборы, то значение  $q_0$  необходимо принимать для прибора, расход горячей воды для которого является наибольшим при условии, что приборы данного типа составляют не менее 5% общего количества.

При сложности выбора диктующего прибора расход  $q_0$  допускается определять как средневзвешенную величину по формуле (200).

Вероятность действия  $P$  водоразборных приборов следует определять:

для отдельного здания или сооружения или группы зданий или сооружений одинакового типа и назначения по формуле

$$P = \frac{g_{н.ч} u}{3600 q_0 N}, \quad (159)$$

\* Нормы расхода горячей воды в сутки наибольшего водопотребления в табл. 44 следует определять как разность соответствующих норм общего расхода  $Q_{сум}$  и расхода холодной воды  $Q_{холод}$ . В СНиП II-34-76 эта разность обозначена  $g_n$ .

Таблица 39. Значения коэффициента использования водоразборных приборов

| Водоразборные приборы                                                          | $k_n$ |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Смеситель умывальника                                                          | 0,32  |
| Смеситель                                                                      | 0,2   |
| Смеситель душа                                                                 | 0,42  |
| Смеситель ванны                                                                | 0,28  |
| Смеситель ножной ванны                                                         | 0,6   |
| Смеситель проходного ножного душа в бассейнах                                  | 0,85  |
| Смеситель ручной ванны                                                         | 0,7   |
| Душ в групповых установках                                                     | 0,5   |
| Смеситель полудуша                                                             | 0,6   |
| Кран раковины                                                                  | 0,2   |
| Кран мойки                                                                     | 0,39  |
| Кран водоразборной колонки в мыльной                                           | 0,7   |
| Кран ванны в мыльной                                                           | 0,23  |
| Смеситель контрастного микробассейна                                           | 0,2   |
| Кран оздоровительной ванны                                                     | 0,34  |
| Смеситель оздоровительного (циркулярного полевого, дождевого и струевого) душа | 0,9   |
| Смеситель плескательного детского бассейна (с душем)                           | 0,17  |
| Водоразборные приборы:                                                         |       |
| посудомоечной машины                                                           | 1     |
| моечной ванны                                                                  | 1     |

Примечание. Значение  $k_n$  следует принимать для прибора, расход горячей воды за час ( $Q_0^{\text{гор}}$ ) которого является характерным (наибольшим) для данного здания или группы зданий (см. табл. 43)

где  $g_{н.ч}$  — норма расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления, в соответствии со СНиП II-34-76 или по табл. 44, л/ч;  $u$  — количество потребителей горячей воды;  $N$  — общее количество водоразборных приборов;

для систем, обслуживающих различных водопотребителей, как средневзвешенное значение для всех обслуживаемых зданий или сооружений по формуле

$$P_{\Sigma} = \frac{N_1 P_1 + N_2 P_2 + \dots + N_i P_i}{N_1 + N_2 + \dots + N_i} = \frac{\Sigma N_i P_i}{\Sigma N_i}, \quad (160)$$

или

$$P_{\Sigma} = \frac{g_{н.ч.1} u_1 + g_{н.ч.2} u_2 + \dots + g_{н.ч.i} u_i}{3600 q_0 \Sigma N_i}. \quad (161)$$

При отсутствии данных о количестве приборов расчетный секундный расход воды допускается определять в зависимости от величины

$$Nr = \frac{g_{н.ч} u}{3600 \cdot q_0}. \quad (162)$$

После определения  $r$  или  $Nr$  по приложению 4 СНиП II-34-76 вычисляется величина  $\alpha$ , а затем секундный расход по формуле (199). При гидравлическом расчете систем величина  $\alpha$  определяется для каждого рассматриваемого участка как функция  $r$  и  $N_{\text{уч}}$ , где  $r$  определяется один раз для всей системы в целом,  $N_{\text{уч}}$  — количество водоразборных приборов, обслуживаемых рассматриваемым участком.

Расчетный часовой расход воды в час наибольшего водопотребителя при определении поверхности теплообмена подогретителей и емкостей баков-аккумуляторов следует определять по формуле

$$G_q = 18q k_n \alpha_{\text{н.ч}}, \quad (163)$$

где  $k_n$  — коэффициент использования водоразборных приборов; определяется как вероятность действия приборов при наиболее интенсивном их использовании в течение

часа наибольшего водопотребления и принимается по табл. 39;  $\alpha_n$  — величина, которую следует определять по приложению 4 СНиП II-34-76 в зависимости от общего количества  $N$  приборов на расчетном участке сети трубопроводов и вероятности их использования  $P_q$  в час наибольшего водопотребления. По табл. 2 [20] следует определять  $\alpha_n$  при  $p_q > 0,1$  и  $N \leq 200$ , а в других случаях  $\alpha_n$  определяется по табл. 1 приложения 4 СНиП II-34-76.

Вероятность использования водоразборных приборов в системах горячего водоснабжения  $p_q$  следует определять по формуле

$$P_q = \frac{P}{k_u} \quad (164)$$

Часовые расходы тепла системами горячего водоснабжения при определении поверхностей теплообмена водонагревателей рассчитываются по формуле

$$Q_{\max} = G_{\text{ч}} \gamma (t_{\text{г.ср}} - t_{\text{х}}) + \Delta Q_{\text{п}} + \Delta Q_{\text{ц}} \quad (165)$$

где  $Q_{\max}$  — максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение, кДж/ч (ккал/ч);  $\gamma$  — объемный вес воды, кг/м<sup>3</sup>;  $c = 1$  ккал/кг · °С или 4,19 кДж/кг · °С — теплоемкость воды;  $t_{\text{г.ср}} = 55^\circ\text{C}$  — средняя температура горячей воды в трубопроводах водоразборных стояков, для которой установлены нормы расхода воды;  $t_{\text{х}}$  — температура водопроводной холодной воды, принимается  $+5^\circ\text{C}$ ;  $\Delta Q_{\text{п}}$ ,  $\Delta Q_{\text{ц}}$  — потери тепла подающими и циркуляционными трубопроводами. При отсутствии сведений о потерях тепла рекомендуется вводить надбавку на основной расход тепла в размере 20% или вместо  $t_{\text{г.ср}} = 55^\circ\text{C}$  принимать  $t_{\text{г}} = 60^\circ\text{C}$ , кДж/ч (ккал/ч).

#### УСТРОЙСТВО СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Система централизованного горячего водоснабжения состоит из генератора тепла; водоподогревателя; трубопроводов теплоносителя, соединяющих генератор тепла с водоподогревателем; циркуляционных трубопроводов; сетевых устройств (компенсаторы линейных удлинений, воздухоотводчики); арматуры (водоразборная, предохранительная, запорная); баков-аккумуляторов; насосных установок; контрольно-регулирующих устройств (регуляторы расхода, температуры и др.).

Прежде чем приступить к гидравлическому расчету трубопроводов системы горячего водоснабжения, необходимо разработать принципиальную схему системы и трассировку трубопроводов от теплового пункта до потребителей.

Сети трубопроводов горячего водоснабжения, как правило, следует проектировать с нижней тупиковой разводкой. В системах горячего водоснабжения жилых зданий, больниц, поликлиник, гостиниц и зданий, где необходимо поддерживать постоянную температуру горячей воды в течение суток, предусматриваются циркуляционные трубопроводы.

Широко распространена схема, особенностью которой является наличие циркуляционного стояка на каждый подающий стояк («классическая» схема рис. 28, а). Находит применение схема с закольцованными поверху стояками и главным циркуляционным стояком (рис. 28, б). Число подающих стояков, подключенных к одному циркуляционному, может достигать 6—7. В домах последних серий проектируют системы с секционными узлами (по несколько подающих стояков в узле) и общим циркуляционным стояком (рис. 28, в). Они рекомендуются для зданий высотой 9 этажей и более.

В ванных комнатах следует предусматривать установку постоянно обогреваемых полотенцесушителей, присоединяемых, как правило, к циркуляционным стоякам. В зданиях высотой до 4 этажей включительно при отсутствии циркуляционных стояков и в других отдельных случаях в зависимости от местных условий допускается присоединение полотенцесушителей к системе отопления.

Для выпуска воздуха и спуска воды трубопроводы прокладывают к тепловому пункту с уклоном не менее 0,002. В системе с нижней разводкой специальных устройств для выпуска воздуха не предусматривают. При верхней разводке и отсутствии верхних баков-аккумуляторов устанавливают автоматические воздухоотводчики. Для спуска воды из системы в нижних ее точках предусматривают спускные устройства.

Стояки горячего водоснабжения монтируют справа по отношению к стоякам холодного водоснабжения. Циркуляционный стояк прокладывают справа от горячего стояка.

Трубопровод на стене крепят при помощи хомутиков. Трубы диаметром до 50 мм включительно соединяют на резьбе, более 50 мм — на сварке. Повороты трубопроводов выполняют путем гнутья. На трубах малого сечения допускается установка угольников под углом  $90^\circ$ . В местах прохода через перекрытия, внутренние стены и перегородки трубопроводы заключают в гильзы.

Трубопроводы горячего водоснабжения укладывают выше трубопроводов холодного водоснабжения. На прямолинейных участках устанавливают компенсаторы,

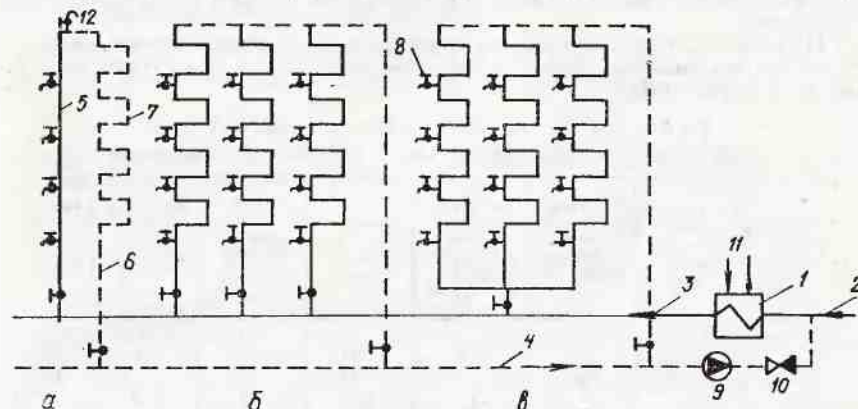


Рис. 28. Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения:

а — классическая схема; б — схема с закольцованными стояками и главным циркуляционным стояком; в — схемы с секционными узлами; 1 — водоподогреватель; 2 — вода из водопровода; 3 — подающий трубопровод; 4 — циркуляционный трубопровод; 5 — водоразборный стояк; 6 — циркуляционный стояк; 7 — полотенцесушитель; 8 — водоразборные приборы; 9 — циркуляционный насос; 10 — обратный клапан; 11 — вход и выход сетевой воды ТЭЦ; 12 — воздушник.

воспринимающие термические удлинения. Между компенсаторами монтируют неподвижные опоры для закрепления трубопровода. Подогреватели, аккумуляторы, главные стояки и разводящие магистрали независимо от места их расположения покрывают тепловой изоляцией.

Запорную арматуру устанавливают: на всех ответвлениях от магистральных трубопроводов; у оснований подающих и циркуляционных стояков в зданиях в три этажа и более; на ответвлениях в каждую квартиру и на ответвлениях, питающих пять и более водоразборных точек.

Перед присоединением циркуляционного трубопровода к водонагревателю при насосной циркуляции на нем устанавливают обратный клапан.

Теплоснабжение городов от крупных ТЭЦ и котельных часто осуществляется по схеме с устройством центральных тепловых пунктов (ЦТП). С возникновением ЦТП появились квартальные системы горячего водоснабжения, обслуживающие от 2 до 20 зданий, с разветвляемой внутриквартальной сетью. Циркуляционные магистрали в этих системах целесообразно устраивать в каждом здании, а не присоединять подающие и циркуляционные стояки к магистралям, приложенным по подвалам нескольких зданий. Наличие автономной циркуляционной магистрали в здании позволяет распределить циркуляционный расход между зданиями, а затем уже между циркуляционными стояками, что упрощает наладку системы и повышает ее гидравлическую устойчивость.

Размещение ЦТП, как правило, следует предусматривать в центре района потребления горячей воды и располагать в отдельно стоящем наземном здании.

# ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров подающих и циркуляционных трубопроводов, потерь напора и выбор циркуляционных и повысительных насосов.

**Расчет подающих трубопроводов.** Диаметры подающих трубопроводов должны приниматься из расчета обеспечения подачи необходимого количества горячей воды с требуемой температурой в наиболее удаленные и высокорасположенные точки водоразбора с наибольшим использованием гарантийного напора в наружной водопроводной сети.

Исходными данными для расчета является схема горячего водоснабжения, составленная на основании проекта, и расчетные расходы воды по участкам, вычисленные по формуле (199).

Таблица 40. Значения расчетных диаметров труб для гидравлического расчета систем горячего водоснабжения

| Условный диаметр трубы $d_y$ , мм | Расчетный диаметр новой трубы $d_n$ , мм | Величина уменьшения диаметра трубы $\Delta d$ , мм | Расчетный диаметр трубы с учетом зарастания $d_p$ , мм | Условный диаметр трубы $d_y$ , мм | Расчетный диаметр новой трубы $d_n$ , мм | Величина уменьшения диаметра трубы $\Delta d$ , мм | Расчетный диаметр трубы с учетом зарастания $d_p$ , мм |
|-----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 15                                | 15,75                                    | 3,6                                                | 12,15                                                  | 80                                | 80,5                                     | 4,8                                                | 75,7                                                   |
| 20                                | 21,25                                    | 3,8                                                | 17,45                                                  | 100                               | 106                                      | 5                                                  | 101                                                    |
| 25                                | 27                                       | 4                                                  | 23                                                     | 125                               | 131                                      | 5,2                                                | 125,8                                                  |
| 32                                | 35,75                                    | 4,2                                                | 31,55                                                  | 150                               | 156                                      | 5,4                                                | 150,6                                                  |
| 40                                | 41                                       | 4,3                                                | 36,7                                                   | 200                               | 199                                      | 5,7                                                | 193,3                                                  |
| 50                                | 53                                       | 4,5                                                | 48,5                                                   | 250                               | 253                                      | 5,9                                                | 247,1                                                  |
| 70                                | 68                                       | 4,6                                                | 63,4                                                   |                                   |                                          |                                                    |                                                        |

По расходам воды определяют диаметры  $d_y$  и удельные потери напора  $R_L$  на расчетных участках, приведенные в [30]. Скорости движения воды в стояках подающих трубопроводов следует принимать до 1,5 м/с, в подводках к приборам — до 2,5 м/с.

Потери напора в подающем трубопроводе следует определять с учетом зарастания труб по секундным расходам горячей воды ( $q$ , л/с) на хозяйственно-бытовые нужды с учетом циркуляционного расхода (при наличии циркуляции).

Потери напора в отдельных участках, кПа ( $\frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}$ ), трубопроводов систем горячего водоснабжения следует определять по формуле

$$\Delta H_{yч} = R_L l (1 + \alpha), \quad (166)$$

где  $R_L$  — удельные потери напора,  $\frac{\text{кПа}}{\text{м}}$  ( $\frac{\text{кгс}}{\text{м}^2 \text{ м}}$ );  $l$  — длина участка трубопровода, м;

$\alpha$  — коэффициент местных потерь напора; принимается: 0,2 — для подающих (распределительных) трубопроводов; 0,5 — для трубопроводов в пределах тепловых пунктов; 0,1 — для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей; 0,5 — для трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями.

Удельные потери напора можно вычислять по формуле

$$R_L = 0,0304 \frac{q^2}{d_p \left( \lg \frac{3,7 d_p}{k_s} \right)^2}, \quad (167)$$

где  $R_L$  — удельные потери напора, мм/м;  $q$  — расчетный расход воды, л/с;  $k_s$  — эквивалентная шероховатость стенок труб, которую следует принимать 0,001 м;  $d_p$  — расчетный диаметр трубопровода, который следует принимать с учетом зарастания труб по табл. 40.

Общая потеря напора в подающем трубопроводе расчетного направления (от водонагревателя до самой высокой точки водоразбора наиболее удаленного стояка) определяется как сумма потерь напора на каждом из расчетных участков, т. е.

$$\Delta H_{\text{под}} = \sum_{i=1}^i \Delta H_{yч}, \quad (168)$$

где  $i$  — номера участков;  $\Delta H_{yч}$  — потери напора на участках по формуле (166).

Повышение шероховатости труб от накипи можно учитывать с помощью коэффициента 1,2.

Требуемый напор в точке присоединения системы горячего водоснабжения к городскому водопроводу определяется по формуле

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{вод}} + \Delta H_n + \Delta H_{\text{под}} + H_{\text{г}} + H_{\text{св}}, \quad (169)$$

где  $H_{\text{вод}}$  — потери напора в водомере, м вод. ст., определяется по формуле

$$H_{\text{вод}} = sq^2, \quad (170)$$

здесь  $q$  — расчетный расход воды, л/с;  $s$  — коэффициент сопротивления водомера, принимаемый в зависимости от его калибра:

|                                   |      |     |      |        |         |          |
|-----------------------------------|------|-----|------|--------|---------|----------|
| Калибр водомера, мм               | 20   | 30  | 40   | 50     | 80      | 100      |
| $s$                               | 5,18 | 1,3 | 0,32 | 0,0265 | 0,00207 | 0,000675 |
| Наибольший допустимый расход, л/с | 0,7  | 1,4 | 2,8  | 6,0    | 22      | 39       |

$\Delta H_n$  — потери напора в трубках подогревателя, м;  $H_{\text{под}}$  — потеря напора в подающем трубопроводе, м;  $H_{\text{г}}$  — геометрическая высота подачи воды от оси холодного водопровода до оси наиболее высокорасположенного водоразборного прибора, м;  $H_{\text{св}}$  — свободный напор перед прибором, принимается в пределах 2—7 м.

При вводе в здание общего трубопровода наружного водоснабжения для систем холодного и горячего водоснабжения при недостаточном напоре в наружной водопроводной сети для совместного их обслуживания следует установить повысительные насосы. Если вычисленный по формуле (171) напор более чем на 10 м превышает требуемый напор в системе холодного водопровода, предусматривают установку дополнительных повысительных насосов. В системах горячего водоснабжения жилых зданий в качестве дополнительных повысительных насосов используют циркуляционные насосы, устанавливаемые на подающем трубопроводе.

Требуемый напор повысительных насосов определяют по формуле

$$H_{\text{пов}} = H_{\text{тр}} - H_{\text{в}}, \quad (171)$$

где  $H_{\text{в}}$  — напор в городском водопроводе, м.

Подбирают повысительный насос по расчетному секунднему расходу горячей воды  $q$  и расчетному напору  $H_{\text{пов}}$ . Предусматривают не менее двух насосов, один из которых резервный. Размещают их, как правило, в центральном или индивидуальном тепловых пунктах.

**Расчет циркулярных трубопроводов.** В системах горячего водоснабжения жилых зданий, больниц, поликлиник и гостиниц, а также в зданиях, в которых необходимо поддерживать равномерную температуру водоразбора в течение суток, предусматривают циркуляцию горячей воды.

Циркуляционные трубопроводы служат для предотвращения остывания воды у точек водоразбора в период отсутствия или незначительного расхода горячей воды.

Циркуляция воды может быть непрерывной в течение всего периода снабжения потребителей горячей водой и даже круглосуточной (например, в больницах), а также кратковременной за несколько часов до начала водоразбора (например в душевых промышленных предприятий — за 0,5—1 ч до конца смены).

В жилых зданиях высотой до 4 этажей включительно, если полотенцесушители не предусмотрены, циркуляцию воды проектируют только в магистральных трубопроводах. Во всех зданиях высотой более 4 этажей и в зданиях, где имеются полотенцесушители, циркуляция воды должна быть и в стояках.

При постоянном расходе горячей воды или малой протяженности подающих трубопроводов циркуляцию воды предусматривать не следует (бани, прачечные, одноэтажные здания и т. п.).

Требуемый циркуляционный расход  $G_{ц}$ , л/ч, в системах трубопроводов горячего водоснабжения при отсутствии водоразбора определяется по количеству тепла, необходимого для возмещения тепловых потерь в подающих трубопроводах

$$G_{ц} = \frac{Q_{п}}{\Delta t}, \quad (172)$$

где  $Q_{п}$  — потери тепла подающими трубопроводами, определяемые при одной для трубопроводов всех стояков системы средней температуре горячей воды,  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \left( \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \right)$ ;  $\Delta t$  — разность температур горячей воды в трубопроводах водоразборных стояков, принимается от 5 до 15° С в зависимости от протяженности циркуляционного кольца, °С.

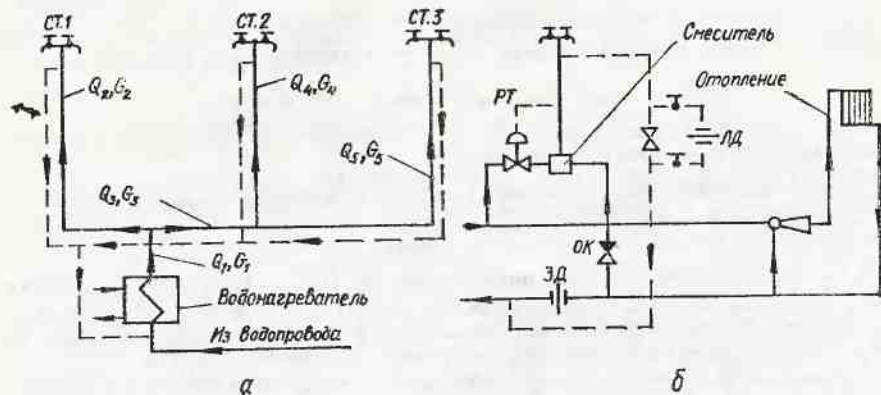


Рис. 29. К расчетам систем горячего водоснабжения:

а — расчет циркуляционных расходов; б — схема с непосредственным водоразбором; ЗД — зимняя диафрагма; ЛД — летняя диафрагма; РД — регулятор температуры горячей воды; ОК — обратный клапан.

Теплопотери,  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \left( \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \right)$  на участке трубопроводов определяют по формуле

$$Q_i = k l d_i (t_{г.ср} - t_0) \cdot (1 - \eta), \quad (173)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи неизолированной трубы, принимается равным  $42 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}}$  или  $10 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{ ч } ^\circ\text{С}}$ ;  $d_i$  — наружный диаметр трубопровода, м;  $l_i$  — длина расчетного участка, м;  $t_{г.ср}$  — средняя температура воды на участке, °С;  $t_0$  — температура окружающей среды, принимается: в бороздах и каналах +40° С; в неотапливаемых подвалах +5; на чердаках +10; в помещениях +20° С;  $\eta$  — коэффициент полезного действия изоляции, принимается 0,6—0,8; для неизолированных труб  $\eta = 0$ .

Суммарные теплопотери всей системы трубопроводов

$$Q_{п} = \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (174)$$

В жилых зданиях теплопотери подающих трубопроводов можно определять по формуле

$$Q_{п} = 0,05 Q_{макс}, \quad (175)$$

где  $Q_{макс}$  — расчетный расход тепла на горячее водоснабжение, вычисляемый по формуле (165).

Общий циркуляционный расход, вычисленный по формуле (172), между участками магистралей и стояками распределяется пропорционально теплопотерям на этих участках. Так, расход воды, циркулирующей в трубопроводах системы горячего водоснабжения, (рис. 29, а) по участкам определяется так:

1-й (от водонагревателя до магистрали)  $G_1 = \frac{Q_{п}}{\Delta t}$ ; 2-й (стояк № 1) —  $G_2 = G_1 \frac{Q_2}{Q_{п} - Q_1}$ ; 3-й —  $G_3 = G_1 - G_2$ ; 4-й (стояк № 2) —  $G_4 = G_3 \frac{Q_4}{Q_4 + Q_5}$ ; 5-й (стояк № 3) —  $G_5 = G_3 - G_4$ .

где  $Q_{п} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$  — суммарные теплопотери,  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \left( \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \right)$ ;  $Q_1, Q_2, \dots$  и т. д. — теплопотери на участках.

По полученным циркуляционным расходам определяют диаметры циркуляционных трубопроводов и потери напора так же, как при расчете подающих трубопроводов.

Диаметрами циркуляционных трубопроводов обычно задаются и принимают в системах с насосной циркуляцией на один-два размера меньше соответствующих участков подающих трубопроводов. Однако при выборе диаметров циркуляционных стояков следует обеспечивать увязку потерь напора в трубопроводах водоразборных и циркуляционных стояков с располагаемым перепадом давлений в точках их присоединения к подающим и циркуляционным трубопроводам. Разница в потерях давления циркуляционных колец не должна превышать 10%. Увязку потерь напора допускаются не производить при условии, что циркуляционный расход по отдельным ветвям сети трубопроводов системы не будет превышать требуемый более чем на 30%. Потери напора в водоразборном и циркуляционном стояках при абсолютной величине должны составлять 19,6—39,2 кПа  $\left( 0,2-0,4 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right)$ .

При невозможности увязки давлений путем соответствующего подбора диаметров труб на циркуляционном трубопроводе устанавливают диафрагмы.

Диаметр диафрагм не следует принимать менее 10 мм, а если по расчету получается менее 10 мм, то вместо диафрагм предусматривают регулировочные краны.

Диаметр диафрагмы, мм, определяют по формуле

$$d_d = 11,3 \sqrt{\frac{G_{ц}}{\sqrt{\Delta H_d}}}, \quad (176)$$

где  $G_{ц}$  — циркуляционный расход воды,  $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ ;  $\Delta H_d$  — перепад в диафрагме, который необходимо погасить, м.

Расчетный напор, м, циркуляционного насоса определяют из условия обеспечения циркуляции при водоразборе в количестве 15% от максимального часового расхода

$$H_{ц} = H_1 \left( \frac{0,15 G_{ц} + G_{ц}}{G_{ц}} \right)^2 + H_2, \quad (177)$$

где  $H_1$  — потери напора в подающем трубопроводе и оборудовании при циркуляционном расходе, м;  $H_2$  — потери напора в циркуляционном трубопроводе, м;  $G_{ц}$  — циркуляционный расход, л/ч, формула (172);  $G_{ц}$  — расчетный часовой расход горячей воды, л/ч, формула (163).

Циркуляционный насос подбирают по напору  $H_{ц}$  и расходу  $G_{ц}$  из табл. 41. Величину  $H_{ц}$  для небольших систем при применении осевых и малонапорных насосов принимают в пределах 100—500 мм вод. ст. При циркуляционных трубопроводах большой протяженности удельные потери на трение допускается принимать до 15  $\frac{\text{мм вод. ст.}}{\text{м}}$ .

На напорной линии циркуляционного насоса устанавливают задвижку и обратный клапан, а на всасывающей линии — задвижку.

При непосредственном водоразборе из тепловой сети (открытая система) циркуляция обеспечивается за счет разности давлений, создаваемой диафрагмой (рис. 29, б). Для зимнего режима (водоразбор из обратной линии) диафрагму ЗД устанавливают на обратной магистрали между точками присоединения подающего и циркуляционного трубопроводов горячего водоснабжения, для летнего — на циркуляционном трубопроводе ЛД.

Таблица 41. Характеристика насосов типа ЦНИПС и ЦНШ

| Тип насоса | Производительность |      | Напор м | Мощность электродвигателя кВт |
|------------|--------------------|------|---------|-------------------------------|
|            | м³/ч               | л/с  |         |                               |
| ЦНИПС-10   | 2                  | 0,56 | 2,5     | 0,27                          |
|            | 4                  | 1,11 | 2,4     | 0,27                          |
|            | 6                  | 1,67 | 2,2     | 0,27                          |
|            | 8                  | 2,22 | 1,9     | 0,27                          |
|            | 10                 | 2,77 | 1,6     | 0,27                          |
|            | 12                 | 3,33 | 1,3     | 0,27                          |
|            | 14                 | 3,90 | 0,9     | 0,27                          |
|            | 16                 | 4,45 | 0,5     | 0,27                          |
| ЦНШ-40     | 8                  | 2,22 | 6       | 1                             |
|            | 10,6               | 2,9  | 5       | 1                             |
|            | 12,6               | 3,5  | 4       | 1                             |
|            | 14,8               | 4,1  | 12      | 1,7                           |
|            | 17,8               | 4,9  | 10      | 1,7                           |
|            | 10,8               | 3    | 26      | 4,5                           |
|            | 15                 | 4,2  | 24      | 4,5                           |
|            | 18,6               | 5,2  | 22      | 4,5                           |
|            | 21                 | 5,8  | 20      | 4,5                           |
|            | 24                 | 6,7  | 18      | 4,5                           |
| ЦНИПС-20   | 2                  | 0,56 | 2,4     | 0,27                          |
|            | 4                  | 1,11 | 2,45    | 0,27                          |
|            | 6                  | 1,67 | 2,4     | 0,27                          |
|            | 8                  | 2,22 | 2,35    | 0,27                          |
|            | 10                 | 2,77 | 2,25    | 0,27                          |
|            | 12                 | 3,33 | 2,1     | 0,27                          |
|            | 14                 | 3,90 | 2       | 0,27                          |
|            | 16                 | 4,45 | 1,8     | 0,27                          |
|            | 18                 | 5    | 1,5     | 0,27                          |
|            | 20                 | 5,56 | 1,45    | 0,27                          |
| ЦНШ-65     | 22                 | 6,10 | 1,1     | 0,27                          |
|            | 18                 | 5,0  | 5       | 1,7                           |
|            | 25                 | 6,9  | 4       | 1,7                           |
|            | 36                 | 10   | 2       | 1,7                           |
|            | 32                 | 8,9  | 5       | 2,8                           |
|            | 37                 | 10,3 | 4       | 2,8                           |
|            | 37                 | 9,4  | 12      | 4,5                           |
|            | 42                 | 11,7 | 10      | 4,5                           |
|            | 49                 | 13,6 | 8       | 4,5                           |
|            | 30                 | 8,3  | 22      | 7                             |

Диаметр диафрагмы находят по формуле, аналогичной (176), где  $G$  — количество воды, проходящей через диафрагму, м³/ч;  $\Delta H_d$  — напор, поглощаемый диафрагмой, м. Расход воды через диафрагму в зимний период принимают равным расходу воды на отопление, а в летний — равным  $0,15 \cdot G_0$ , м³/ч, где  $G_0$  находят по формуле (163). Напор  $\Delta H_d$ , м, определяют: для зимнего режима по формуле (177); для летнего — по формуле  $\Delta H_d = H_c - H_{ц}$ , где  $H_c$  — напор на входе по летнему пьезометрическому графику.

#### РАСЧЕТ И ПОДБОР БАКОВ-АККУМУЛЯТОРОВ

Расчет оборудования тепловых пунктов на максимум тепловой нагрузки вызван ее переменным характером в системах горячего водоснабжения. Для снижения начальных затрат в сооружение системы применяют различные методы выравнивания резко переменной тепловой нагрузки путем применения аккумуляторов тепла.

Емкость аккумуляторов горячей воды зависит от потребления тепла (соответственно горячей воды) по часам суток и определяется с помощью построения интегральных графиков.

Суточный график расхода тепла строят в зависимости от режима водопотребления с выявлением часов максимального водоразбора в характерные дни работы системы горячего водоснабжения (например, в жилых зданиях наибольший расход воды в субботние и предпраздничные дни).

Среднечасовой расход горячей воды за сутки наибольшего водопотребления равен

$$G_{г.в}^{ср} = \frac{G_{г.в}^{сут}}{24} \quad (178)$$

Разность ординат графиков в любой момент времени указывает на запас воды (тепла) в баке. Максимальная разность ординат определяет необходимую емкость бака-аккумулятора  $V_{ак}$ . Если в системе горячего водоснабжения имеется аккумулятор, водоподогреватель рассчитывают на среднечасовую нагрузку, что уменьшает его поверхность нагрева и стоимость.

Если тепловая нагрузка горячего водоснабжения меньше среднечасовой, то происходит зарядка бака (+), если больше — то разрядка (—).

Отношение максимального часового расхода горячей воды (тепла)  $G_{г.в}^{макс}$  к среднечасовому  $G_{г.в}^{ср}$  характеризует коэффициент часовой неравномерности

$$k_q = \frac{G_{г.в}^{макс}}{G_{г.в}^{ср}} \quad (179)$$

(из суточного графика потребления горячей воды).

Емкость баков-аккумуляторов, л, определяют по формуле

$$V_{ак} = \frac{Q_{ак}}{t_{г.ср} - t_x} \quad (180)$$

где  $Q_{ак}$  — необходимый запас тепла в баке-аккумуляторе (максимальная разность ординат на интегральном графике, кДж (ккал);  $t_{г.ср}$  — средняя температура горячей воды, °С;  $t_x$  — температура водопроводной воды, °С.

При отсутствии данных для составления интегральных графиков необходимый запас тепла допускается определять согласно указаниям СНиП 11-34-76, приложение 9.

Независимо от расчета для ряда зданий емкость аккумуляторов не должна быть менее следующего часового расхода: для небольших бань — 1,5; для жилых зданий, общежитий, гостиниц, больниц (при снабжении от водопровода) — 1; для прачечных производительностью до 3000 кг белья в смену — 0,75 и для прачечных производительностью свыше 3000 кг белья в смену — 0,5.

Установка аккумулятора не обязательна при наличии теплофикации или газифицированной котельной с автоматизацией системы горячего водоснабжения.

Количество баков-аккумуляторов следует принимать не менее двух по 50% рабочего объема каждый с расстоянием между ними не менее 0,7 м.

Аккумуляторы горячей воды можно располагать как внизу, так и наверху здания. При верхнем расположении баки проектируют безнапорными (открытыми), в которых предусматривают трубы: для подачи воды в бак с одним или несколькими поплавковыми клапанами; расходную; переливную; спускную, присоединяемую к дну и к переливной трубе; циркуляционную (при необходимости поддержания постоянной температуры горячей воды в баке во время перерывов в разборе горячей воды); указатели уровня воды. Баки, работающие под атмосферным давлением, принимают прямоугольной и цилиндрической формы.

При нижнем расположении баки работают под давлением городского водопровода с рабочим давлением 6 кгс/см². Под избыточным давлением используют баки только цилиндрической формы.

Баки-аккумуляторы размещают в вентилируемом и освещаемом помещении с температурой воздуха зимой не ниже +5°С и тщательно теплоизолируют. Нередко

в качестве аккумулятора тепла служит сам водонагреватель, устраиваемый для этой цели емким.

Необходимая поверхность нагрева змеевиков, м<sup>2</sup>, емких подогревателей и баков определяется по формуле

$$F = (1,1 \div 1,2) \frac{Q_{г.в}}{k \Delta t_{ср}}, \quad (181)$$

где  $Q_{г.в}$  — расчетный часовой расход тепла на горячее водоснабжение,  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \left( \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \right)$ ;  $k$  — коэффициент теплопередачи от теплоносителя к воде через стенку змеевика, равный для стального змеевика при теплоносителе паре — 2514  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$  ( $\frac{660 \text{ ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$ ), при воде — 1048  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$  ( $\frac{250 \text{ ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$ );  $\Delta t_{ср}$  — расчетная разность средних температур теплоносителя и нагреваемой воды,  $^\circ\text{C}$ , определяемая из выражения

$$\Delta t = \frac{T_n + T_k}{2} - \frac{t_n + t_k}{2}, \quad (182)$$

где  $T_n$  и  $T_k$  — начальная и конечная температуры при теплоносителе-воде,  $^\circ\text{C}$ ; при теплоносителе паре  $\frac{T_n + T_k}{2} = T_n$  — температура насыщенного пара;  $t_n$  и  $t_k$  — начальная и конечная температуры нагреваемой воды,  $^\circ\text{C}$ ; 1,1÷1,2 — коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду.

Расчетный часовой расход тепла на нужды горячего водоснабжения в формуле (181) в жилых зданиях, гостиницах и больницах определяют по выражению

$$Q_{г.в} = k_q \frac{mg_n (t_r - t_x)}{24}, \quad (183)$$

где  $k_q$  — коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды;  $g_n$  — норма горячей воды в сутки наибольшего водопотребления, л/сут (СНиП II-34-76);  $m$  — количество потребителей горячей воды;  $t_r$  и  $t_x$  — расчетные температуры горячей и холодной водопроводной воды ( $t_r = 65^\circ\text{C}$ ,  $t_x = 5^\circ\text{C}$ ).

Значения коэффициента часовой неравномерности потребления горячей воды  $k_q$  для жилых зданий зависят от количества жителей в зданиях или группе зданий

|                          |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |         |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---------|
| Количество жителей, чел. | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 500 | 1000 | 3000 | 6000 | и более |
| $k_q$                    | 4,5 | 3,5 | 3   | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,5 | 2,3  | 2,1  | 2    |         |

для гостиниц — от количества проживающих:

|                              |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Количество проживающих, чел. | 60  | 150 | 300 | 450 | 600 | 900 |
| $k_q$                        | 4,6 | 3,8 | 3,3 | 3,1 | 3   | 2,9 |

для больниц общего типа — от числа коек:

|            |     |     |     |     |     |     |     |      |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Число коек | 35  | 50  | 75  | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |
| $k_q$      | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2   | 1,9 | 1,7 | 1,6  |

Значение  $Q_{г.в}$  в банях и предприятиях общественного питания вычисляется по формуле

$$Q_{г.в} = mg_n (t_r - t_x), \quad (184)$$

где  $m$  — пропускная способность в час (число посетителей — в бане, количество реализованных блюд — на предприятиях общественного питания по формуле (158), где  $u = m$ ).

Значение  $Q_{г.в}$  в механизированных прачечных по формуле (183) при  $k_q = 1$ , где  $m$  — производительность прачечной, кг сухого белья в смену;  $g_n$  — норма расхода горячей воды на 1 кг сухого белья, л; вместо 24 принимают  $T$  — количество часов работы прачечной в смену.

Потери напора в емких водонагревателях, м вод. ст.:

$$h = 1,5 \frac{v^2}{2g}, \quad (185)$$

где  $v$  — скорость движения воды в подающем трубопроводе, м/с.

## ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Тепловую изоляцию применяют для подающих и циркуляционных трубопроводов систем горячего водоснабжения, включая и стояки, кроме подводов к водоразборным приборам. Не предусматривается она по архитектурным соображениям для трубопроводов стояков, прокладываемых открыто в отапливаемых помещениях.

Теплоизоляция трубопроводов горячего водоснабжения снижает тепловые потери в окружающую среду, кроме того, увеличивает долговечность трубы и предохраняет ее поверхность от коррозии.

Теплоизоляционные материалы должны обладать низким коэффициентом теплопроводности — до 0,42  $\frac{\text{кДж}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$  ( $0,1 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$ ), малой объемной массой (не превышающей 600 кг/м<sup>3</sup>), низкой коррозионной активностью, достаточной механической прочностью, низким водопоглощением.

При выборе теплоизоляционных материалов и конструкций предпочтение следует отдавать материалам малодефицитным, экономичным, надежным в эксплуатации, позволяющим вести монтаж наиболее передовыми промышленными методами. Широко применяются изделия из минеральной ваты, защищенные битуминировкой от увлажнения. Технические показатели некоторых изоляционных материалов приведены в табл. 31.

Технология нанесения изоляции на трубы состоит в следующем. На наружную поверхность очищенной стальной трубы накладывают антикоррозийное покрытие (более подробно см. гл. 4). Затем укладывается основной теплоизоляционный слой из минеральной ваты, армированной стальной сеткой. Сверху основного слоя укладывают полужидкие асбестоцементные скорлупы, закрепляемые на трубопроводе бандажными из кровельной стали, покрываемыми сверху асбестоцементной штукатуркой (покровный слой).

Согласно СНиП II-36-73 «Тепловые сети» толщину основного слоя теплоизоляционной конструкции определяют по нормам потерь тепла или на основе технико-экономических расчетов.

Температура на поверхности изоляции в технических подпольях и подвалах жилых и общественных зданий должна быть не более 45 $^\circ\text{C}$  (при температуре воздуха 25 $^\circ\text{C}$ ).

В табл. 42 приведены нормы потерь тепла  $q_n$  в  $\frac{\text{кДж}}{\text{ч} \cdot \text{м}}$  ( $\frac{\text{ккал}}{\text{ч} \cdot \text{м}}$ ) при среднегодовых температурах теплоносителя и окружающей среды для различных способов прокладки трубопроводов.

Толщина тепловой изоляции по заданной потере тепла определяется по формуле (147), где  $\frac{d_{из}}{d_n} = e^{2\pi\lambda_{из}R_{из}}$ , откуда  $R_{из} = R_{полн} - R_{н.п}$  — термическое сопротивление

основного изоляционного слоя,  $\frac{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}{\text{кДж}}$ ;  $R_{полн} = (t_{г.ср} - t_0)/q_n$  — полное термическое сопротивление изоляции;  $t_{г.ср}$  — среднегодовая температура теплоносителя, которую можно принимать равной 55 $^\circ\text{C}$ ;  $t_0$  — температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$ ;  $R_{н.п} = \frac{1}{\alpha_n d_{из} \pi}$  — сопротивление теплоотдаче с 1 м поверхности изоляции;  $\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающую среду, принимают:

в проходных каналах и помещениях 38  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$  ( $9 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$ ); в непроходных каналах 29,3  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$  ( $7 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$ ); на открытом воздухе по формуле  $\alpha_n = 42 + 25 \sqrt{v}$   $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$ , где  $v$  — скорость движения воздуха, м/с.

Таблица 42. Нормы потерь тепла

| Наружный диаметр труб, мм | Способ прокладки                                                                         |          |                                                                                        |          |                                     |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------|
|                           | Внутри помещений и тоннелей с расчетной температурой воздуха $t_0 = +25^{\circ}\text{C}$ |          | На открытом воздухе с расчетной температурой воздуха $t_0 = 0 \div 10^{\circ}\text{C}$ |          | В непроходных каналах и бесканально |
|                           | Температура теплоносителя, $^{\circ}\text{C}$ (среднегодовая)                            |          |                                                                                        |          |                                     |
|                           | 50                                                                                       | 70       | 50                                                                                     | 70       | 50                                  |
| 32                        | 50,3 (12)                                                                                | 75 (18)  | 63 (15)                                                                                | 101 (24) | 84 (20)                             |
| 57                        | 58,7 (14)                                                                                | 88 (21)  | 88 (21)                                                                                | 117 (28) | 105 (25)                            |
| 76                        | 63 (15)                                                                                  | 101 (24) | 105 (25)                                                                               | 138 (33) | 122 (29)                            |
| 89                        | 67 (16)                                                                                  | 105 (25) | 117 (28)                                                                               | 151 (36) | 130 (31)                            |
| 108                       | 92 (22)                                                                                  | 134 (32) | 130 (31)                                                                               | 174 (41) | 142 (34)                            |
| 133                       | 113 (27)                                                                                 | 155 (37) | 147 (35)                                                                               | 143 (46) | —                                   |
| 159                       | 130 (31)                                                                                 | 176 (42) | 159 (38)                                                                               | 201 (48) | 176 (42)                            |

Коэффициенты теплопроводности из наиболее широко применяемых теплоизоляционных материалов приведены в табл. 31. Наиболее распространена изоляция трубопроводов минераловатными матами 30 мм для труб диаметром до 125 мм включительно и 40 мм для труб диаметром более 125 мм (коэффициент теплопроводности изоляции

$$\lambda_{из} = 0,06 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}.$$

Покровным слоем служит асбестовая штукатурка толщиной 10 мм или обертка стеклотканью и рубероидом.

Расчет толщины изоляции приведен в примере 7 гл. 13.

## Глава 7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Диаметры распределительных сетей, насосы, водонагреватели и прочее оборудование выбирают на основании расчетных расходов воды, отражающих критически уровни нагрузки, при которых должна нормально функционировать проектируемая система [31].

Режимы водопотребления являются, как правило, нестационарными вероятностными процессами, на которые влияют различные факторы и случайные обстоятельства. Поэтому найти общее аналитическое решение в виде соответствующих расчетных формул невозможно. Однако в течение ограниченного интервала времени (например, часа наибольшего водопотребления) при некоторых неизменных условиях режим разбора воды на объектах того или иного назначения можно с достаточным приближением рассматривать как стационарный случайный процесс. Возможные состояния водоразборных приборов (включены или выключены) в рассматриваемой сети водопровода при этом описываются формулой Эрланга. В данном случае эта формула может быть представлена в виде

$$m = f(N, P_N, P), \quad (186)$$

где  $m$  — расчетное количество одновременно действующих водоразборных приборов;  $N$  — количество водоразборных приборов, установленных на расчетном участке сети;  $P_N$  — вероятность действия каждого из установленных водоразборных приборов;  $P$  — заданная обеспеченность одновременного действия водоразборных приборов. Поскольку  $N$  известно, то задача на первом этапе сводится к нахождению таких

нормативных данных и способов их преобразования, которые позволили бы с необходимой точностью вычислить величину  $P_N$ . Последнее является постоянной величиной для конкретных условий водопотребления. Поэтому исходные данные для вычисления  $P_N$  должны представлять собой постоянные величины, отражающие средний характерный уровень разбора воды в час наибольшего водопотребления на таких объектах. Настоящим условиям отвечают данные, полученные в результате натурных измерений расхода воды на объектах того или иного назначения.

Как показывает анализ, такие данные практически не отличаются между собой для объектов одинакового назначения. Это объясняется тем, что в час наибольшего водопотребления удельные расходы на технологические нужды одинаковы, а потери воды минимальны, так как давления на вводах водопровода близки к необходимым и достаточным для зданий данной этажности, а температура в системах горячего водоснабжения не выходит из расчетных пределов. В остальное время условия водопотребления на объектах могут быть различными, что увеличивает диапазон изменения удельных суточных расходов воды и соответствующих им предельных значений коэффициентов часовой неравномерности, представляющих отношение математического ожидания наибольшего часового и среднего часового расходов воды.

В СНиП II-30-76 «Внутренний водопровод и канализация зданий» введена величина удельного среднего расхода в час наибольшего водопотребления, так как она является наиболее объективным показателем, который однозначно определяет характерный уровень разбора воды на объекте данного назначения.

Указанные величины были определены по формуле

$$Q_{\text{ч}}^{\text{хар}} = \frac{k Q_{\text{сут}}}{T}, \quad (187)$$

где  $Q_{\text{ч}}^{\text{хар}}$  — удельный средний расход в час наибольшего водопотребления определенным водопотребителем;  $k$  — коэффициент часовой неравномерности определенного потребителя, полученный в результате натурных измерений на объектах того или иного назначения;  $Q_{\text{сут}}$  — суточная норма расхода воды одним потребителем;  $T$  — время подбора, ч, в течение суток.

Величина  $T$  принимается в зависимости от назначения здания или сооружения, так для жилых домов  $T = 24$  ч, для админзданий — 8 ч и т. д.

Удельные средние расходы являются постоянными и не зависят от количества водопотребителей  $U$ . Это позволяет использовать их при вычислении вероятности действия водоразборных приборов. Достаточным условием для таких расчетов является выбор секундного расхода воды  $q_0$ , л/с, некоторым водоразборным прибором из  $N$  установленных на данном объекте.

Строгое определение величины  $q_0$  для данного здания или группы зданий дает возможность находить расчетные расходы воды с высокой точностью, но это несколько осложняет вычисления. Однако требуемую точность практических расчетов можно достигнуть и тогда, если за единицу нагрузки  $q_0$  принять водоразборный прибор с наибольшим расходом из  $N$  установленных на данном участке сети, в здании или в группе зданий. Например, в современных жилых домах таким водоразборным прибором может служить смеситель для ванны, расход которого по тракту холодной или горячей воды (0,2 л/с) является наибольшим.

Приняв величину  $q_0$  с учетом настоящих рекомендаций по табл. 43 или по паспортным данным установленного оборудования, найдем вероятность действия водоразборных приборов как отношение средней продолжительности работы  $t_{\text{ср}}$  каждого из них в течение часа наибольшего водопотребления к этому интервалу времени:

$$P = \frac{t_{\text{ср}}}{3600} = \frac{Q_N}{3600 \cdot q_0} = \frac{Q_{\text{ч}} U}{3600 \cdot q_0 N}, \quad (188)$$

где  $t_{\text{ср}}$  — среднее время действия любого из  $N$  установленных водоразборных приборов при условии, что включение в работу каждого прибора обеспечивает подачу воды с расходом  $q_0$ , л/с, 11;  $Q_N$  — математическое ожидание (среднее значение) удельного расхода воды в час наибольшего водопотребления, отнесенное к каждому из  $N$  установленных водоразборных приборов, л;  $U$  — количество водопотребителей, обслуживаемых приборами;  $Q_{\text{ч}}$  — норма расхода воды в час наибольшего водопотребления, принятая для каждого из  $U$  водопотребителей.

Величина  $P_N$  в рассмотренном случае относится к любому из  $N$  установленных водоразборных приборов. На стадии проекта конструктивное решение сети может отсутствовать, а известными являются лишь значения  $Q_{\text{н}}^{\text{хар}}$  и  $U$ . Но поскольку  $Q_{\text{н}}^{\text{хар}}$  зависит от санитарно-технического оснащения объекта, выбор величины  $q_0$  не представляет каких-либо трудностей. В этом случае легко допустить, что каждый водопотребитель может разбирать воду из сети водопровода и расход при этом составит  $q_0$ . Это также дает возможность по формуле (188) определить вероятность разбора воды каждым водопотребителем  $P_U$ , полагая, что  $N = U$ .

Формула (188) или ее модификация позволяет вычислить  $P^{\text{холод}}$  для объектов, оборудованных только холодным водопроводом,  $P^{\text{гор}}$  — для систем горячего водоснабжения и  $P^{\text{общ}}$  — вероятность действия водоразборных приборов (или вероятность разбора холодной и горячей воды) в зданиях с централизованным горячим водоснабжением.

Как показали исследования, применение формулы (188) является вполне обоснованным и подтверждается хорошей сходимостью результатов расчета с данными натурных измерений.

При проектировании водопроводных сетей, обслуживающих группу зданий различного назначения, вероятность  $P_{\Sigma i}$  определяется как средневзвешенная величина

$$P_{\Sigma i} = \frac{\sum_i N_i P_i}{\sum_i N_i}, \quad (189)$$

где  $i$  — порядковый номер объекта, присоединенного к данному участку сети.

Однако формула (189) справедлива лишь при условии, что вероятности  $P_i$  для указанных зданий вычислены относительно средневзвешенного значения  $q_0$ . В противном случае эта формула будет иметь вид

$$P_{\Sigma i} = \frac{\sum_i N_i P_i \frac{q_{0(i)}}{q_0}}{\sum_i N_i}, \quad (190)$$

где  $q_{0(i)}$  — значение  $q_0$  для  $i$  объекта, присоединенного к данному участку сети ( $q_{0(i)} \leq q_0$ );  $q_0$  — наибольшее значение из принятых  $q_{0(i)}$  для данного участка сети.

Установленные значения  $P$  позволяют найти расчетный секундный расход воды на данном участке сети по формуле

$$q_p = q_0 m, \quad (191)$$

где  $q_p$  — расчетный секундный расход воды, л/с;  $m$  — количество одновременно действующих водоразборных приборов или количество водопотребителей, производящих одновременный разбор воды на данном участке сети, определяемые по формуле Эрланга;  $q_0$  — расход воды принятого диктующего прибора.

Для подавляющего большинства систем холодного водоснабжения расход воды водоразборным прибором  $q_0 = 0,2$  л/с является наиболее характерным. Для этого случая формулу (191) можно представить в виде [5]:

$$q_p = 0,2 \cdot m. \quad (192)$$

Отсюда, если  $q_0 \neq 0,2$  л/с, то следует определить фиктивный расход  $\alpha$ , который имел бы место при  $q_0 = 0,2$  л/с. Поскольку  $\alpha = 0,2m$  и  $m = 5 \cdot \alpha$ , то искомым расчетный расход

$$q_p = q_0 \cdot 5 \cdot \alpha = 5q_0\alpha. \quad (193)$$

Данная формула и принята в СНиП II-30-76 для определения расчетного секундного расхода воды в виде

$$q = 5 \cdot q_0\alpha.$$

Приведенный метод помимо  $q_p$  позволяет определять расчетные часовые расходы воды  $q_{\text{ч, макс}}$  на объектах различного назначения. В этом случае расчетными параметрами можно считать [31] такие факторы:

а) часовой расход воды водоразборным прибором  $Q_0$ , л/ч, являющийся наибольшим для данного здания или группы зданий;

б) вероятность использования водоразборных приборов на данном объекте в час наибольшего водопотребления.

Величина  $Q_0$  определяется с учетом рекомендуемой нормы расхода воды  $Q_j$  на процедуру данного типа  $j$  и характерного для рассматриваемого объекта наибольшего количества  $n$  процедур (на один прибор) в час по формуле

$$Q_0 = n_j \cdot Q_j \quad (194)$$

или принимается по табл. 43 данного справочника.

Вероятность  $P_{\text{ч}}$  характеризует удельный вес среднего количества водоразборных приборов, сработавших в течение часа при условии, что в каждом случае потребитель использовал расход  $Q_0$ .

Поскольку между величинами  $q_0$  и  $Q_0$  имеется определенное соотношение, вероятность использования водоразборных приборов может быть вычислена по формуле

$$P_{\text{ч}} = 3600 \cdot P \frac{q_0}{Q_0}, \quad (195)$$

где  $P$  — параметр, определяемый по формулам (188), (189), (190).

Тогда расчетный часовой расход воды

$$q_{\text{ч, макс}} = 5 \cdot Q \cdot M = 5Q_0\alpha_{\text{ч}}, \quad (196)$$

где  $q_{\text{ч, макс}}$  — расчетный часовой расход воды, л/ч;  $M$  — количество водоразборных приборов, сработавших в течение часа (или количество водопотребителей, получивших в течение часа расход воды  $Q_0$ ), определяемое по формуле Эрланга.

Выбор значений  $q_0$  и  $Q_0$  при проектировании тех или иных объектов не представляет каких-либо трудностей, но последние возникают при вычислении  $\alpha$  и  $\alpha_{\text{ч}}$ . Поэтому при нахождении  $q$  и  $q_{\text{ч, макс}}$  следует использовать таблицы, составленные ЦНИИЭП инженерного оборудования (см. СНиП II-30-76).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

При проектировании систем водоснабжения используют следующие расчетные расходы воды [11]:

суточные ( $Q_{\text{сут}}$ , м³/сут) — при определении напорных и безнапорных регулирующих емкостей;

секундные ( $q_0$ , л/с) — при гидравлическом расчете трубопроводов и оборудования, а также при назначении производительности насосных установок, подающих воду в систему распределительных трубопроводов, не оборудованных регуливающими емкостями;

часовые ( $q_{\text{ч}}$ , м³/ч) — при выборе производительности насосных установок, работающих совместно с напорными или безнапорными регулируемыми емкостями, а также для выбора калибра водомера.

В случае, если из системы водопровода того или иного объекта предусматривается наружное пожаротушение, расчетные секундные и часовые расходы воды указанных системы следует определять в соответствии с главой СНиП по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения [6].

Расчетный суточный расход воды  $Q_{\text{сут}}$ , м³/сут, группами водопотребителей в здании, сооружении или сооружениях определяют как расход воды в сутки наибольшего водопотребления по следующим формулам:

при наличии в здании или сооружении одинаковых водопотребителей

$$Q_{\text{сут}} = \frac{UQ_U}{1000}; \quad (197)$$

при наличии в здании, сооружении или зданиях и сооружениях нескольких групп водопотребителей

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^l \frac{U_i Q_{U_i}}{1000}, \quad (198)$$

где  $U$  — количество одинаковых водопотребителей в группе;  $Q_U, Q_{U_i}$  — норма расхода воды в сутки наибольшего водопотребления, л, одним водопотребителем, которую следует принимать по табл. 44; 1, 2, 3, ...,  $i$  — порядковый номер группы водопотребителей.

Расчетные секундные расходы воды  $q$ , л/с, в проектируемых системах и в участках сетей трубопроводов находят по формуле [5]

$$q = 5q_0\alpha, \quad (199)$$

где  $q_0$  — секундный расход воды прибором, л/с, величину которого рекомендуется определять в соответствии с указаниями данного пункта;  $\alpha$  — величина, которую надлежит принимать по приложению 1 или 2 в зависимости от общего количества  $N$  приборов на расчетном участке сети трубопроводов и вероятности их действия  $P$  в час наибольшего водопотребления. По приложению 2 следует определять значения  $\alpha$  при величине  $P > 0,1$  и количестве приборов  $N \leq 200$ . В других случаях значения  $\alpha$  определяют по приложению 1.

Секундный расход воды прибором  $q_0$ , л/с, следует принимать по табл. 43:

а) в участках тупиковой распределительной сети трубопроводов, подающих воду к приборам, обслуживающих группу одинаковых потребителей, — по прибору с наибольшей секундной производительностью при условии, что приборы данного типа составляют 10% и более общего количества приборов, присоединенных к расчетному участку сети; в других случаях — по прибору с ближайшей меньшей производительностью, количество которых удовлетворяет настоящему условию;

б) в участках тупиковой распределительной сети трубопроводов, обслуживающих отличающиеся группы потребителей в здании или зданиях, расход воды одним прибором  $q_0$  определять как средневзвешенную величину по формуле [6]

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^l N_i P_i q_{0i}}{\sum_{i=1}^l N_i P_i} = \frac{\sum_{i=1}^l Q_{qi} U_i}{\sum_{i=1}^l \frac{Q_{qi} U_i}{q_{0i}}}, \quad (200)$$

где 1, 2, 3, ...,  $i$  — порядковый номер группы одинаковых потребителей в здании или зданиях и сооружениях;  $U_i$  — количество одинаковых потребителей в  $i$ -той группе;  $N_i$  — количество приборов, обслуживающих  $i$ -тую группу потребителей;  $q_{0i}$  — секундный расход воды прибором, принимаемый для группы потребителей, л/с;  $P_i$  — вероятность действия приборов при установленном значении  $q_{0i}$ ;  $Q_{qi}$  ( $Q_{qi}^{\text{общ}}$  или  $Q_{qi}^{\text{хол}}$ ) — норма расхода воды в час наибольшего потребления, принимаемая по таблицам 43 и 44;

в) при проектировании кольцевой сети распределительных трубопроводов величину  $q_0$ , л/с, находят в соответствии с указаниями а и б настоящего пункта для сети в целом и принимают одинаковой на всех расчетных участках.

Секундные и часовые расходы воды прибором допускается принимать на основании табл. 44 в зависимости от назначения зданий и сооружений.

Вероятность действия приборов  $P$  следует определять так: а) в здании (сооружении) и зданиях (сооружениях) одинакового назначения или в участках сети, обслуживающих группу одинаковых потребителей, определяют по формуле

$$P_i = \frac{Q_{qi} U}{3600 q_0 N}; \quad (201)$$

Примечания: 1. В зданиях или сооружениях с одинаковыми потребителями  $P$  вычисляют по формуле (201) для проектируемых систем всего здания или сооружения в целом, не учитывая изменения соотношения  $U/N$  на отдельных участках сети трубопроводов. 2. Если в табл. 44 нормы расхода воды, отнесенные к одному потребителю, отсутствуют,

тогда  $P$  рассчитывают по формуле (201) на основании количества установленных приборов  $U = N$  и норм расхода воды соответствующими приборами.

3. Значения  $Q_{qi}^{\text{общ}}$  и  $Q_{qi}^{\text{хол}}$  принимают для зданий, оборудованных холодным водоснабжением и системами местного горячего водоснабжения, а  $Q_{qi}^{\text{хол}}$  и  $P_{qi}^{\text{хол}}$  принимают при наличии централизованного горячего водоснабжения.

б) значение  $P$  в участках трубопроводов, обслуживающих здания и сооружения различного назначения или различных групп потребителей, определяют по формуле

$$P_{\Sigma} = \frac{\sum N_i P_i}{\sum N_i}, \quad (202)$$

или

$$P_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^l N_i P_i q_{0i}}{\sum N_i q_0} = \frac{\sum_{i=1}^l Q_{qi} U_i}{\sum N \cdot 3600 q_0}, \quad (203)$$

где  $q_0$  — средневзвешенная величина условного прибора, вычисляемая по формуле (200).

При отсутствии данных о количестве приборов, присоединенных к проектируемой системе в целом, расчетный секундный расход воды допускается определять в зависимости от величины

$$NP_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^l Q_{qi} U_i}{3600 \cdot q_0}. \quad (204)$$

Расчет по формулам (201) и (203) рекомендуется производить в два приема, т. е.

$$NP = \frac{Q_{qi} U}{3600 q_0}; \quad P = \frac{NP}{N} \text{ и т. д.}$$

В формуле  $P = \frac{NP}{N}$  —  $NP$  и  $N$  принимают в цифровом выражении.

Вероятность действия приборов  $P_{qi}^{\text{общ}}$  и  $P_{qi}^{\text{хол}}$  для наиболее часто встречающихся потребителей допускается принимать по табл. 4 СНиП II-30-76 [18].

Максимальный часовой расход воды  $q_{\text{ч, макс}}$ , л/ч, в жилых и общественных зданиях различного назначения находят по формуле [6]

$$q_{\text{ч, макс}} = 5Q_0\alpha_{\text{ч}}, \quad (205)$$

где  $Q_0$  — часовой расход воды прибором (по табл. 43 или табл. 44), принимаемый для жилых зданий по прибору с максимальным часовым расходом; в других случаях  $Q_0$  определяют как средневзвешенную величину;  $\alpha_{\text{ч}}$  — величина, принимаемая в зависимости от общего количества приборов  $N$  на расчетном участке сети и вероятности их использования  $P$ .

По приложению 2 СНиП II-30-76 следует определять значение  $\alpha$  при величине  $P > 0,1$  и количестве  $N \leq 200$ . В других случаях значение  $\alpha_{\text{ч}}$  вычисляется по приложению 1.

Для зданий (помещений) или сооружений, в которых размещаются разные потребители, часовой расход воды одним прибором определяется как средневзвешенная величина по формуле

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^l N_i P_{qi} Q_{0i}}{\sum_{i=1}^l N_i P_{qi}}, \quad (206)$$

Таблица 43. Нормы расхода воды санитарными приборами

| Прибор                                                                       | Расход воды, л/с |                                        | Минимальный свободный напор перед прибором, м вод. ст. | Часовой расход воды прибором, л/ч |                                      | Расход стоков от прибора, л/с | Минимальные диаметры, мм   |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                              | общий $q_0$      | холодной или горячей $q_0$ , $q_{гор}$ |                                                        | общий $Q_0$                       | холодной (горячей) $Q_0$ , $Q_{гор}$ |                               | условного прохода подводки | условного прохода отводящего трубопровода |
| Раковина с водоразборным краном $D_y = 15$ мм                                | 0,2              | 0,2                                    | 3                                                      | 250                               | 145                                  | 0,3                           | 10                         | 40                                        |
| То же, с аэратором                                                           | 0,07             | 0,07                                   | 7                                                      | 100                               | —                                    | 0,3                           | 10                         | 40                                        |
| Умывальник со смесителем                                                     | 0,1              | 0,07                                   | 2                                                      | 180                               | 80—100                               | 0,15                          | 10                         | 40                                        |
| То же, с аэратором                                                           | 0,07             | 0,05                                   | 7                                                      | 125                               | 60—80                                | 0,15                          | 10                         | 32                                        |
| Умывальник с туалетным краном                                                | 0,07             | 0,07                                   | 2                                                      | 125                               | —                                    | 0,15                          | 10                         | 40                                        |
| То же, с аэратором                                                           | 0,07             | 0,07                                   | 7                                                      | 125                               | —                                    | 0,15                          | 10                         | 32                                        |
| Мойка со смесителем в квартирах                                              | 0,2              | 0,14                                   | 2                                                      | 180                               | 100                                  | 1                             | 10                         | 50                                        |
| То же, с аэратором                                                           | 0,07             | 0,05                                   | 7                                                      | 75                                | 50                                   | 0,6                           | 10                         | 40                                        |
| Мойка с кранами холодной и горячей воды $D_y = 20$ мм в общественных зданиях | —                | 0,4                                    | 3                                                      | 500                               | 280                                  | 1,0                           | 20                         | 50                                        |
| Мойка со смесителем в общественных зданиях                                   | 0,3              | 0,2                                    | 3                                                      | 500                               | 280                                  | 1,0                           | 15                         | 50                                        |
| Ванна со смесителем (в том числе общим) для ванны и умывальника              | 0,3              | 0,2                                    | 3                                                      | 300                               | 200                                  | 1,1                           | 15                         | 40                                        |
| То же, с водогрейной колонкой                                                | 0,3              | 0,3                                    | 4                                                      | 300                               | 200                                  | 1,1                           | 10                         | 40                                        |
| Ванна медицинская со смесителем $D_y = 20$ мм                                | 0,4              | 0,28                                   | 4                                                      | 700                               | 490                                  | 2,3                           | 20                         | 50                                        |
| То же, со смесителем $D_y = 25$ мм                                           | 0,6              | 0,42                                   | 4                                                      | 750                               | 530                                  | 3,0                           | 25                         | 75                                        |
| Душевая кабина с мелким поддоном                                             | 0,2              | 0,14                                   | 4                                                      | 100                               | 80                                   | 0,2                           | 10                         | 40                                        |
| Душевая кабина с глубоким поддоном                                           | 0,2              | 0,14                                   | 4                                                      | 115                               | 100                                  | 0,6                           | 10                         | 40                                        |
| Душ в групповых установках                                                   | 0,2              | 0,14                                   | 4                                                      | 500                               | 270                                  | 0,6                           | 10                         | 40                                        |
| Трап $D_y = 50$ мм                                                           | —                | —                                      | —                                                      | —                                 | —                                    | 0,5                           | —                          | 50                                        |
| « $D_y = 100$ мм                                                             | —                | —                                      | —                                                      | —                                 | —                                    | 1,0                           | —                          | 100                                       |
| Унитаз со смывным бачком                                                     | 0,1              | 0,1                                    | 5                                                      | 83                                | —                                    | 1,6                           | 8                          | 85                                        |
| Унитаз со смывным краном                                                     | 1,4              | 1,4                                    | 8                                                      | 81                                | —                                    | 1,4                           | 20                         | 85                                        |
| Писсуар                                                                      | 0,035            | 0,035                                  | 3                                                      | 36                                | —                                    | 0,5                           | 10                         | 40                                        |
| Гигиенический душ (биде) со смесителем и аэратором                           | 0,07             | 0,05                                   | 7                                                      | 75                                | 50                                   | 0,15                          | 10                         | 32                                        |
| То же, без аэратора                                                          | 0,1              | 0,07                                   | 2                                                      | 108                               | 60                                   | 0,15                          | 10                         | 32                                        |
| Ванна ножная со смесителем                                                   | 0,1              | 0,07                                   | 3                                                      | 270                               | 175                                  | 0,5                           | 10                         | 40                                        |

Продолжение табл. 43

| Прибор                                  | Расход воды, л/с |                                        | Минимальный свободный напор перед прибором, м вод. ст. | Часовой расход воды прибором, л/ч |                                      | Расход стоков от прибора, л/с | Минимальные диаметры, мм   |                                           |
|-----------------------------------------|------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
|                                         | общий $q_0$      | холодной или горячей $q_0$ , $q_{гор}$ |                                                        | общий $Q_0$                       | холодной (горячей) $Q_0$ , $Q_{гор}$ |                               | условного прохода подводки | условного прохода отводящего трубопровода |
| Питьевой фонтанчик                      | 0,04             | 0,04                                   | 3                                                      | 72                                | —                                    | 0,05                          | 10                         | 32                                        |
| Нижний восходящий душ                   | 0,3              | 0,2                                    | 3                                                      | 650                               | 350                                  | 0,3                           | 15                         | 40                                        |
| Ребристый душ на 4 точки                | 0,4              | 0,28                                   | 3                                                      | 1000                              | 600                                  | 0,5                           | 20                         | 50                                        |
| Умывальник групповой на 5 чел.          | 0,35             | 0,25                                   | 5                                                      | 500                               | 300                                  | 0,35                          | 15                         | 40                                        |
| То же на 6—8 чел.                       | 0,35             | 0,4                                    | 5                                                      | 800                               | 480                                  | 0,55                          | 20                         | 50                                        |
| » на 9—10 чел.                          | 0,70             | 0,5                                    | 5                                                      | 1000                              | 600                                  | 0,70                          | 25                         | 50                                        |
| Лабораторная мойка со смесителем        | 0,2              | 0,14                                   | 3                                                      | 180                               | 125                                  | 0,3                           | 10                         | 40                                        |
| То же, с водоразборным краном           | 0,1              | 0,1                                    | 3                                                      | 180                               | —                                    | 0,2                           | 10                         | 40                                        |
| Колонка в мыльне с водоразборным краном | —                | 0,4                                    | 3                                                      | 1000                              | 700                                  | 0,8                           | 20                         | 50                                        |
| Поливочный кран                         | 0,4              | 0,4                                    | 10                                                     | 1400                              | —                                    | 0,4                           | 15                         | —                                         |

Примечание. Наибольшая часовая производительность санитарных приборов в л/ч определена при температуре горячей воды  $t_{гор} = 55^\circ \text{C}$ . При расчетной температуре горячей воды  $t_{гор} = 65^\circ \text{C}$  часовой расход горячей воды приборами  $Q_0^{гор}$  в л/ч следует определять с коэффициентом 0,85; часовой расход холодной воды приборами  $Q_0^{хол}$  в л/ч в указанном случае рекомендуется принимать с коэффициентом 1,15.

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^i Q_{qi} U_i}{\sum_{i=1}^i \frac{U_i Q_{qi}}{Q_{qi}}}, \quad (207)$$

или где 1, 2, 3, ...,  $i$  — порядковый номер здания, сооружения или группы одинаковых потребителей;  $Q_{qi}$  — часовой расход воды прибором  $Q_0$ , л/ч, принимаемый для  $i$ -того здания, сооружения или  $i$ -той группы одинаковых водопотребителей в здании или сооружении.

Вероятность использования приборов  $P_q$  в здании, сооружении или группе зданий и сооружений различного назначения находят по формулам

$$P_q = \frac{3600 \cdot q_0 P_c}{Q_0}, \quad (208)$$

при известных величинах  $P_c$  и  $q_0$

$$P_q = \frac{\sum_{i=1}^i U_i Q_{qi}}{Q_0 \sum_{i=1}^i N_i}, \quad (209)$$

Максимальный часовой расход воды для вспомогательных зданий промышленных предприятий определяют как сумму расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды, принимаемые по табл. 44, и на пользование душами, определенными по количеству работающих в наиболее многочисленной смене.

Таблица 44. Нормы расхода воды и рекомендуемые производительности приборов

| № п/п | Наименование объекта                                                                                                 | Потребитель                              | Нормы расхода воды, л                                            |                               |                                                                |                               |                                | Рекомендуемая производительность приборов |                                     |                                     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|       |                                                                                                                      |                                          | В сутки наибольшего водопотребления                              |                               | В час наибольшего водопотребления                              |                               |                                | $\frac{q_{\text{гор}}}{\text{л/ч}}$       | $\frac{q_{\text{гор}}}{\text{л/ч}}$ | $\frac{q_{\text{гор}}}{\text{л/ч}}$ |
|       |                                                                                                                      |                                          | общая (в том числе горячей и холодной воды) $Q_{\text{общ}}$ сут | холодной $Q_{\text{хол}}$ сут | общая (в том числе горячей и холодной воды) $Q_{\text{общ}}$ ч | горячей воды $q_{\text{гор}}$ | холодной воды $q_{\text{хол}}$ |                                           |                                     |                                     |
|       |                                                                                                                      |                                          |                                                                  |                               |                                                                |                               |                                |                                           |                                     |                                     |
| 1.    | Жилые дома квартирного типа с водопроводом и канализацией без ванн                                                   | 1 жилитель<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>» | 110                                                              | 110                           | 6,5                                                            | —                             | 6,5                            | —                                         | —                                   | 0,2/250                             |
| 2.    | То же, с газоснабжением                                                                                              |                                          | 125                                                              | 125                           | 7                                                              | —                             | 7                              | —                                         | —                                   | 0,2/250                             |
| 3.    | То же, с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе                    |                                          | 150                                                              | 150                           | 8,1                                                            | —                             | 8,1                            | —                                         | —                                   | 0,3/300                             |
| 4.    | То же, с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями                                           |                                          | 190                                                              | 190                           | 10,5                                                           | —                             | 10,5                           | —                                         | —                                   | 0,3/300                             |
| 5.    | То же, с быстродействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором                                      |                                          | 250                                                              | 250                           | 18                                                             | —                             | 13                             | —                                         | —                                   | 0,3/300                             |
| 6.    | Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами |                                          | 230                                                              | 130                           | 12,5                                                           | 7,9                           | 4,6                            | 0,2/180                                   | 0,14/126                            | 0,14/126                            |
| 7.    | То же, с сидячими ваннами, оборудованными душами                                                                     |                                          | 275                                                              | 165                           | 14,3                                                           | 9,2                           | 5,1                            | 0,3/300                                   | 0,2/200                             | 0,2/200                             |

|                                                                                   |                                                                                        |     |     |      |      |      |      |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|----------|----------|----------|
| 8.                                                                                | То же, с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами                      | »   | 300 | 180  | 15,6 | 10   | 5,6  | 0,3/300  | 0,2/200  | 0,2/200  |
| 9.                                                                                | То же, при высоте зданий более 12 этажей и повышенных требованиях к их благоустройству | »   | 400 | 270  | 20   | 10,9 | 9,1  | 0,3/300  | 0,2/200  | 0,2/200  |
| 10.                                                                               | Общественные здания без душевых                                                        | »   | 60  | 60   | 7,8  | —    | 7,8  | 0,2/180  | —        | 0,2/180  |
| 11.                                                                               | Общественные здания с общими душевыми                                                  | »   | 100 | 40   | 10,4 | 6,3  | 4,1  | 0,2/500  | 0,14/360 | 0,14/360 |
| 12.                                                                               | Общественные здания с общими душевыми, стояками и прачечными                           | »   | 140 | 60   | 11   | 6,5  | 4,5  | 0,3/500  | 0,2/360  | 0,2/360  |
| 13.                                                                               | Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами                               | »   | 120 | 50   | 12,5 | 8,2  | 4,3  | 0,3/180  | 0,2/100  | 0,2/100  |
| 14.                                                                               | Гостиницы с душами во всех отдельных номерах                                           | »   | 230 | 90   | 19   | 12   | 7    | 0,2/115  | 0,14/81  | 0,14/81  |
| 15.                                                                               | Гостиницы с ваннами в отдельных номерах:                                               | »   | 200 | 100  | 22,4 | 10,4 | 12   | 0,3/180  | 0,2/100  | 0,2/100  |
| а) до 25% общего количества номеров                                               | »                                                                                      | 250 | 90  | 28   | 15,3 | 15,3 | 12,7 | 0,3/250  | 0,2/180  | 0,2/180  |
| б) до 75% общего количества номеров                                               | »                                                                                      | 300 | 100 | 30   | 16   | 16   | 14   | 0,3/300  | 0,2/200  | 0,2/200  |
| в) во всех номерах                                                                | »                                                                                      | 250 | 70  | 24   | 10,5 | 10,5 | 13,5 | 0,3/150  | 0,2/100  | 0,2/100  |
| Больницы, санатории общего типа и дома отдыха (с общими ваннами и душами)         | 1 койка                                                                                | 500 | 240 | 32   | 17   | 17   | 15   | —        | —        | —        |
| То же, с грязелечебницами                                                         | То же                                                                                  | 350 | 150 | 26   | 13   | 13   | 13   | 0,3/300  | 0,2/200  | 0,2/200  |
| Санатории и дома отдыха с ваннами при всех жилых комнатах                         | 1 больничная койка                                                                     | 15  | 9   | 1,6  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,3/180  | 0,2/80   | 0,2/100  |
| Поликлиники и амбулатории                                                         | 1 кафедра                                                                              | —   | —   | 3000 | —    | —    | —    | —        | —        | —        |
| То же, с грязеводолечением                                                        | 1 кг сухого белья                                                                      | 75  | 50  | 75   | 25   | 25   | 50   | —        | —        | —        |
| Правочная механизированная                                                        | »                                                                                      | 40  | 25  | 40   | 15   | 15   | 25   | —        | —        | —        |
| Правочные нехемизированные                                                        | 1 работающий                                                                           | 15  | 7   | 4    | 2    | 2    | 2    | 0,14/180 | 0,1/80   | 0,1/100  |
| Административные здания                                                           | 1 работающий                                                                           | 15  | 7   | 4    | 2    | 2    | 2    | 0,14/180 | 0,1/80   | 0,1/100  |
| Учебные заведения и общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах | 1 учащийся и 1 преподаватель в смену                                                   | 20  | 12  | 27   | 1,2  | 1,2  | 1,5  | 0,2/180  | 0,14/80  | 0,14/100 |
| Школы-интернаты                                                                   | 1 место                                                                                | 200 | 100 | 15   | 7,5  | 7,5  | 7,5  | 0,2/150  | 0,14/100 | 0,14/100 |
| Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей                                     | 1 ребенок                                                                              | 75  | 45  | 9,5  | 4,5  | 4,5  | 5    | 0,2/120  | 0,14/80  | 0,14/80  |

производство пил. 44

| № п/п | Наименование объекта                                 | Потребитель            | Нормы расхода воды, л                 |                    |                                       |                    |                        |                         | Рекомендуемая производительность приборов |                   |                   |
|-------|------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|       |                                                      |                        | В сутки наибольшего водопотребления   |                    | В час наибольшего водопотребления     |                    | горячей воды $q_{гор}$ | холодной воды $q_{хол}$ | $q_{гор}/q_{хол}$                         | $q_{гор}/q_{хол}$ | $q_{гор}/q_{хол}$ |
|       |                                                      |                        | общая (в том числе горячая) $Q_{общ}$ | холодной $Q_{хол}$ | общая (в том числе горячая) $Q_{общ}$ | холодной $Q_{хол}$ |                        |                         |                                           |                   |                   |
|       |                                                      |                        |                                       |                    |                                       |                    |                        |                         |                                           |                   |                   |
| 27.   | Детские ясли-сады с круглосуточным пребыванием детей | 1 ребенок              | 100                                   | 65                 | 10                                    | 4,5                | 6,5                    | 0,2/120                 | 0,14/80                                   | 0,14/80           |                   |
| 28.   | Пионерские лагеря                                    | 1 место                | 200                                   | 200                | 25                                    | 10                 | 15                     | 0,3/180                 | 0,2/80                                    | 0,2/100           |                   |
| 29.   | Предприятия общественного питания:                   |                        |                                       |                    |                                       |                    |                        |                         |                                           |                   |                   |
|       | а) приготовление пищи, потребляемой на предприятии;  | до 1 блюда             | 12                                    | 10                 | 12                                    | 2                  | 10                     | 0,3/400                 | 0,2/280                                   | 0,2/280           |                   |
|       | б) то же, продаваемой на дом                         | "                      | 10                                    | 8,5                | 10                                    | 1,5                | 8,5                    | 0,3/400                 | 0,2/280                                   | 0,2/280           |                   |
| 30.   | Продовольственные магазины                           | 1 рабочее место        | 400                                   | 300                | 37                                    | 9,6                | 27,4                   | 0,3/300                 | 0,2/200                                   | 0,2/200           |                   |
| 31.   | Парикмахерские                                       | "                      | 120                                   | 50                 | 9                                     | 4,7                | 4,3                    | 0,1/180                 | 0,07/80                                   | 0,1/100           |                   |
| 32.   | Кинотеатры                                           | 1 место                | 4                                     | —                  | 0,5                                   | 0,2                | 0,3                    | 0,1/180                 | 0,07/80                                   | 0,1/100           |                   |
| 33.   | Клубы                                                | 1 место или посетитель | 10                                    | —                  | 0,9                                   | —                  | 0,9                    | 0,2/150                 | 0,14/100                                  | 0,14/100          |                   |
| 34.   | Театры:                                              |                        |                                       |                    |                                       |                    |                        |                         |                                           |                   |                   |
|       | а) для зрителей;                                     | 1 место                | 10                                    | 5                  | 0,9                                   | 0,3                | 0,6                    | 0,1/120                 | 0,07/80                                   | 0,1/80            |                   |
|       | б) для артистов;                                     | 1 артист               | 40                                    | 15                 | 3,4                                   | 2,2                | 1,2                    | 0,2/115                 | 0,14/81                                   | 0,14/81           |                   |
| 35.   | Стадионы и спортзалы:                                |                        |                                       |                    |                                       |                    |                        |                         |                                           |                   |                   |
|       | а) для зрителей;                                     | 1 место                | 3                                     | 3                  | 0,3                                   | —                  | 0,3                    | 0,1/80                  | —                                         | 0,1/80            |                   |

|     |                                                                                                                |                              |         |        |          |        |          |             |          |             |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|--------|----------|--------|----------|-------------|----------|-------------|
| 36. | б) для физкультурников (с учетом приема душа)                                                                  | 1 физкультурник              | 50      | 20     | 4,5      | 2,5    | 2        | 0,2/40      | 0,14/25  | 0,14/25     |
|     | Плавательные бассейны:                                                                                         |                              |         |        |          |        |          |             |          |             |
|     | а) наполнение бассейна;                                                                                        | % объема бассейна на 1 место | 10<br>3 | —<br>3 | —<br>0,3 | —<br>— | —<br>0,3 | —<br>0,1/80 | —<br>—   | —<br>0,1/80 |
|     | б) для зрителей;                                                                                               |                              |         |        |          |        |          |             |          |             |
|     | в) для спортсменов (с учетом приема душа)                                                                      | 1 человек                    | 100     | 40     | 9        | 5      | 4        | 0,2/100     | 0,14/80  | 0,14/80     |
| 37. | Бани:                                                                                                          |                              |         |        |          |        |          |             |          |             |
|     | а) мытье в мыльной с тазами на скамьях с обмыванием в душе;                                                    | 1 посетитель                 | 180     | 60     | 180      | 120    | 60       | —           | 0,4/—    | 0,4/—       |
|     | б) мытье в мыльной с тазами на скамьях с приемом оздоровительных процедур;                                     | »                            | 290     | 100    | 290      | 190    | 100      | —           | 0,4/—    | 0,4/—       |
|     | в) душевая кабина;                                                                                             | »                            | 440     | 150    | 440      | 290    | 150      | 0,2/—       | 0,14/—   | 0,14/—      |
|     | г) ванная кабина;                                                                                              | »                            | 540     | 180    | 540      | 360    | 180      | —           | 0,4/—    | 0,4/—       |
|     | д) уборка пола помещения мыльных, душевых, парильных                                                           | м <sup>2</sup>               | 6       | 3      | —        | —      | —        | —           | 0,4/—    | 0,4/—       |
|     | е) умывальник у оператора-мозолиста                                                                            | 1 смеситель                  | 15      | 7      | 15       | 8      | 7        | 0,1/180     | 0,07/100 | 0,07/100    |
| 38. | Обслуживающий персонал общественных зданий                                                                     | 1 человек в смену            | 25      | 18     | 8        | 3      | 5        | 0,2/180     | 0,14/80  | 0,14/100    |
| 39. | Душевые в бытовых помещениях промышленных предприятий, клубах, домах культуры и театрах                        | 1 душевая сетка              | —       | —      | 500      | 270    | 230      | 0,2/—       | 0,14/—   | 0,14/—      |
| 40. | Водоразборные точки у технологического оборудования или мойки в столовых, кафе, чайных, кондитерских магазинах | 1 водоразборная точка        | —       | —      | 500      | 280    | 220      | 0,3/—       | 0,2/—    | 0,2/—       |
| 41. | Краны умывальников общего пользования на предприятиях общественного питания                                    | То же                        | —       | —      | 200      | 80     | 120      | 0,1/—       | 0,07/—   | 0,07/—      |

| № п/п | Наименование объекта                                                                                                                                                                                                                                                                              | Потребитель                   | Нормы расхода воды, л                                     |                        |                                                         |                          |                           | Рекомендуемая производительность приборов |                           |                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               | В сутки наибольшего водопотребления                       |                        | В час наибольшего водопотребления                       |                          |                           |                                           |                           |                           |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               | общая (в том числе горячей и холодной воды) $Q_{общ}$ сут | холодной $Q_{хол}$ сут | общая (в том числе горячей и холодной воды) $Q_{общ}$ ч | горячей воды $q_{гор}$ ч | холодной воды $q_{хол}$ ч | $\frac{q_{гор}}{q_{хол}}$                 | $\frac{q_{гор}}{q_{хол}}$ | $\frac{q_{гор}}{q_{хол}}$ |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |                                                           |                        |                                                         |                          |                           |                                           |                           |                           |
| 42.   | Цехи с тепловыделениями, более 20 ккал на 1 м <sup>3</sup> /ч                                                                                                                                                                                                                                     | 1 человек в смену             | 45                                                        | 21                     | 14,1                                                    | 5,7                      | 8,4                       | 0,14/180                                  | 0,1/80                    | 0,1/100                   |
| 43.   | Остальные цехи                                                                                                                                                                                                                                                                                    | То же                         | 25                                                        | 14                     | 9,4                                                     | 5                        | 4,4                       | 0,1/100                                   | 0,07/60                   | 0,1/60                    |
| 44.   | Расход на поливку:<br>а) поливка спортивного ядра дорожек, площадок для игр и других спортивных сооружений;<br>б) поливка травяного покрова футбольного поля;<br>в) подготовка поверхности катка;<br>г) поливка из шлангов усовершенствованных покрытий, тротуаров, площадей, заводских проездов; | м <sup>2</sup><br>»<br>»<br>» | 1,5<br>3<br>0,5<br>0,4—0,5                                | 1,5<br>3<br>0,5<br>—   | —<br>—<br>—<br>—                                        | —<br>—<br>—<br>—         | —<br>—<br>—<br>—          | —<br>—<br>—<br>—                          | —<br>—<br>—<br>—          | —<br>—<br>—<br>—          |

|     |                                                               |           |      |      |     |      |      |             |             |             |
|-----|---------------------------------------------------------------|-----------|------|------|-----|------|------|-------------|-------------|-------------|
| 45. | д) поливка зеленых насаждений и цветников                     | »         | 3—6  | —    | —   | —    | —    | —           | —           | —           |
| 46. | Лаборатории высших учебных заведе-ний                         | Прибор    | —    | —    | —   | 21,6 | 21,6 | 0,2/300     | 0,2/200     | 0,2/200     |
|     | Предприятия общественного питания, выпускающие полуфабрикаты: | 1 т/смену | 1500 | 1350 | 280 | 30   | 250  | 0,3—0,4/500 | 0,2—0,4/280 | 0,2—0,4/280 |
|     | а) мясные;                                                    | »         | 2000 | 1800 | 380 | 40   | 340  | »           | »           | »           |
|     | б) рыбные;                                                    | »         | 2200 | 1980 | 420 | 30   | 390  | »           | »           | »           |
|     | в) овощные;                                                   | »         | 1000 | 900  | 180 | 20   | 160  | »           | »           | »           |
|     | г) кулинарные                                                 | »         | —    | —    | —   | —    | —    | —           | —           | —           |

Примечания: 1. Для зданий общежитий, гостиниц, пансионатов, moteley, больниц, санаториев, домов отдыха, административных зданий, школ, детских садок-яслей, пионерских лагерей расходы воды в столовых и прачечных должны учитываться дополнительно.  
2. Для зданий кинотеатров, клубов и театров расход в буфетах должен учитываться дополнительно.  
3. Расход воды на охлаждение агрегатов холодильных установок и кондиционирование воздуха должен учитываться дополнительно.  
4. В производственных и вспомогательных зданиях нормами учета расходы воды на хозяйственные нужды. Расход воды на хозяйственные нужды предприятий следует душными и ножными ванными учитывать дополнительно.  
5. Продолжительность пользования душем в групповых душевых вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий следует принимать равной 45 мин после окончания смены.  
6. Норма расхода воды на производственные нужды (технологические процессы, охлаждение и мойка оборудования, мытье и полив полов и т. д.) должны приниматься в соответствии с техническими данными и указаниями по строительному проектированию предприятий отдельных отраслей промышленности.  
7. Норма расхода воды на поливку установлена из расчета одной поливки; количество поливок в сутки следует принимать в зависимости от климатических условий.  
8. Рекомендуемые часовые и секундные производительности приборов для холодной и горячей воды приняты равными, исходя из того, что в раз-личное время года, в зависимости от температуры наружного воздуха, может быть больше расход холодной или горячей воды. Расход холодной воды и горячей воды прибором принимается равным 70% общего расхода воды (холодной и горячей).  
9. На предприятии общественного питания общий расход воды  $Q_0 = 400$  л/ч принят для среднестатистического прибора.  
10. Норма расхода воды в час и в сутки наибольшего водопотребления установлена относительно основных водопотребителей и включает все дополнительные расходы воды (обслуживающий персонал, душевые для обслуживающего персонала, на уборку помещений жилых и обществен-ных зданий и т. п.). Так, например, норма расхода воды на приготовление одного блюда на предприятии общественного питания или на стирку 1 кг белья в прачечной учитывает как технологические нужды, так и все упомянутые дополнительные расходы воды.

## НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Секундная производительность водоразборных приборов  $q_0$ , л/с, при минимальных свободных напорах  $H_0$ , м вод. ст., должна обеспечивать подачу смешанной холодной и горячей воды с расходами не менее указанных в табл. 43.

При этом часовую производительность водоразборных приборов  $Q_0$ , л/ч, определяемую наиболее интенсивным режимом использования последних, рекомендуется принимать не более указанной в табл. 43.

Норму расхода воды  $Q_4$  ( $Q_4^{\text{общ}}$ ,  $Q_4^{\text{холод}}$  или  $Q_4^{\text{гор}}$ ), л, одним потребителем в час наибольшего водопотребления рекомендуется принимать по табл. 44 [11].

Таблица 45. Нормы расхода воды на одну процедуру

| Тип прибора                             | Норма расхода воды, л                 |                            |                               |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                                         | холодной и горячей $Q_4^{\text{общ}}$ | горячей $Q_4^{\text{гор}}$ | холодной $Q_4^{\text{холод}}$ |
| Умывальник                              | 5                                     | 2                          | 3                             |
| Раковина, мойка                         | 10                                    | 7                          | 3                             |
| Индивидуальный душ в бытовых помещениях | 40                                    | 26                         | 14                            |
| Ножная ванна                            | 12                                    | 5                          | 7                             |
| Смыв унитаза                            | 8                                     | —                          | 8                             |

Примечание. Указанные в таблице расходы горячей и холодной воды определены соответственно при температуре  $t_{\text{гор}} = 55^\circ \text{C}$  и  $t_{\text{холод}} = 5^\circ \text{C}$ .

В зданиях и сооружениях, где количество водопотребителей, обслуживаемых каждым прибором, менее установленного действующими нормами, часовую производительность водоразборного прибора, л/ч, допускается вычислять по формуле

$$Q_0 = n_i Q_i \quad (210)$$

где  $n_i$  — расчетное количество процедур приборами данного типа в час;  $Q_i$  — норма расхода воды на процедуру, которую надлежит принимать по табл. 45 [11].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДОВ И ПОТЕРЬ НАПОРА

После определенного расчетного расхода по формуле (199) на каждом расчетном участке выбирается диаметр труб. При этом следует обеспечивать движение жидкости с экономической скоростью, которую принято считать в пределах 0,9—1,2 м/с. Максимальная скорость воды в магистральных и стояках внутреннего водопровода допускается [11] 1,5—2 м/с, а в подводках к приборам — 2,5 м/с.

Диаметр труб  $d$  выбирают по таблицам ВНИИ ВОДГЕО [30] для гидравлического расчета водопроводной сети, кроме того, по ним выбирают величину удельной потери напора  $i$  на трение. Путем умножения длины расчетного участка  $l$  на  $i$  получают потерю напора  $h_i$  на трение по каждому расчетному участку. Суммируя  $h_i$ , получают общую потерю напора  $\Sigma h_i$  по длине расчетного направления.

Потерю напора в соединениях и фасонных частях труб (местные потери) определяют по формуле (85) или принимают в процентах от общих потерь напора  $\Sigma h_i$  на трение по длине труб, %:

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Для сетей хозяйственно-питьевого водопровода и общественных зданий | 30 |
| То же, объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода     | 20 |
| То же, объединенного производственно-противопожарного водопровода  | 15 |
| То же, противопожарного водопровода                                | 10 |

Определяют суммарные потери напора, м, по расчетному направлению

$$\Sigma h = h_b + h_c + \Sigma h_i + \Sigma h_m \quad (211)$$

где  $h_b$  и  $\Sigma h_i$  — потери напора на трение на вводе (от наружной сети до водомерного узла) и по расчетному направлению от водоразборного устройства;  $h_c$  — потери напора в счетчике воды;  $\Sigma h_m$  — сумма потерь напора на преодоление местных сопротивлений.

При расчете кольцевых магистралей кольцо разбивают на две части, намечая расход по каждой из них до точки встречи потоков и определяют потери напора в каждом полукольце; невязка должна быть не больше  $\pm 5\%$  потерь напора в одном из полукольцев.

Сеть внутреннего водопровода рекомендуется рассчитывать согласно табл. 71.

В гр. 10 значение  $i$  подставляется из таблиц Ф. А. Шевелева [30] без какого-либо изменения, так как приводимая в таблицах величина  $1000i$ ,  $\frac{\text{м}}{1000 \text{ м}}$ , соответствует в численном значении мм/м.

## Глава 8. ПОВЫСИТЕЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОВЫСИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При недостаточном напоре в наружной водопроводной сети для его повышения в сетях внутренних водопроводов зданий и сооружений предусматривают насосные установки. В системах внутреннего водопровода, как правило, применяются центробежные насосы, поскольку они надежны в работе и просты в эксплуатации.

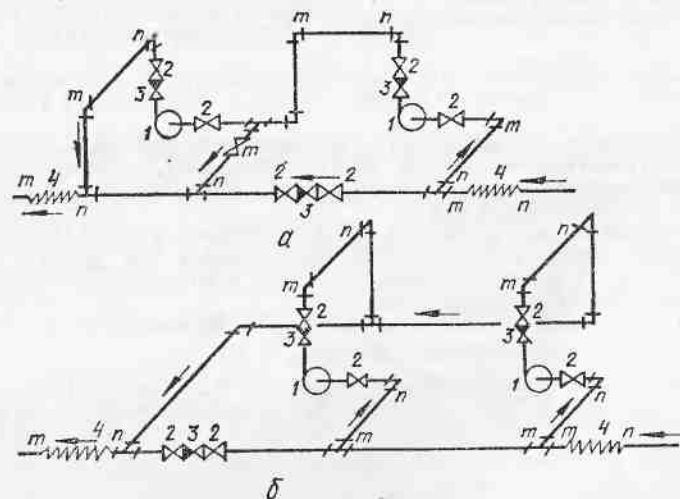


Рис. 30. Монтажная схема насосных установок:

а — последовательная; б — параллельная; 1 — насосы; 2 — запорная арматура; 3 — обратные клапаны; 4 — вливовставки (и л — возможные места установки вливовставок в случае необходимости).

Тип насоса подбирают по его характеристикам, приводимым в каталогах насосов, выражающим графическую зависимость изменения напора, коэффициента полезного действия, потребляемой мощности от производительности при определенной частоте вращения и диаметре рабочего колеса.

Насосные установки в зависимости от необходимости монтируют с последовательным или параллельным соединением насосов (рис. 30).

Параллельная работа нескольких разных или одинаковых по производительности насосов применяется в том случае, когда водопотребление в здании неравномерно по часам суток и установка одного рабочего насоса с производительностью, равную максимально часовому расходу воды зданием, экономически не целесообразна.

Последовательно насосы соединяют при необходимости создания значительного напора, который не в состоянии обеспечить один насос требуемой производительности. Но такое соединение неэкономично и применяется на основании технико-экономического обоснования. При необходимости подачи малых расходов при высоких напорах вместо центробежных насосов используют вихревые или центробежно-вихревые. Вихревые насосы (по сравнению с центробежными) обладают самовсасывающей способностью, исключающей необходимость заливки корпуса и всасывающей линии насоса перед каждым пуском, которая требуется для центробежных насосов, работающих не под заливом. Но вихревые насосы имеют невысокий КПД (0,25—0,5) и у них быстро изнашиваются детали при работе на жидкостях, содержащих взвешенные твердые частицы. Серийно выпускаемые вихревые насосы имеют подачу от 1 до 40 м³/ч и напор от 15 до 90 м [27].

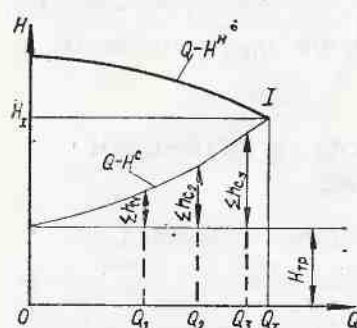


Рис. 31. Совместная характеристика работы насоса и сети.

при наличии водонапорного или гидропневматического бака и насосов, работающих в повторно-кратковременном режиме, — не менее максимального часового расхода воды.

Производительность объединенных хозяйственно-противопожарных или производственно-противопожарных насосов должна обеспечивать расчетные секундные расходы воды на пожаротушение и максимальные секундные расходы на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Максимальный напор, развиваемый насосами, определяют с учетом наименьшего гарантированного напора воды в наружной водопроводной сети, проверяя одновременно напор насосов на случай наибольшего напора в сети наружного водопровода в часы максимального водопотребления.

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H = H_r + \Sigma h_c + H_{св} - H_p, \quad (212)$$

где  $H_r$  — геометрическая высота подъема воды от оси насоса до наиболее высокорасположенного прибора, м;  $\Sigma h_c$  — потеря напора во внутренней сети, состоящая из суммы потерь в трубопроводе, фасонных частях и арматуре, м;  $H_{св}$  — необходимый свободный напор у наиболее высокорасположенного прибора, м;  $H_p$  — располагаемый минимальный напор у оси насоса, м.

С целью проверки точности выбора марки насоса строят совместную характеристику работы насоса и сети. Для этого на графическую характеристику насоса наносят характеристику сети, построенную по формуле

$$H = H_{тр} + \Sigma h_c, \quad (213)$$

где  $H_{тр} = H_r + H_{св} - H_p$  (см. формулу 212).

Приняв ряд значений  $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$ , определяем значения  $\Sigma h_{c1}, \Sigma h_{c2}, \dots, \Sigma h_{ci}$ .

Сложив полученные значения  $\Sigma h_{c1}, \Sigma h_{c2}, \dots, \Sigma h_{ci}$  для ряда принятых подач  $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$  с необходимой высотой подъема воды  $H_{тр}$ , получаем графическую характеристику сети, имеющую форму параболы с вершиной на оси ординат (рис. 31). Вершина

параболы имеет координаты  $Q = 0$  и  $H = H_{тр}$ . Точка I пересечения характеристики насоса  $Q = H^n$  с характеристикой сети  $Q = H^c$  является режимной точкой работы насоса. Координаты этой точки  $Q = Q_1$  и  $H = H_1$  соответствуют фактической подаче и фактическому требуемому напору при работе насоса на внутреннюю сеть водопровода проектируемого здания.

## НАСОСНЫЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОВЫСИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Насосные установки применяются следующих типов:

- с непрерывно или периодически действующими насосами при отсутствии регулирующей емкости;
- с насосами производительностью, равной или превышающей максимальный часовой расход воды, работающими в повторно-кратковременном режиме совместно с гидропневматическими или водонапорными баками;
- с непрерывно или периодически действующими насосами производительностью менее максимального часового расхода воды, работающими совместно с регулирующей емкостью.

Насосные установки, подающие воду на хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды, размещают в помещениях тепловых пунктов, бойлерных и котельных [18]. Располагать их (кроме пожарных) непосредственно под жилыми квартирами, детскими или групповыми комнатами детских садов и яслей, классами общеобразовательных школ, больничными помещениями, рабочими комнатами административных зданий, аудиториями учебных заведений и другими подобными помещениями запрещается.

В исключительных случаях по согласованию с органами санитарного надзора допускается размещение насосных установок в вышеперечисленных зданиях, но суммарный уровень шума в насосной станции не должен превышать 30 дБ.

Насосные установки, обслуживающие отдельные кварталы городской застройки, а также производственные насосные установки, следует проектировать с учетом требований главы СНиП по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения.

Зоны санитарной охраны для насосных установок, подающих воду на хозяйственно-питьевые или хозяйственно-противопожарные нужды, и работающих без разрыва струи, не предусматриваются.

В производственных зданиях насосные установки по возможности размещают непосредственно в цехах, потребляющих воду, и ограждают.

Насосные установки с противопожарными насосами и гидропневматическими баками для внутреннего пожаротушения допускается располагать в первых и подвальных этажах зданий I и II степени огнестойкости. При этом помещения насосных установок должны быть отапливаемыми и иметь отдельный выход наружу или на лестничную клетку.

У насосов, забирающих воду из наружной водопроводной сети, предусматривают обводную линию и устанавливают задвижку и обратный клапан. У спринклерных и дренчатых установок обводную линию допускается не предусматривать.

В случае, если напор в наружной водопроводной сети (вблизи здания) составляет 5 м вод. ст. и менее, перед насосами располагают приемный резервуар емкостью, равной 5—10% максимально-часового расхода воды.

При заборе воды насосами из резервуаров предусматривают не менее двух всасывающих линий, которые рассчитывают на пропуск полного расчетного расхода воды при условии выключения одной из них на ремонт. Устройство одной всасывающей линии допускается при установке насосов без резервных агрегатов.

При заборе воды из резервуара насосы, как правило, устанавливают «под залив». В случаях размещения насосов выше уровня воды в резервуаре предусматривают устройства для их заливки. На напорной линии каждый насос снабжают обратным клапаном, задвижками и манометром. При установке насосов «под залив» на всасывающей линии ставят задвижки и манометр.

Трубопроводы в насосных станциях, а также всасывающие линии за пределами насосных станций проектируют из стальных труб на сварке с применением фланцевых соединений для присоединения этих трубопроводов к арматуре и насосам.

Для снижения шума, возникающего при работе насосных агрегатов (кроме пожарных), насосы и электродвигатели должны иметь звукоизолирующие устройства. Для этого их размещают на виброизолирующих основаниях, а на всасывающих и нагнетательных трубопроводах устанавливают виброизолирующие вставки из резиновых гофрированных рукавов длиной не менее 1 м. Трубопроводы в помещении насосной станции крепят на упругих резиновых прокладках, укладываемых между трубами и хомутами, на которых трубопроводы подвешиваются к кронштейнам.

Насосные агрегаты устанавливают на фундаментах, возвышающихся над полом не менее чем на 0,2 м. Насосы производственных водопроводов при соответствующем обосновании допускается устанавливать на рамах без фундаментов.

В насосных станциях расстояния, м, выступающих частей оборудования должны быть до боковых стен помещения и агрегатов не менее 0,7, до торцевых стен помещения не менее 1 и до распределительного щита не менее 2.

Таблица 46. Количество резервных агрегатов

| Количество рабочих агрегатов одной группы насосов | Категория насосных станций |        |        |
|---------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|
|                                                   | первая                     | вторая | третья |
| 1                                                 | 2                          | 1      | 1      |
| От 2 до 3                                         | 2                          | 1      | 1      |
| » 4 » 6                                           | 2                          | 2      | 1      |
| » 7 » 9                                           | 3                          | 3      | 2      |
| 10 и более                                        | 4                          | 4      | 3      |

Примечания: 1. В количество рабочих агрегатов включаются противопожарные насосы.

2. При установке в одной группе насосов с разными характеристиками количество резервных агрегатов следует принимать для насосов большей производительности по табл. 46. Для насосов меньшей производительности — на один меньше, чем указано в таблице.

3. При установке в насосных станциях только противопожарных насосов или при объединенных противопожарных водопроводах высокого давления следует предусматривать один резервный противопожарный агрегат.

4. Установка противопожарных насосов без резервных агрегатов допускается: во вспомогательных зданиях промышленных предприятий и зданиях складов, не оборудованных средствами автоматического пожаротушения; при пожаротушении одной струей; при установке нескольких пожарных насосов на двух и более вводах, рассчитанных на подачу по каждому вводу полного расхода воды при пожаротушении.

Насосы с напорным патрубком диаметром до 100 мм включительно допускается устанавливать вдоль стен и перегородок без прохода между агрегатами и стеной или перегородкой, но не менее 200 мм от фундамента здания. Допускается установка двух агрегатов на одном фундаменте без прохода между ними; при этом вокруг двояной установки предусматривают проходы шириной не менее 0,7 м.

Высоту помещений насосной станции, оборудованной подъемными механизмами, принимают из условия обеспечения просвета не менее 0,5 м между верхом установленных агрегатов и низом перемещаемого груза, но не менее 2,2 м от пола до выступающих частей перекрытия.

Для эксплуатации оборудования, арматуры и трубопроводов в насосных станциях должно предусматриваться подъемно-транспортное оборудование: при массе груза до 10 кН — неподвижные балки с кошками или кран-балки подвесные ручные; до 50 кН — кран-балки подвесные ручные, и более 50 кН — краны мостовые ручные.

При подъеме груза на высоту более 6 м или длине машинного зала более 18 м следует применять электрическое подъемно-транспортное оборудование.

Подъемно-транспортное оборудование в насосных станциях предусматривают исходя из максимальной массы оборудования и арматуры в собранном виде с учетом возможного увеличения их массы при замене на более мощные.

В насосных станциях, оборудованных кран-балками и мостовыми кранами, должны быть площадки для ремонта механизмов и электрооборудования кранов.

В заглубленных станциях во избежание затопления насосных агрегатов при аварии в пределах насосных станций устанавливают дренажные насосы.

Для стока воды полы и каналы проектируют с уклоном к сборному приямку. На фундаментах под насосы устраивают бортики, желобки и трубы для отвода воды.

В насосных установках внутренних хозяйственно-питьевых, производственных и противопожарных трубопроводов число резервных агрегатов для каждой группы насосов следует принимать в соответствии с табл. 46.

Насосные установки проектируют с ручным, дистанционным или автоматическим управлением. Насосные установки для противопожарных целей проектируют с ручным и дистанционным управлением, а для зданий высотой более 50 м, зданий кино-театров, клубов, Домов культуры, конференц-залов, актовых залов, а также для зданий, оборудованных спринклерными и дренчерными установками, — с ручным, автоматическим и дистанционным управлением.

При автоматическом включении насосов, подающих воду только в спринклерные и дренчерные установки, в насосных станциях до узла управления устанавливают импульсное устройство (гидропневматический бак емкостью 0,5 м³).

Для клубов с эстрадами и зрительным залом до 300 мест пуск противопожарных насосов допускается принимать с ручным и дистанционным управлением.

При дистанционном пуске противопожарных насосных установок пусковые кнопки устанавливают у пожарных кранов, не обеспеченных потребным напором от наружной сети водопровода.

При автоматическом включении противопожарных насосов одновременно подается сигнал (световой и звуковой) в помещение пожарного поста или другое помещение с круглосуточным пребыванием в нем обслуживающего персонала.

Насосные установки с водонапорными или гидропневматическими баками проектируют с автоматическим и ручным управлением.

При автоматическом управлении насосной установкой должны предусматриваться:

автоматический пуск рабочего насоса;  
автоматическое включение резервного насоса при аварийном отключении рабочего;

открытие электродвигателей на вводах одновременно с пуском противопожарных насосов;

ручное отключение насосов.

Для насосных установок, подающих воду на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды, категорию надежности электроснабжения следует принимать:

I — при расходе воды на внутреннее пожаротушение более 2,5 л/с, а также для насосных установок, перерыв в работе которых не допускается;

II — при расходе воды на внутреннее пожаротушение 2,5 л/с и для жилых зданий высотой 12—16 этажей при расходе 5 л/с, а также для насосных установок, допускающих кратковременный перерыв в работе на время, необходимое для ручного включения резервного питания.

При невозможности по местным условиям осуществить питание насосных установок I категории от двух независимых источников электроснабжения допускается принимать питание от одного источника, при условии подключения к разным линиям 0,4 кВт и разным трансформаторам двухтрансформаторной подстанции или трансформаторам двух ближайших однострановых подстанций (с устройством АВР).

Указанную схему электроснабжения принимают также для питания противопожарных насосных установок в жилых зданиях высотой 12—16 этажей.

В случае невозможности обеспечения необходимой надежности электроснабжения насосных установок допускается установка резервных насосов с приводом от двигателей внутреннего сгорания. При этом размещать их в подвальных помещениях не допускается.

В насосных станциях предусматривают место для размещения щита управления электродвигателями.

## ВОДОНАПОРНЫЕ БАКИ И РЕЗЕРВУАРЫ

Водонапорные баки, резервуары и гидропневматические баки в зданиях применяются для создания запаса воды в объеме, достаточном для регулирования неравномерности водопотребления, а при наличии противопожарных устройств — неприкосновенного противопожарного запаса воды. Для обеспечения сохранности неприкосновенного противопожарного запаса воды и невозможности его использования

на другие нужды должны предусматриваться специальные устройства (отверстия для разрыва струи, реле уровня и др.).

Необходимость в устройстве запасных и регулирующих емкостей в жилых, общественных и промышленных зданиях может быть обусловлена следующими факторами:

- в случае периодического снижения давления в наружной сети;
- для сокращения времени работы насосов при постоянном недостаточном давлении в наружной сети в целях экономии электроэнергии;
- для обеспечения пиковых максимально-часовых расходов воды на промышленных предприятиях, в бассейнах для промывки фильтров и т. д.;
- для создания запасов воды в банях, прачечных, грязеислеченных, хлебопекарнях и в тех зданиях, где недопустим перерыв в ее подаче.

Целесообразность устройства, место расположения и тип емкости определяют на основании технико-экономических расчетов.

Применение гидропневматических баков для одновременного хранения в них регулирующего и противопожарного запаса воды не рекомендуется в связи со сложностью обеспечения сохранности последнего.

Регулирующий объем емкости водонапорного или гидропневматического бака определяют в зависимости от номинальной производительности одного насоса или наибольшего по производительности в группе поочередно включаемых рабочих насосов в час.

При производительности насосной установки, равной или превышающей максимально часовой расход, регулирующий объем емкости определяют по формуле

$$W = \frac{Q_n}{4n}, \quad (214)$$

где  $W$  — регулирующий объем бака, м<sup>3</sup>;  $Q_n$  — номинальная производительность одного насоса или наибольшего по производительности в группе поочередно включаемых рабочих насосов, м<sup>3</sup>/ч;  $n$  — допускаемое число включений насосной установки в 1 ч, принимаемое для установок с открытым баком в пределах 2—4, для установок с гидропневматическими баками 6—10. Большие значения  $n$  надлежит принимать для установок небольшой мощности (до 10 кВт).

При производительности насосной установки менее максимального часового расхода воды регулирующий объем емкости находят по формуле

$$W = Q_{\text{сут}} \left[ (1 - k_n) + (k_n - 1) \left( \frac{k_n}{k_q} \right) \left( \frac{k_q}{k_q - 1} \right) \right], \quad (215)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный расход максимального водопотребления, м<sup>3</sup>/сут;  $k_n$  — отношение производительности насосной установки к среднечасовому расходу;  $k_q$  — коэффициент часовой неравномерности, определяемый как отношение часовых расходов — расчетного к среднему.

Неприкосновенный противопожарный запас воды принимают:

при ручном или автоматическом включении пожарных насосов из расчета 10-минутной продолжительности тушения пожара из внутренних пожарных кранов и одновременном наибольшем расходе воды на производственные или хозяйственно-питьевые нужды;

при автоматическом включении насосов для подачи воды в спринклерные и дренчерные установки запас воды в водонапорных баках — равным 1,5 м<sup>3</sup> при расчетном расходе воды на пожаротушение 35 л/с и менее и 3 м<sup>3</sup> при расчетном расходе воды более 35 л/с;

в баках гидропневматических установок противопожарный объем воды допускается не предусматривать, но должен приниматься минимальный объем воды, обеспечивающий гарантированное включение противопожарных насосов.

При определении объема противопожарного запаса воды расходы на души и мытье полов не учитываются.

В зданиях с зонным водопроводом в запасных емкостях каждой зоны, включая гидропневматические установки, должен храниться неприкосновенный противопожарный объем воды, обеспечивающий в любое время суток две компактные струи длиной не менее 6 м, производительностью не менее 2,5 л/с каждая в течение 10 мин.

Полный объем гидропневматического бака  $V$ , м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V = W \frac{\beta}{1 - \alpha}, \quad (216)$$

а объем водонапорного бака по формуле

$$V = \beta W + W_n, \quad (217)$$

где  $W$  — регулирующий объем бака, м<sup>3</sup>;  $W_n$  — противопожарный объем бака, м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — отношение абсолютно минимального давления к максимальному, значение которого следует принимать равным 0,8 — для установок, работающих с подпором; 0,75 — для установок с напором до 50 м вод. ст.; 0,7 — для установок с напором выше 50 м вод. ст.;  $\beta$  — коэффициент запаса емкости бака, принимаемый при работе насосных установок в повторно-кратковременном режиме и соотношении подачи воды насосом  $q_n$  к расходам  $q_c$  по формуле (99) и  $q_c$  по формуле (205);  $q_n > q_{\text{пр}}$ ,  $\beta = 1,05$ ;  $q_n > q_{\text{пр}}$ ,  $\beta = 1,1$ ;  $q_n < q_{\text{пр}}$ ,  $\beta = 1,2 \div 1,4$ ;

при непрерывной работе насосных установок

$$q_n \leq q_c, \beta = 1,05.$$

Значение  $q_{\text{пр}}$  определяется по формуле

$$q_{\text{пр}} = q_c \left[ \left( \frac{q_c \cdot 3600}{q_c} - 1 \right) 0,9 + 1 \right]. \quad (218)$$

Высота расположения водонапорного бака и минимальное давление в гидропневматическом баке должны обеспечивать необходимый напор у всех потребителей, а в системах противопожарного или объединенного водопровода — необходимый напор у внутренних пожарных кранов или спринклерных и дренчерных установок до полного израсходования противопожарного запаса воды.

Запасные уравнительные баки холодной и горячей воды в банях и прачечных должны быть рассчитаны при водоснабжении от городского или поселкового водопровода на получасовой максимальный расход воды, а при водоснабжении из местных водосточников — на часовой.

В грязеислеченных баках запас воды в емкости бака должен обеспечивать часовой расход душами, предназначенными для мытья грязи.

В спортивных и лечебных бассейнах предусматривают баки запаса воды для промывки фильтров из расчета промывки одного фильтра.

В промышленных зданиях для производственных нужд емкость бака определяют по технологическому заданию или по графику часовых расходов.

Водонапорные и гидропневматические баки питьевой воды изготавливают из листовой стали и окрашивают внутри и снаружи, при этом для внутренней антикоррозийной защиты применяют нетоксичные краски и покрытия в соответствии с перечнем ГСИ СССР.

Водонапорные баки для питьевого водоснабжения устанавливают в вентилируемом и освещенном помещении с положительной температурой. Под баком предусматривают поддон на расстоянии не менее 0,5 м от дна бака; дно бака должно быть доступно для осмотра и ремонта (рис. 32).

Расстояние от верха бака до выступающих частей перекрытия должно быть не менее 0,5 м. Несущие конструкции помещения выполняют из несгораемых материалов.

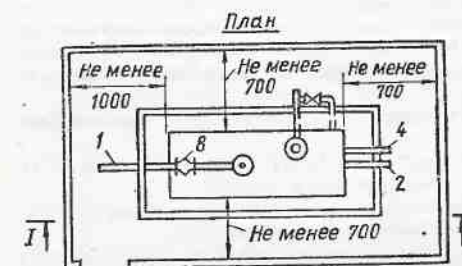
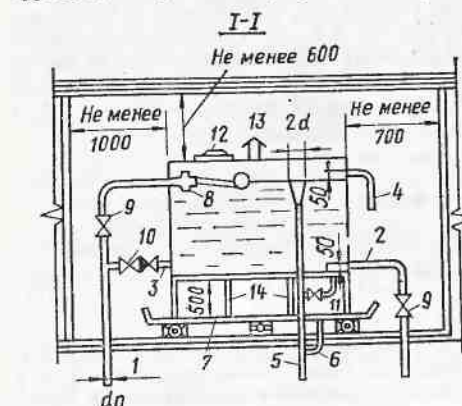
Расстояние между водонапорными баками, между баками и строительными конструкциями должно быть не менее 0,7 м, между баками и строительными конструкциями со стороны расположения поплавкового клапана — не менее 1 м, от верха бака до перекрытия — не менее 0,6 м.

Водонапорные баки снабжают следующим оборудованием: трубой, подающей воду в бак, с одним или несколькими поплавковыми клапанами, перед каждым из которых устанавливают запорный вентиль или задвижку; отводящей трубой; переливной трубой, присоединяемой к системе внутренних водостоков; спускной трубой, присоединяемой к дну бака и к переливной трубе, с установкой на присоединении вентиля или задвижки;

трубой диаметром 38 мм, отводящей воду с поддона и присоединяемой к переливной трубе;  
датчиками уровня в баках для включения и выключения насосных агрегатов;  
указателями уровня воды в баках и устройствами для подачи их показаний на пульт управления.

Подающие и отводящие трубы могут быть объединены в одну, в этом случае на ответвлении подающей трубы к дну бака предусматривают обратный клапан и задвижку или вентиль.

При отсутствии сигнализации уровня воды в баке устанавливают сигнальную трубку диаметром 15 мм, присоединяемую к баку на 5 см ниже переливной трубы, с выводом ее в раковину дежурного помещения насосной установки.



В водонапорных баках, предназначенных для хранения воды питьевого качества, для циркуляции воды располагают подводящие и отводящие трубопроводы с противоположных сторон резервуара или устраивают струенаправляющие перегородки в резервуарах большей емкости.

Для обмена воздуха баки оборудуют вентиляционными колонками, закрытыми сетками.

Водонапорные баки для воды питьевого качества проектируют с учетом требований главы 9 СНиП II-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Рис. 32. Схема установки водонапорного бака:

1 — подающий трубопровод; 2 — отводящий трубопровод (при варианте раздельной подачи и отвода воды); 3 — отводящий трубопровод (при варианте объединенного подающе-разводящего трубопровода); 4 — сигнальная труба; 5 — переливной трубопровод; 6 — сливной трубопровод с поддона; 7 — поддон; 8 — поплавковый клапан; 9 — запорная арматура; 10 — обратный клапан; 11 — спускной трубопровод; 12 — смотровой люк; 13 — вентиляционная колонка; 14 — сварная рама для установки бака.

Баки для сбора воды в системах оборотного водоснабжения и в системах с повторным использованием воды могут размещать внутри зданий, а также вне зданий в зависимости от местных условий. Емкость их определяется по графикам притока воды и работы насосов.

Спускные и переливные трубы из резервуаров производственного трубопровода допускается присоединять к канализации любого назначения с разрывом струи, а также в водостоки и открытые каналы.

Для возможности осмотра и ремонта резервуары большой емкости снабжают люками и лестницами или скобами. Резервуары малой емкости устраивают со съемным верхом, прикрепляемым к корпусу резервуара на болтах.

Гидропневматические баки должны быть оборудованы подающей, отводящей и спускной трубами, а также предохранительными клапанами, манометром, датчиками уровня и устройствами для пополнения и регулирования запаса воздуха в баке.

Расстояние от верха гидропневматических баков до перекрытия должно быть не менее 0,6 м, а между баками и от баков до стен 0,6 м.

Гидропневматические баки для внутреннего пожаротушения допускается располагать в первых и подвальных этажах зданий I и II степени огнестойкости. Размещать же их непосредственно (рядом, сверху и снизу) с помещениями, где возможно

пребывание большого количества людей (зрительный зал, сцена, гардеробная и т. д.) не допускается.

Помещения, в которых устанавливаются гидропневматические баки, должны иметь положительную температуру в любое время года.

Гидропневматические баки следует проектировать с переменным давлением. Запас воздуха в баке пополняют эжектором, компрессорами с автоматическим и ручным пуском, от общезаводской компрессорной станции и др.

В зависимости от объема помещения гидропневматические баки могут устанавливаться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

## Раздел третий ВОДООТВЕДЕНИЕ

### Глава 9. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

#### ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Все жилые и общественные здания, оборудованные хозяйственно-питьевым водопроводом, должны иметь внутреннюю систему водоотведения хозяйственно-бытовых и технологических сточных вод.

В местностях, где отсутствует централизованная канализация, внутренней системой водоотведения следует оборудовать (с устройствами локальных очистных сооружений) жилые здания высотой более 2-х этажей, гостиницы, дома для престарелых, родильные дома, поликлиники, амбулатории, больницы, диспансеры, дома отдыха, пансионаты, детские ясли-сады, школы-интернаты, общеобразовательные школы, клубы, кинотеатры, бани, прачечные, спортивные сооружения, предприятия общественного питания и учебные заведения.

В населенных пунктах, не имеющих канализации, допускается устройство люфт-клозетов или выгребов в следующих зданиях: жилых высотой 1—2 этажа, одно- и двухэтажных общежитиях не более чем на 50 человек, открытых плоскостных спортивных сооружениях, предприятиях общественного питания не более чем на 25 посадочных мест, пионерских лагерях, используемых только в летнее время, не более чем на 240 мест и клубах первого типа. В I, II и III климатических районах СССР в сооруженных зданиях также допускается устраивать люфт-клозеты.

В жилых зданиях проектируют единую хозяйственно-бытовую систему отведения сточных вод от санитарных приборов: унитазов, раковин, умывальников, ванн, душей и др. Ее также проектируют и в общественных зданиях, клубах, кинотеатрах, театрах, институтах, санаториях, поликлиниках, вокзалах. Исключением является случай, когда при установке в подвале или цокольном этаже санитарных приборов, борта которых расположены ниже уровня лока ближайшего смотрового колодца, приходится устраивать две независимые друг от друга системы внутренней канализации (рис. 33). Причем система, обслуживающая подвальное помещение, должна иметь на выпуске (в специальной камере под полом подвального помещения) задвижку с электрифицированным приводом, управляемым автоматически по сигналу датчика, устанавливаемого на выпуске. Одновременно необходимо обеспечить подачу аварийного сигнала в дежурное помещение или диспетчерский пункт.

В коммунально-бытовых и некоторых других общественных зданиях следует устраивать две системы канализования: хозяйственно-бытовую и производственную (бани, прачечные, предприятия общественного питания, здания магазинов, предприятия по переработке пищевой продукции).

Санитарные узлы в жилых зданиях только индивидуального типа при открывании дверей наружу должны иметь  $0,8 \times 1,2$  м, а при открывании вовнутрь —  $0,8 \times 1,5$  м.

Типовой санитарный узел многоэтажного жилого дома приведен на рис. 34. Санитарные узлы с душем биде — на рис. 35 и 36.

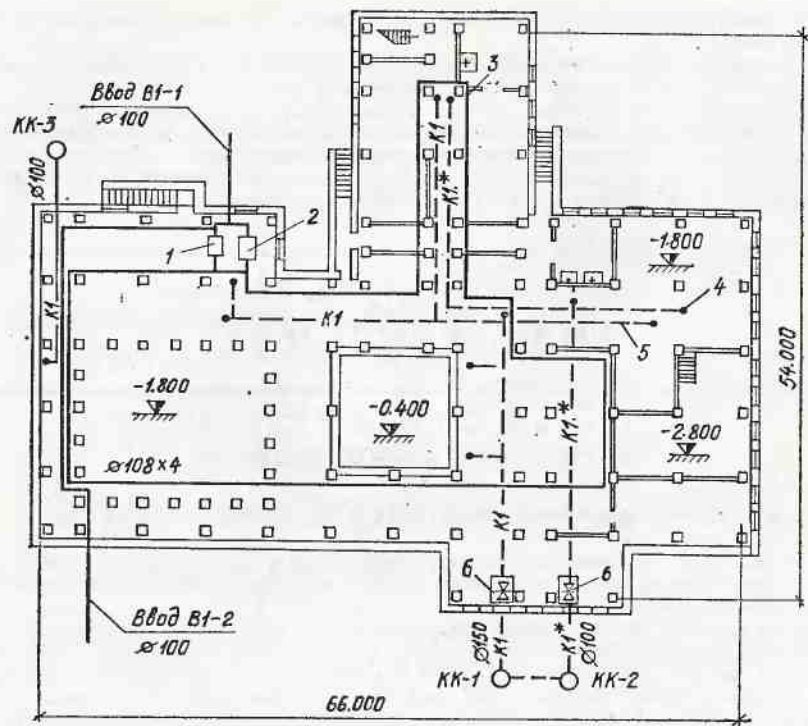


Рис. 33. Схема внутреннего водоснабжения и канализации высшего учебного заведения:

1 — хозяйственные насосы; 2 — пожарные насосы; 3 — кольцевая водопроводная магистраль; 4 — канализационная система для цокольного этажа; 5 — канализационная система для 1—9 этажей; 6 — электрифицированная задвижка на выпуске.

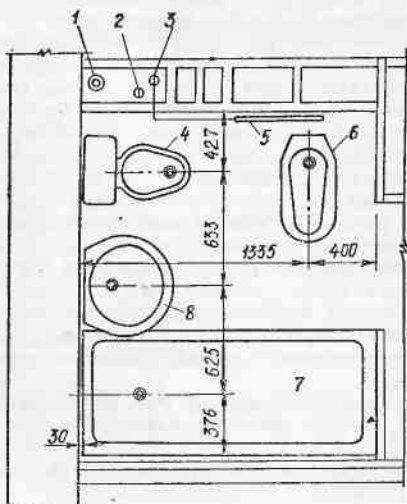


Рис. 34. Планировка совмещенного санитарного узла жилого дома с гигиеническим душем — биде:

1 — канализационный стояк; 2 — стояк холодной воды; 3 — стояк горячей воды; 4 — унитаз; 5 — полотенцесушитель; 6 — гигиенический душ — биде; 7 — ванна; 8 — умывальник.

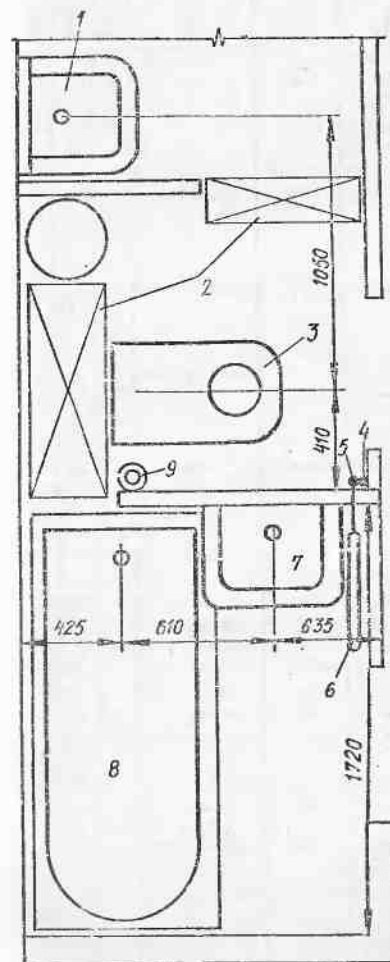


Рис. 35. Планировка типового санитарного узла многоэтажного жилого дома:

1 — мойка; 2 — вентиляционные каналы; 3 — унитаз; 4 — стояк холодной воды; 5 — стояк горячей воды; 6 — полотенцесушитель; 7 — умывальник; 8 — ванна; 9 — канализационный стояк.

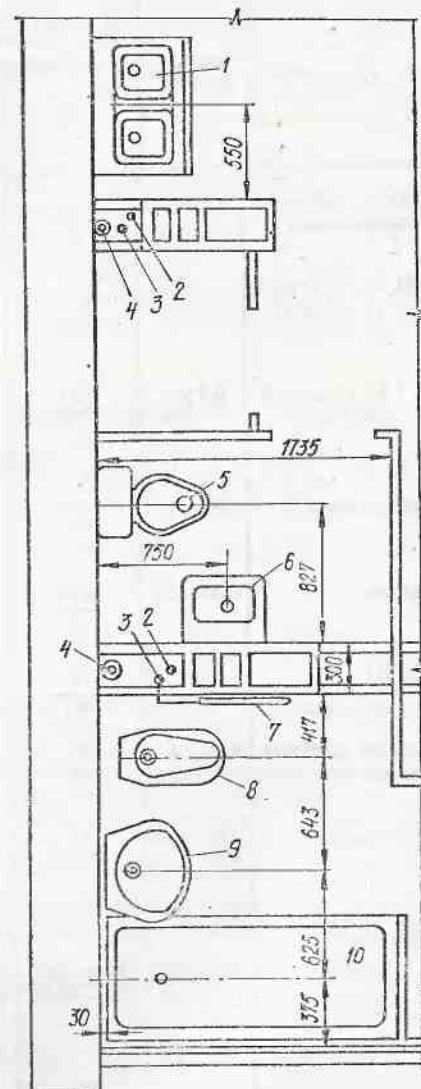


Рис. 36. Планировка санитарно-кухонного узла:

1 — мойка кухонная; 2 — стояк холодной воды; 3 — стояк горячей воды; 4 — канализационный стояк; 5 — унитаз; 6 — умывальник; 7 — полотенцесушитель; 8 — гигиенический душ — биде; 9 — умывальник; 10 — ванна.

Таблица 47. Размеры кабин уборных в общественных зданиях, необходимые санитарно-технические приборы и количество обслуживаемых людей

| Объект                    | Размер кабин, м | Количество человек, пользующихся одним прибором (в знаменателе данные по женским помещениям) |                               |                    |           |                 |                |                 |
|---------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|
|                           |                 | унитаз                                                                                       | умывальник                    | ванна              | писсуар   | душ             | душ-биде       | ванна           |
| Школа общеобразовательная | 0,8×1           | $\frac{40}{30}$                                                                              | $\frac{60}{60}$               | —                  | 40        | —               | —              | —               |
| Школа-интернат            | 0,8×1           | $\frac{40}{30}$                                                                              | $\frac{60}{60}$               | —                  | 40        | —               | —              | —               |
| а) учебный корпус         |                 |                                                                                              |                               |                    |           |                 |                |                 |
| б) спальный корпус        | 0,8×1           | $\frac{20}{15}$                                                                              | $\frac{8}{8}$                 | 1 ванна на душевую | 20        | $\frac{18}{18}$ | $\frac{0}{70}$ | $\frac{12}{12}$ |
| Кинотеатры                | 0,85×1,2        | $\frac{150}{50}$                                                                             | $\frac{600}{200}$             | —                  | 75        | —               | —              | —               |
| Театры                    | 0,85×1,2        | $\frac{100}{50}$                                                                             | $\frac{100}{100}$             | —                  | 40        | —               | —              | —               |
| Клубы                     | 0,85×1,2        | $\frac{100}{50}$                                                                             | 100                           | —                  | 50        | —               | —              | —               |
| Высшие учебные заведения  | 0,85×1,2        | $\frac{40}{30}$                                                                              | $\frac{60}{60}$               | —                  | 40        | —               | —              | —               |
| Общежития                 | 0,85×1,2        | $\frac{12}{8}$                                                                               | $\frac{5}{5}$                 | —                  | 12        | $\frac{12}{12}$ | $\frac{0}{50}$ | —               |
| Спортивные сооружения:    | 0,85×1,2        | $\frac{100-200}{50-90}^*$                                                                    | $\frac{100-200}{100-200}^*$   | —                  | 50—100 *  | —               | —              | —               |
| крытые                    |                 |                                                                                              |                               |                    |           |                 |                |                 |
| открытые                  | 0,85×1,2        | $\frac{500-1000}{100-200}^*$                                                                 | $\frac{750-1500}{750-1500}^*$ | —                  | 100—200 * | —               | —              | —               |
| Больницы                  | 1,1×1,6         | $\frac{15}{10}$                                                                              | $\frac{15}{10}$               | —                  | 15        | —               | —              | —               |

Примечания: 1. В общеобразовательных школах и школах-интернатах кабины санузлов дверей не имеют.

2. Размеры кабин уборных для обслуживающего персонала и спортсменов, а также количественные показатели принимаются по отдельным нормативам соответствующих глав СНиП.

3. Размеры душевых кабин в школах 0,85 × 0,85 м; для других зданий: открытых — 0,9 × 0,9 м; закрытых — 0,9 × 1,8 м.

4. Звездочкой указывается количество обслуживаемых одним прибором зрителей в зависимости от вместимости спортивного сооружения (СНиП II-Л-11-70).

Помещение ванной комнаты может быть различных размеров, зависимо от устанавливаемого санитарно-технического оборудования, но не менее 1,50 × 1,73 м.

В общежитиях и гостиницах общие уборные и умывальные следует проектировать на всех жилых этажах, входы устраивать из коридоров. Размеры туалетных кабин приведены в табл. 47. Габариты открытых душевых кабин в плане следует принимать 0,85 × 1,00 м (в чистоте).

В табл. 47 приведены также размеры мужских и женских туалетных кабин для общеобразовательных школ и школ-интернатов, кинотеатров, спортивных сооружений, театров, высших учебных заведений, больниц, а также количество человек, обслуживаемых одним прибором.

Размер туалетных кабин в общих уборных научных учреждений, финансирования, общественных и профсоюзных организаций, бытового обслуживания, населения, поликлиник, предприятий торговли, связи, транспорта и строительства составляет 0,85 × 1,20 м (в чистоте). Высота перегородок от пола должна быть не менее 1,8 м, низ перегородок принимают на уровне 0,2 м от пола.

Ширина прохода в уборных между двумя рядами кабин должна быть 1,5 м, а при количестве кабин свыше шести — 2 м; между рядами кабин и стеной или перегородкой — 1,3 м, а при расположении писсуаров против кабин, ширина прохода должна быть не менее 2 м.

#### ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Внутреннюю канализацию предусматривают также в промышленных и вспомогательных зданиях, если они расположены в канализуемых районах; в неканализуемых в производственных и вспомогательных зданиях ее не предусматривают, если число работающих в смену не превышает 25 чел.

В производственных зданиях устраивают следующие системы внутренней канализации:

бытовую — для отведения сточных вод от санитарных приборов (унитазов, раковин, умывальников, ванн, душей и др.);

производственную — для отведения производственных сточных вод на установки по предварительной очистке или смешению с бытовой сточной водой и сбрасыванию в городскую канализацию;

объединенную — для отведения бытовых и производственных сточных вод при условии, что их совместная транспортировка и очистка возможны.

При этом учитываются требования СНиП и СН, предъявляемые к конкретным промышленным производством с обязательным учетом технологических процессов, машин и оборудования. Кроме того, внутренние системы канализации проектируют с учетом требований органов санитарного надзора по обеспечению минимального содержания в сточных водах вредных и неприятно пахнущих загрязнений, а также сокращения количества сточных вод, применяя повторное и оборотное их использование.

Необходимое количество санитарно-технических приборов определяют по числу работающих в самой многочисленной смене в зависимости от групп производственных процессов (табл. 48).

Размещение приведенных в таблице санитарно-технических приборов и оборудования регламентируется соответствующим разделом СНиП. Так при устройстве уборных в промышленном и вспомогательном зданиях должно быть выдержано расстояние в 75 м от самых удаленных рабочих мест, при расположении рабочих мест на площадке предприятия — не более 150 м. В многэтажных производственных зданиях уборные предусматриваются на каждом этаже. Размеры кабин должны составлять 0,8 × 1,5 м, а двери открываться наружу. Кабины следует отделять друг от друга перегородкой высотой от пола 1,8 м, не доходящей до него на 0,2 м, и в них предусматривать крючки для одежды.

В уборных устанавливают напольные чаши (или унитазы специальных видов без сидений). Так, на три напольные чаши (или три унитаза) и более один унитаз должен быть с сиденьем. В мужских уборных, как правило, размещают индивидуальные писсуары с расстоянием по осям, равным 0,7 м. В одноэтажных зданиях допускается устанавливать лотковые писсуары из расчета 0,6 м на одного пользующегося.

Количество установленных в одном санитарном узле напольных чаш (унитазов) и писсуаров не должно превышать 16.

Таблица 48. Производственные процессы и количество рабочих данной отрасли, обслуживаемых одним санитарно-техническим прибором

| Группы производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов | Количество работающих (в знаменателе женщины) |                       |                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
|                                   |                                                      | на 1 душевую сетку                            | на 1 кран умывальника | на 1 ножную ванну |

I. Производственные процессы без значительных выделений влаги, пыли, загрязняющих веществ и тепла (не более 20 ккал/(м³ · ч) (84 кДж/с))

|    |                                                         |    |    |    |
|----|---------------------------------------------------------|----|----|----|
| Ia | Вызывающие незначительное загрязнение рук и спецодежды  | —  | 7  | 50 |
| Iб | Вызывающие загрязнение рук, спецодежды, а иногда и тела | 15 | 10 | 50 |
| Iв | Вызывающие загрязнения рук, спецодежды и тела           | 7  | 10 | 50 |
|    |                                                         | 6  |    | 40 |

II. Производственные процессы, осуществляемые при неблагоприятных метеорологических условиях, при значительных выделениях влаги, пыли, особо загрязняющих веществ (кроме вредных)

|     |                                                                                                                               |   |    |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|
| IIa | При значительных (более 20 ккал/(м³ · ч)) избытках явного тепла, в основном конвекционного                                    | 7 | 20 | 50 |
|     |                                                                                                                               | 6 |    | 40 |
| IIб | При значительных (более 20 ккал/(м³ · ч)) избытках явного тепла, в основном лучистого                                         | 3 | 20 | —  |
|     |                                                                                                                               | 3 |    |    |
| IIв | Связанные с воздействием влаги, вызывающим намокание спецодежды и обуви                                                       | 5 | 20 | 50 |
|     |                                                                                                                               | 4 |    | 40 |
| IIг | Связанные с воздействием на работающих пыли или особо загрязняющих веществ (кроме вредных), в том числе при подземных работах | 3 | 20 | —  |
|     |                                                                                                                               | 3 |    |    |
| IIд | При температуре воздуха на рабочем месте ниже +10°С и при работе на открытом воздухе                                          | 5 | 20 | 50 |
|     |                                                                                                                               | 4 |    | 40 |

III. Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами

|      |                                                                                                                              |   |    |   |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|
| IIIa | Воздействие на работающих веществ I-го и 2-го классов опасности, в том числе поступающих через кожу, а также сильно пахнущих | 3 | 10 | — |
|      |                                                                                                                              | 3 |    |   |
| IIIб | Воздействие на работающих веществ 3-го и 4-го классов опасности                                                              | 5 | 10 | — |
|      |                                                                                                                              | 4 |    |   |
| IIIв | Работа с инфицирующими материалами                                                                                           | 3 | 20 | — |
|      |                                                                                                                              | 3 |    |   |
| IIIг | Работа с открытыми источниками ионизирующего излучения                                                                       | 3 | 20 | — |
|      |                                                                                                                              | 3 |    |   |

Продолжение табл. 48

| Группы производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов | Количество работающих (в знаменателе женщины) |                       |                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
|                                   |                                                      | на 1 душевую сетку                            | на 1 кран умывальника | на 1 ножную ванну |

IV. Производственные процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции

|     |                                                                          |   |    |   |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|---|----|---|
| IVa | При переработке пищевых продуктов                                        | 7 | 10 | — |
|     |                                                                          | 6 |    |   |
| IVб | При производстве стерильных материалов                                   | 5 | 10 | — |
|     |                                                                          | 4 |    |   |
| IVв | При производстве продукции, требующей особой чистоты при ее изготовлении | — | 7  | — |

Примечание. Ножные ванны устанавливаются преимущественно для рабочих, работающих большую часть времени стоя при малой подвижности и испытывающих охлаждение нижних конечностей в процессе выполнения работы.

Ширина прохода между рядом кабин или писсуаров и стеной или перегородкой должна быть 1,3 м, если в ряду находится шесть и более кабин и писсуаров, — 2 м, а при меньшем количестве — 1,5 м.

Умывальники в помещениях можно размещать как смежно с гардеробными специальной одежды, так и в тамбурных при уборных. Предусматривается одиночная и групповая их установка. Расстояние между осями кранов умывальников в ряду принимается не менее 0,65 м. Каждый умывальник снабжают смесителем холодной и горячей воды. Количество умывальников определяется из расчета один умывальник на каждые четыре напольные чаши (унитазы) и на каждые четыре писсуара, но не менее одного умывальника на каждую уборную.

Ширина проходов между рядами умывальников, если их пять и более в ряду, принимается 2 м, если их менее пяти — 1,8 м.

Ширина прохода между рядами умывальников, если их пять и более в ряду, и стеной принимается 1,5 м, если их менее пяти — 1,35 м.

При определении необходимого количества умывальников при гардеробных, умывальники, устанавливаемые в столовых и уборных, в расчет не принимаются.

Душевые размещают непосредственно возле гардеробных с обязательным устройством преддушевых, предназначенных для вытирания тела (исключение для душевых с количеством душевых сеток до 4). Размер душевых кабин в плане составляет: открытых 0,9 × 0,9, закрытых 0,9 × 1,8 м. Кабины отделяются друг от друга перегородками из влагостойких материалов высотой от пола 1,8 м, не доходящими до пола на 0,2 м.

Для большинства групп производственных процессов душевые должны быть с открытыми кабинами (ограждение с трех сторон), а при производственных процессах групп III (кроме IIIб) и IVб — открытыми кабинами, ограждаемыми с двух сторон, со сквозными проходами.

При производственных процессах групп I, IIa, IIв, IIб и IVa до 10% общего количества кабин в мужских душевых и до 30% кабин в женских душевых предусматриваются в закрытом исполнении со входами из преддушевых.

Ширина проходов между рядами душевых кабин, которых в ряду более шести, равна 2 м, а если шесть и менее — 1,5 м. Ширина проходов между рядом кабин, которых в ряду более шести, и стеной принимается 1,5 м, а если их шесть и менее, — 1 м.

Лоток, отводящий воду, должен быть шириной 20 см и глубиной в начале не менее 2 см с уклоном не менее 0,01. В закрытых душевых кабинках предусматривают душевой поддон.

Помещения для личной гигиены женщин устраивают, когда в наиболее многочисленной смене количество их составляет 15 и более. Если количество работающих женщин в смене до 100 чел., предусматривают специальное помещение для гигиенического душа размером 1,2 × 2,4 м, размещаемое в женской уборной со входом в него из тамбура уборной.

При числе работающих женщин более 100 чел. в максимальную смену, помещения для личной их гигиены располагают смежно с женскими уборными, с устройством общего тамбура, а также дополнительного тамбура при входе в помещение для личной гигиены женщин. Размер процедурных кабин в таких помещениях составляет 1,2 × 1,8 м, с расчетом одной кабины на 100 женщин, работающих в максимальную смену. Ширину прохода между двумя рядами процедурных кабин принимают равной 2 м, а между рядом кабин и стеной — 1,3 м.

Для лиц, чья работа связана с вибрацией, передающейся на руки, в умывальных или специальных помещениях устанавливают ручные ванны на расстоянии не более 75 м от рабочих мест, размещаемых в здании, и не более 150 м от рабочих мест, находящихся на площадке предприятия. Количество таких ванн определяют из расчета 1 ванна на 3 человека, работающих в наиболее многочисленной смене и пользующихся ручными ваннами. Допускается применение полукруглых умывальников четвертой и пятой величины. Каждая ванна должна иметь индивидуальный смеситель с душевой сеткой (взамен крана).

Ножные ванны размещают в преддушевых, умывальных и гардеробных. Количество определяют по табл. 48, учитывая число работающих в наиболее многочисленной смене. Ширина прохода между рядами ножных ванн — 2 м, а между крайним рядом и стеной — 1,2 м. Каждая ванна должна иметь индивидуальный смеситель с расстоянием по осям не менее 0,7 м.

## ВНУТРЕННИЕ ВОДОСТОКИ

В многоэтажных жилых и общественных зданиях, а также большепролетных промышленных атмосферные и талые воды независимо от времени года отводятся при помощи внутренних водостоков. Необходимость устройства внутренних водостоков устанавливается архитектурно-строительной частью проекта.

При проектировании системы внутренних водостоков учитывают следующие факторы:

климатический район, где будет сооружаться проектируемый объект (максимальное количество осадков, продолжительность и интенсивность дождя, глубина промерзания почвы);

архитектурно-планировочное решение здания с учетом технологических и санитарно-технических особенностей данного объекта;

конструктивное решение кровли, конструктивные особенности стен, перекрытий и фундаментов здания, имеющих непосредственное отношение к расстановке водосточных воронок, отводных линий и ливнепроводов (ливневых стояков);

в промышленных зданиях большое значение имеет увязка трассировки ливнепроводов с производственными коммуникациями и установленным технологическим оборудованием.

Нормальная работа внутренних ливнепроводов будет обеспечена только при условии плюсовых температур внутри ливнепроводных стояков и отводных трубопроводов. При возможности снижения температуры внутри здания ниже нуля необходимо предусматривать искусственный обогрев системы внутренних ливнепроводов, используя для этого систему отопления, горячего водоснабжения или электрообогрев.

Запрещается внутри здания объединять внутренние водостоки с сетями хозяйственно-фекальной и промышленной канализации. Отвод дождевых и талых вод должен производиться в ливневую канализацию или в общесплавную канализационную сеть. В отдельных случаях при соответствующем обосновании разрешается устраивать открытые выпуски (см. главу 10).

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В ОСОБЫХ ПРИРОДНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Для северной строительной-климатической зоны нормы водоотведения принимают согласно СНиП по проектированию внутренней канализации. Зависят они от степени благоустройства зданий и при ограниченном дебите источника водоснабжения их можно снижать с согласия органов санитарно-эпидемиологической службы [10].

Вводы водопровода предусматривают наземными или в вентилируемых каналах, совмещая прокладку различных инженерных сетей. Трубопроводы целесообразно прокладывать в зданиях.

Наземную прокладку предусматривают во всех случаях, когда требуется исключить тепловое воздействие трубопроводов на грунты оснований, учитывая также ее относительно низкую стоимость и удобство в эксплуатации.

Канализационные выпуски, количество которых должно быть сведено до минимума, разрешается прокладывать как без устройства специальных каналов, так и в специальных каналах. Причем, совмещенная прокладка санитарно-технических коммуникаций в подземных каналах позволяет централизованно регулировать тепловое взаимодействие канала с окружающим его грунтом, удобнее его эксплуатировать и ликвидировать аварии на сети, а также создает экономические преимущества по сравнению с раздельной подземной прокладкой сетей различного назначения. Проведенный теплотехнический расчет по методике [24] позволяет определить толщину слоя заменяемого под каналом грунта.

При всех способах прокладки необходимо предусматривать меры предохранения жидкостей от замерзания как в процессе нормальной эксплуатации, так и в периоды нарушения расчетного теплового и гидравлического режима трубопроводов за счет:

- применения схем трубопроводов, обеспечивающих непрерывное движение жидкостей в трубах с максимальной возможной скоростью;
- тепловой изоляции трубопроводов;
- подогрева трубопроводов;
- повышенной тепловой инерции трубопроводов;
- применения специальной арматуры, устойчивой против замерзания, и средств автоматической защиты.

Непрерывность движения водопроводной воды обеспечивается за счет применения двухтрубных схем водоснабжения по аналогии со схемами тепловых сетей, тупиковых схем подачи воды с сухими резервирующими переключками и использования автоматических выпусков, сбрасывающих водопроводную воду в канализацию, при прекращении или опасном понижении температуры воды на отдельных участках.

Диаметры труб на вводах водопровода в здании независимо от расчета следует принимать не менее 50 мм.

На водопроводах устанавливают незамерзающую арматуру, спускные и воздушные краны из бронзы, на вводах — гнутые компенсаторы и отводы.

Для быстрого опорожнения труб в аварийных случаях сети проектируют с уклоном не менее 0,002.

Для нормальной работы вводов выпусков и стояков в местах пересечения со стенами, перекрытиями и другими строительными конструкциями устраивают упругие уплотнения, позволяющие горизонтальному и вертикальному перемещению трубопроводов.

При проектировании водоснабжения в сейсмически активных районах намечают мероприятия (устройство в доступных местах установок аварийных насосов, электрических установок и т. п.) по обеспечению подачи воды для тушения пожаров, которые могут возникнуть при землетрясении, бесперебойную подачу питьевой воды, а также подачу воды для сложных нужд производства [18].

Системы водоснабжения промышленных предприятий, размещаемых в районах с сейсмичностью 3 и 9 баллов, прекращение подачи воды которым может вызвать аварии или значительные материальные убытки, проектируют с двумя вводами с использованием двух независимых источников водоснабжения.

Вводы водопровода, внутренние водопроводные сети, трубопроводы насосных установок, установок очистки и подготовки воды, а также вертикальные трубопроводы (стояки) водонапорных баков выполняют из стальных труб или полиэтиленовых среднего и тяжелого типов. Применять для этих целей чугунные, асбестоцементные, стеклянные, а также полиэфирные трубы легкого типа не допускается.

Для устройства самотечной канализационной сети и выпусков из зданий могут применяться все виды труб, используемые в обычных условиях: с глубокими стыковыми устройствами, с резиновыми уплотнительными кольцами для соединений. Глубина заложения до верха трубы должна составлять не менее 0,7 м, при укладке в скальных грунтах — не нормируется.

Для пропускания вводов и выпусков через стены и фундаменты предусматривают отверстие размером, обеспечивающим зазор вокруг трубы не менее 200 мм. Зазор заделывают эластичными водо- и газонепроницаемыми материалами, компенсирующими возможные просадки. В нижней части канализационных стояков устраивают бетонные упоры.

Деформационные швы зданий пересекают водопроводными и канализационными трубопроводами не допускается.

Укладывать трубы под фундаментами зданий необходимо в футлярах из стальных или железобетонных труб с расстоянием между футляром и подошвой фундамента не менее 200 мм.

При проектировании внутренних трубопроводов зданий, проектируемых в условиях подработки в емкостях территории, предусматривают их защиту от воздействия деформаций грунта земной поверхности и деформаций элементов самих зданий, вызванных подработкой [18]. Исходные данные для определения возможной величины деформации трубопроводов внутри зданий принимают в соответствии с требованиями главы СНиП II-30-76 по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.

На вводах в здания, возводимых на подрабатываемых территориях I и II групп, устанавливают компенсационные устройства других групп — их предусматривают при длине ввода более 20 м.

На территориях, где в результате подработок предполагается образование на земной поверхности уступов, подземные вводы прокладывают в кирпичных каналах, причем зазор между верхом трубы и перекрытием канала должен быть не менее расчетной высоты уступа, ожидаемого в районе здания.

Проходы подземных вводов через ограждающие конструкции газифицируемых зданий, имеющих подвалы или подполье, предусматривают газоплотными и допускающими осевые перемещения трубы (газоплотность обеспечивается путем устройства сальников). В негазифицируемых зданиях такую защиту проходов осуществляют при удалении их от подземных наружных газопроводных сетей низкого давления — менее 30 м, среднего давления — менее 50 м и высокого давления — менее 80 м.

При деформирующем воздействии грунта на канализационный трубопровод необходимо сохранить безнапорный режим движения стоков и обеспечить герметичность стыковых соединений и механическую прочность трубопровода.

Для этого выпуски канализации из зданий, возводимых на подрабатываемых территориях I—IV групп, выполняют из чугунных, керамических, асбестоцементных и пластмассовых труб, при круто падающих пластах (территории Iк—IVк групп) — только из чугунных или пластмассовых.

При назначении уклонов выпусков и внутренней канализационной сети зданий учитывается ожидаемый уклон земной поверхности после деформации. По рекомендациям СНиП II-32-74 уклон проверяют по формуле

$$i_c \geq i_p + i_n, \quad (219)$$

где  $i_c$  — необходимый уклон выпуска и дворовой сети;  $i_p$  — наименьший уклон выпуска и дворовой сети при расчетном наполнении;  $i_n$  — расчетный уклон земной поверхности, вызываемый выработками.

Стыки должны быть податливы за счет эластичных заделок посредством асфальтовых мастик при уплотнителе из битуменизированной пеньковой пряди и за счет резиновых колец без заделок — для муфтовых соединений.

Для обеспечения герметичности трубопровода компенсационную способность его податливых соединений необходимо проверить по формуле

$$\Delta_{\text{пр}} \geq \Delta_0 + S, \quad (220)$$

где  $\Delta_{\text{пр}}$  — допустимая осевая компенсационная способность стыкового соединения

принятых труб, см;  $\Delta_0$  — необходимая, по условиям подработки, компенсационная способность стыка, см, определяемая по формуле

$$\Delta_0 = l \left( \varepsilon_n + \frac{D_n}{R_n} \right), \quad (221)$$

где  $l$  — длина секции (звена) трубопровода, см;  $\varepsilon_n$  — расчетная величина относительных горизонтальных деформаций земной поверхности;  $D_n$  — наружный диаметр трубопровода, м;  $R_n$  — расчетная величина минимального радиуса кривизны земной поверхности, м;  $S$  — величина оставляемого зазора при строительстве керамических, железобетонных и асбестоцементных труб в стыке равна 1 см.

Допустимая компенсационная способность стыкового соединения в см зависит от конструкции стыка и определяется по формуле

$$\Delta_{\text{пр}} = m_k h, \quad (222)$$

где  $m_k$  — коэффициент, учитывающий компенсационную способность стыка для керамических и железобетонных труб, принимается 0,65; для асбестоцементных и железобетонных с муфтовыми соединениями 0,50;  $h$  — глубина растрескивающей или длины муфты стыковых соединений, см.

На разводящих трубопроводах в местах пересечений ими деформационных швов зданий следует также предусматривать компенсаторы, компенсационная способность которых должна соответствовать расчетным условиям деформации шва.

Трубопроводы внутренней водопроводной сети зданий или его отдельных секций, защищаемых от воздействия подработок по жесткой конструктивной схеме, дополнительной защиты не требуют.

В зданиях, защищаемых по податливой конструктивной схеме, скрытая прокладка трубопроводов в бороздах стен не допускается.

Крепление трубопроводов к элементам зданий, защищаемых по податливой конструктивной схеме, должно обеспечивать осевые и вертикальные перемещения трубопровода. Величина этих перемещений определяется расчетной податливостью зданий.

Уличные и дворовые канализационные трубопроводы необходимо проверять еще из условия несущей способности из поперечного сечения  $[N]$ , на растяжение  $N_R$  и сопротивление, вызванное кривизной земной поверхности  $N_R$  по формуле

$$[N] \geq N_R + N_k. \quad (223)$$

При невыполнении этого условия, а также значений, полученных по формуле (220), следует использовать трубы из другого материала или проложить трубопровод в зоне меньших деформаций.

Просадочные грунты в зависимости от просадки под действием собственного веса при замачивании подразделяются на два типа: I — просадка практически отсутствует или не превышает 5 см и II — когда величина ее превышает 5 см.

Комплекс конструктивных мероприятий обеспечивает устойчивость зданий и сооружений. Возможность просадки полностью устраняется при исключении попадания воды под основание фундаментов зданий.

В связи с этим при проектировании внутреннего водопровода на просадочных грунтах учитывают целый ряд дополнительных требований, приведенных в данном разделе.

Трубопроводы систем водопровода при строительстве здания на просадочных грунтах II типа размещают выше уровня пола или подвального этажа открытой прокладкой, доступной для осмотра и ремонта [18].

Вводы водопровода и трубопроводов канализации под полом внутри здания при II типе грунтовых условий прокладывают в водонепроницаемых каналах с уклоном в сторону контрольных колодцев. Длину таких каналов на вводах и выпусках из здания от наружного обреза фундаментов здания до колодца принимают в зависимости от толщины слоя просадочных грунтов ниже подошвы фундаментов зданий и диаметров трубопроводов по табл. 49.

Устройство вводов водопроводов и канализационных выпусков при возведении зданий в грунтовых условиях II типа с полным устранением просадочных свойств грунтов или их прорезкой проектируют как на непросадочных грунтах.

Прокладка водопроводных вводов и выпусков канализации ниже подошвы фундамента не допускается.

Таблица 49. Длина водонепроницаемых каналов

| Толщина слоя просадочного грунта, м | Длина каналы, м, при диаметре труб, мм |                  |           |
|-------------------------------------|----------------------------------------|------------------|-----------|
|                                     | до 100                                 | более 100 до 300 | более 300 |
| До 5                                | Как для непросадочных грунтов          |                  |           |
| От 5 до 12                          | 5                                      | 7,5              | 10        |
| Более 12                            | 7,5                                    | 10               | 15        |

В местах прохождения трубопроводов через фундаменты фундаменты должны углубляться не менее чем на 0,5 м ниже лотка трубопровода.

Колодцы на выпусках дворовой сети в грунтовых условиях I типа просадочности устраивают по обычным требованиям, предъявляемым к этому типу сооружений; в грунтовых условиях II типа грунт уплотняют в основании на глубину 1 м и устраивают водонепроницаемые днища и стены ниже трубопровода.

На рис. 37 приведена схема водонепроницаемого канала для прокладки выпуска канализации. Длина таких каналов от фундамента до контрольного колодца должна составлять не менее 7,5 м. Стены колодца на высоту 1,5 м и его днище оборудуют гидроизоляцией. Основания под колодцы также уплотняют на глубину 1 м. Рекомендуется устанавливать специальную сигнализацию для подачи сигнала о появлении в колодце воды.

В местах примыкания каналов к фундаменту здания не должно быть утечки воды в грунт и одновременно должна обеспечиваться сохранность трубопроводов и каналов при осадке здания. Выполнение выпуска внутренней канализации и заделка отверстия водо- и газонепроницаемым материалом приведены на рис. 38.

## Глава 10. ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

### ТРУБОПРОВОДЫ И ФАСОННЫЕ ЧАСТИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СЕТЕЙ ВНУТРЕННЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Внутренняя канализационная сеть должна быть закрытой и работать, как правило, в самотечном режиме. Открыто (по лоткам) могут отводиться только производственные сточные воды, не имеющие неприятного запаха и не выделяющие вредные газы и пары.

Отводные линии и стояки внутренней хозяйственно-бытовой и производственной канализации при диаметрах 50, 100 и 150 мм и давлении до 0,1 МПа выполняют из чугунных канализационных труб по ГОСТ 6942.0—80 и чугунных раструбных фасонных частей к ним.

Для внутренней бытовой и производственной канализации слабокислых и слабощелочных сточных вод допускается использование асбестоцементных безнапорных труб диаметром 100 и 150 мм по ГОСТ 1839—72.

Асбестоцементные напорные трубы марок ВТ-6, ВТ-9 и ВТ-12 по ГОСТ 539—73 диаметром до 500 мм и асбестоцементные самоуплотняющиеся муфты САМ по МРТУ 21-36-68 применяют для напорных сетей внутренней производственной канализации слабкислых и слабощелочных сточных вод.

Бетонные и железобетонные безнапорные трубы по ГОСТ 6482—71 диаметром 300÷1500 мм применяют для сетей внутренней (подземной безнапорной) бытовой и производственной канализации, в случае не агрессивных по отношению к бетону сточных вод.

Пластмассовые трубы по ГОСТ 22689.1—77 и фасонные части к ним по ГОСТ 22689.2—77 диаметром 50÷100 мм можно использовать для устройства сетей внутренней бытовой и производственной канализации.

Для сетей внутренней канализации агрессивных сточных вод пригодны стеклянные трубы и фасонные части к ним по ГОСТ 8894—77 диаметром от 40 до 200 мм. Все размеры труб характеризуют внутренний их диаметр.

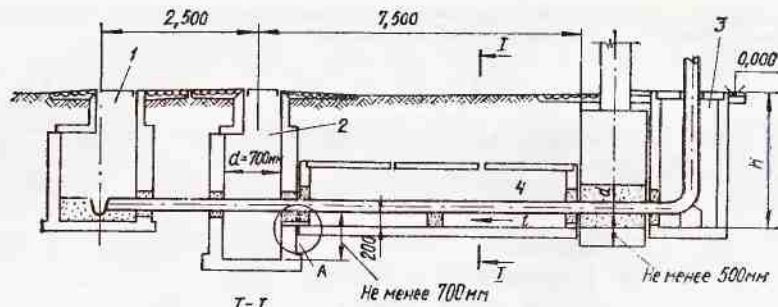


Рис. 37. Устройство выпуска канализации в непроходном лотковом железобетонном водонепроницаемом канале:

1 — колодец на магистральной сети;  
2 — контрольный колодец; 3 — водонепроницаемый приямок 1000×1000 мм;  
4 — лотковый железобетонный канал;  
5 — контрольные трубы Ø 25 мм;  
h — по проекту.

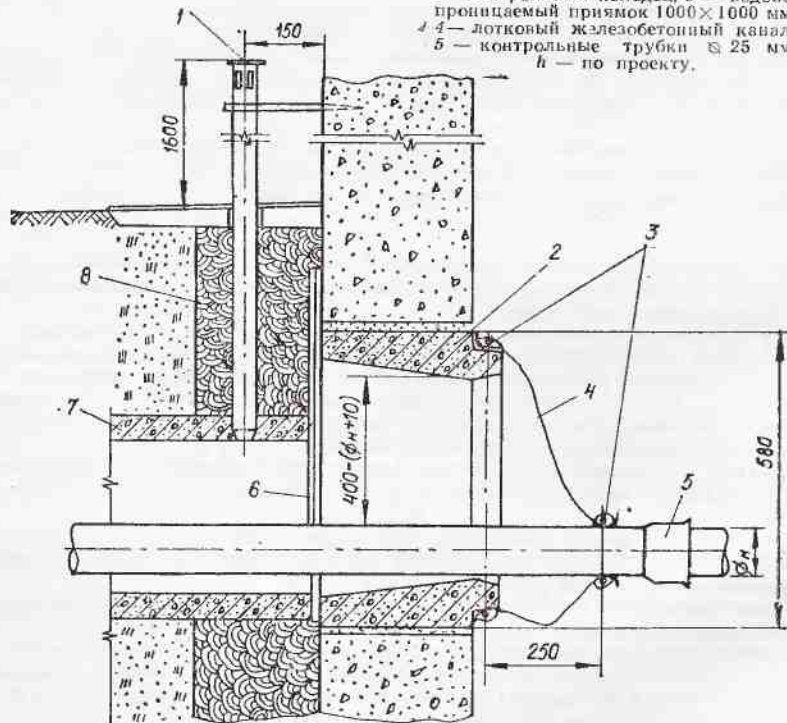


Рис. 38. Выпуск канализации из здания, сооруженного на просадочных грунтах:

1 — вентиляционная труба диаметром 50 мм; 2 — блок фундаментный железобетонный; 3 — хомут из стальной проволоки или полосовой стали; 4 — чехол из полиэтиленовой пленки; 5 — канализационный выпуск; 6 — защитный лист из двух слоев толя; 7 — железобетонный лоток; 8 — глиняный замок.

# ПРОКЛАДКА И КРЕПЛЕНИЕ ТРУБ И УСТАНОВКА САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Отводные канализационные трубопроводы прокладывают открыто и скрыто. Открыто — в подвалах, технических подпольях, цехах, коридорах, подсобных и вспомогательных помещениях, санитарных узлах жилых, общественных и производственных зданий, технических этажах высотных зданий и в специально выделенных для этого помещений с обязательным креплением к элементам и конструкциям зданий (стены, колонны, потолки, фермы и др.) или на специальных опорах.

Скрыто — в земле, в специальных каналах и шахтах, бороздах стен, под облицовкой колонн, в приставных коробах у стен, в подшивных потолках и в полу под

Таблица 50. Уклоны трубопроводов бытовой канализации

| Диаметр труб, мм | Уклон      |            |
|------------------|------------|------------|
|                  | нормальный | наименьший |
| 50               | 0,035      | 0,025      |
| 100              | 0,020      | 0,012      |
| 150              | 0,010      | 0,007      |
| 200              | 0,008      | 0,005      |

плинтусом.

Не допускается прокладывать внутренние канализационные трубопроводы:

под потолком, в стенах и в полу жилых комнат, спальных помещений детских учреждений, больничных палат, лечебных кабинетов, обеденных залов, рабочих комнат административных зданий, залов заседаний и зрительных залов, библиотек, учебных аудиторий и школьных классов, электрощитовых и трансформаторных, пультов управления автоматизации, приточных вентиляционных камер, а также производственных помещений, требующих особого санитарного режима;

под потолком следующих помещений (независимо от открытой или закрытой прокладки): кухонь, предприятий общественного питания, торговых залов, складов пищевых продуктов и ценных товаров, вестибюлей, помещений, имеющих ценное художественное оформление, производственных помещений в местах установки технологического оборудования, на которое не допускается попадание влаги или где находятся производственные ценные товары и продукция, качество которых может снизиться при попадании в них воды.

Отводные трубопроводы внутренней канализации разрешается прокладывать над полом с устройством гидроизоляции и последующей облицовкой от приборов в уборных жилых и административных зданий, от раковин и моек в кухнях, умывальников в лечебных кабинетах, больничных палатах, подсобных помещениях.

Расстояние между креплениями канализационных раструбных труб при их горизонтальной прокладке следует принимать не более 2 м.

Трубопроводы производственных сточных вод в производственных и складских помещениях предприятий общественного питания, подсобных помещениях магазинов допускается прокладывать в коробах без установки ревизий.

Подземную (под полом первого этажа) прокладку отводных канализационных трубопроводов осуществляют в больших промышленных или общественных зданиях. При этом наименьшую глубину заложения труб назначают исходя из условия предохранения их от разрушения под действием постоянных и временных нагрузок, а также с учетом типа полов указанных помещений. В бытовых помещениях канализационные

Таблица 51. Уклоны трубопроводов производственной иливневой канализации

| Диаметр труб, мм | Наименьшие уклоны для трубопроводов производственной канализации |                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                  | незагрязненные сточные вод и подпольной линии водосток           | загрязненные сточные вод |
| 50               | 0,020                                                            | 0,030                    |
| 100              | 0,008                                                            | 0,012                    |
| 150              | 0,005                                                            | 0,007                    |
| 200              | 0,004                                                            | 0,005                    |

Примечания: 1 Для подвесных линий водосток уклон принимается 0,005.  
2. Наибольший уклон для трубопроводов канализационной сети не должен превышать 0,15, за исключением ответвлений от приборов длиной до 1,5 м.

ционные трубы можно прокладывать на глубине 0,1 м от поверхности пола до верха трубы.

Трубопроводы, транспортирующие агрессивные и токсичные сточные воды под полом помещений, прокладывают в каналах. Отводящие стоки от взрывоопасных исхов объединять с другими системами канализации запрещается, они имеют свои выпуски с гидрозатворами и свои вентиляционные стояки.

Уклоны трубопроводов бытовой канализации принимают по табл. 50, а производственной иливневой — по табл. 51.

Для обеспечения нормальной работы канализационных трубопроводов следует устанавливать ревизии или прочистки:

Таблица 52. Установка ревизий и прочисток на внутренних канализационных трубопроводах

| Диаметр отводных труб, мм | Расстояние, м, между ревизиями и прочистками в зависимости от характера сточных вод |                                           |                                                                    | Вид прочистного устройства |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                           | производственные не загрязненные и подстоки                                         | бытовые и производственные, близкие к ним | производственные, содержащие большое количество взвешенных веществ |                            |
| 50                        | 15                                                                                  | 12                                        | 10                                                                 | Ревизия                    |
| 50                        | 10                                                                                  | 8                                         | 6                                                                  | Прочистка                  |
| 100—150                   | 20                                                                                  | 15                                        | 12                                                                 | Ревизия                    |
| 100—150                   | 15                                                                                  | 10                                        | 8                                                                  | Прочистка                  |
| 200 и более               | 25                                                                                  | 20                                        | 15                                                                 | Ревизия                    |

Примечание. На подвесных канализационных линиях, прокладываемых под потолком помещения, вместо ревизий следует устанавливать прочистки с выводом их в вышележащий этаж и устройством люка или открыто в зависимости от назначения помещения.

на стояках при отсутствии на них отступов — на первом и верхнем этажах, а при наличии отступов — также и в выше расположенных над отступами этажах, причем ревизии располагают на высоте 1 м от чистого пола до центра ревизии и не менее чем на 0,15 м выше борта присоединенного прибора;

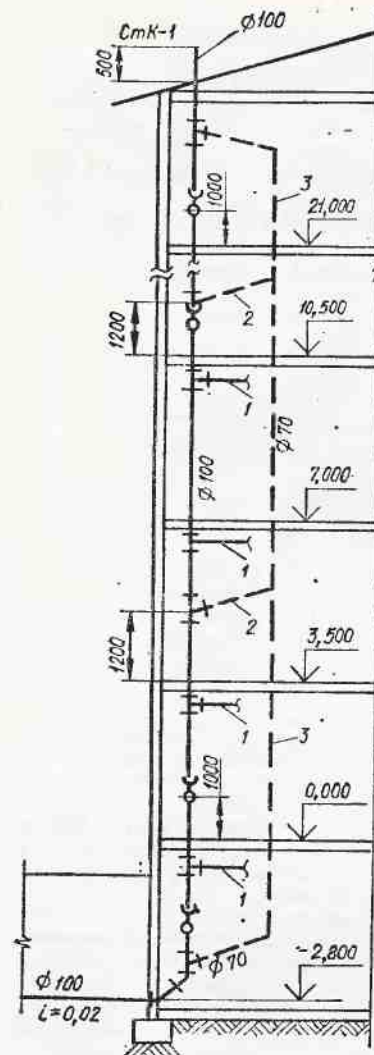
в зданиях, имеющих 5 и более этажей, не реже чем через три этажа; при изменении направления движения стоков, если отсутствует возможность прочистки через соседний участок сети, устанавливают или ревизии, или прочистки; в начале участка (по движению стоков), если дальше присоединены три и более прибора, не имеющих устройств для прочистки, — устанавливают прочистку; на прямых горизонтальных участках ревизию или прочистку располагают согласно табл. 52.

Если труба проложена под полом, то ревизию следует устанавливать в колоде диаметром не менее 0,7 м, имеющем днище с уклоном к фланцу ревизии не менее 0,05.

Канализационные стояки, как правило, прокладывают в помещениях, где установлены санитарно-технические приборы и отводят сточные воды, поступающие через отводные трубопроводы, а также вентилируют канализационную сеть. Разрешается открытая пристенная прокладка стояков с одним неподвижным креплением по высоте этажа, но не более 3 м между креплениями. Крепления следует располагать под раструбами.

Если стояки бытовой канализации проходят через предприятия общественного питания, их заключают в оштукатуренные короба, а ревизии не предусматривают. Во всех других случаях скрытой прокладки канализационных стояков против места установки ревизии предусматривают люки размерами не менее 30 × 40 см. На уровне пола люка устраняют цементную диафрагму в борозде по всему поперечному сечению борозды.

Диаметр вытяжной части канализационного стояка должен быть равен диаметру сточной его части. Стояк через кровлю или сборную вытяжную вентиляционную шахту



выводят от неэксплуатируемой кровли на высоту 0,5 м; от эксплуатируемой кровли — на 3 м, от обреза сборной вентиляционной шахты на 0,1 м и флюгаркой не накрывают.

Расстояние по горизонтали от вытяжной части стояка до открываемых окон или балконов должно быть не менее 4 м.

При объединении группы стояков диаметр вытяжного стояка и диаметры участков сборного вентиляционного трубопровода, объединяющего канализационные стояки, принимают в зависимости от числа присоединенных к ним приборов.

Во всех зданиях допускается устройство неветилируемых канализационных стояков (после проведения специального расчета, см. главу II), которые конструктивно отличаются от обычного тем, что у них отсутствует вентиляционная часть, и установлена прочистка в раструбе прямого отрезка тройника на уровне присоединения к этому стояку наиболее высоко расположенного прибора.

Если при расчете канализационного стояка окажется, что расход превышает допустимый приведенный в табл. 57, тогда устраивают дополнительный вентиляционный стояк (рис. 39), присоединяемый к основному через этаж переключкой на косой тройник раструбом вверх выше борта санитарного прибора. Внизу подключают ниже последнего нижнего прибора, а сверху под потолок верхнего этажа на косой тройник раструбом вниз. Диаметр вентиляционного стояка принимают на один размер меньше основного. Отвод стоков по вентиляционному стояку не допускается.

Канализационные трубопроводы и стояки предохраняют от возможного механического повреждения (подвалы, угольные склады, кладовые и т. д.); кроме того, их утепляют в местах возможного замораживания.

Рис. 39. Устройство дополнительного вентиляционного стояка:

1 — отводная линия от санприборов; 2 — вентиляционная переключка; 3 — вентиляционный стояк.

## САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ УСТАНОВКА

Санитарно-технические приборы (приемники сточных вод) предназначены для непосредственного приема стоков внутренней канализации. Их подразделяют на следующие группы:

приемники для бытовых сточных вод — санитарные приборы, устанавливаемые в санузлах, ваннах и уборных жилых, общественных и производственных зданий; приемники для производственных сточных вод — трансы, сливы, раковины, бачки для разрыва струи и др.;

приемники специального назначения — медицинские умывальники, лечебные души, ванны, лечебные ванны и др.;

приемники для дождевых вод — водосточные воронки.

Приборы должны быть удобны для пользования, безопасны, стойки к агрессивным растворам и горячей (до 90° С) воде, с гладкой поверхностью, должны быть

окрашены в белый цвет и иметь надежный смыл и полную герметичность гидравлических затворов.

Приемники сточных вод изготовляют из различных материалов — керамики, фаянса, полугфарфора, пластмасс, листовой, в том числе нержавеющей стали, чугуна и сплавов цветных металлов. Металлические поверхности покрывают стекловидной эмалью и водостойчивой краской. Приемники для производственных сточных вод, а также лечебных процедур можно покрывать специальными химически стойкими стекловидными эмалями, а керамические — глазурию.

Санитарные приборы устанавливают, руководствуясь данными табл. 53, и присоединяют к канализационной сети через гидравлический затвор-сифон, если он отсутствует, — к конструкции прибора.

Таблица 53. Установка санитарно-технических приборов

| Приборы                                                        | Высота от чистого пола, мм                       |          |                         |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|-------------------------|
|                                                                | в жилых, общественных и производственных зданиях | в школах | в детских садах и яслях |
| Умывальники (до верха борта)                                   | 800                                              | 700      | 600                     |
| Раковины и мойки (до верха борта)                              | 850                                              | 850      | 850                     |
| Высокорасполагаемые смывные бачки к унитадам (до низа бачка)   | 1800                                             | 1800     | 1800                    |
| Клозетные чаши чугунные, утепленные в пол (верх чаш)           | 300                                              | 300      | —                       |
| Писсуары настенные (до борта)                                  | 650                                              | 450      | 450                     |
| Индивидуальный гигиенический душ (верх чаши)                   | 400                                              | —        | —                       |
| Смывные трубы к лотковым писсуарам (от дна лотка до оси трубы) | 1500                                             | 1500     | —                       |
| Унитазы (до верха борта)                                       | 400                                              | 400      | 330                     |
| Ванны (до борта)                                               | 600—650                                          | —        | —                       |
| Питьевые фонтанчики (до борта)                                 | 900                                              | 750      | 650                     |

Примечания: 1. В детских яслях и младших группах детских садов расстояние от пола до борта умывальника принимается 500 мм.

2. Смывная труба для лоткового писсуара должна быть направлена отверстиями к стене под углом 45° вниз.

3. Допускаемые отклонения по высоте для отдельно стоящих приборов — 20 мм, а при групповой установке однотипных приборов — 5 мм.

Крепят санитарные приборы к строительным конструкциям при помощи дюбелей или шурупов. Унитазы крепят к полу шурупами или приклеивают клеем. От группы умывальников в количестве не более шести, установленных в одном помещении, или от одной мойки с несколькими отделениями допускается устройство одного сифона. В бытовых помещениях промышленных зданий разрешается установка группы умывальников на общей подставке (конструкции).

Соединяют санитарные приборы с сифонами (кроме бутылочных) путем заделки просмоленной прядью на суриковой замазке или путем установки уплотнительных резиновых манжет (колец).

Технологическое оборудование для приготовления и переработки пищевой продукции, оборудование и санитарно-технические приборы для мойки посуды, устанавливаемые в общественных и производственных зданиях, а также спускные трубопроводы бассейнов подключают к канализационной сети с разрывом струи не менее 20 мм от верха приемной воронки.

Ванны устанавливают с уклоном в сторону выпуска и для выравнивания электрических потенциалов корпус соединяют с трубопроводом специальным металлическим проводником.

Трапы устанавливают в наиболее низких местах полов с обеспечением водонепроницаемости мест заделки в перекрытиях. Верх решетки трапа должен быть на 5—10 мм ниже уровня чистого пола помещения.

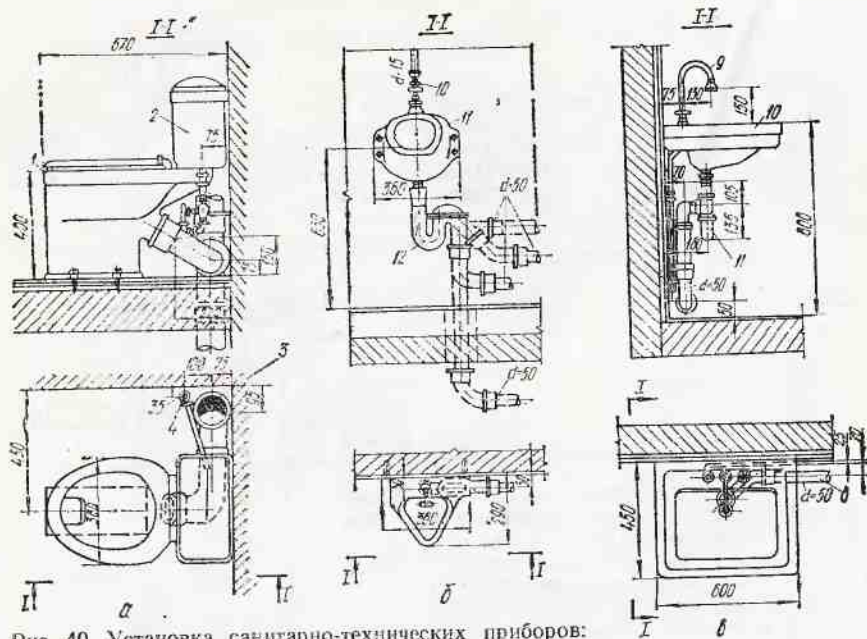


Рис. 40. Установка санитарно-технических приборов:

а — унитаз «Компакт»; б — писсуар настенный; в — гигиенический душ — биде.  
1 — унитаз; 2 — бак; 3 — канализационный стояк; 4 — водопроводный стояк; 5 — рукоятка смесителя; 6 — гигиенический душ; 7 — выпуск; 8 — фонтанчик; 9 — рукоятка пробки выпуска из биде; 10 — кран писсуарный; 11 — писсуар без цельно-отлитого керамического сифона; 12 — сифон-ревизия двухоборотный, чугунный.

Установка санитарно-технических приборов приведена на рис. 40 и 41 и разработана в соответствии с типовыми узлами и деталями инженерного оборудования жилых и общественных зданий.

#### УСТРОЙСТВО ВЫПУСКОВ

Канализационный стояк путем установки двух отводов по  $135^\circ$  переходит в горизонтальный выпуск, диаметр которого определяется специальным расчетом. Этот диаметр не должен быть меньше диаметра стояка. При присоединении нескольких стояков на один выпуск, его диаметр должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к нему.

Выпуск через стену подвала или техническое подполье проходит через отверстие, позволяющее обеспечить зазор величиной 0,2 м между трубопроводом и строительными конструкциями. Заделку отверстия необходимо осуществлять согласно рекомендациям КиевЗНИИЭП водонепроницаемым и газонепроницаемым эластичным материалом (рис. 42), а в мокрых грунтах — с применением набивных сальников.

Выпуски к наружной сети необходимо присоединять под углом не менее  $90^\circ$  (считая по движению сточных вод). Длину выпуска, с учетом его диаметра, принимают по табл. 54. К наружной канализационной сети их присоединяют «шлегом в шельгу». При большом заглублении наружной канализационной сети на выпуске канализации устраивают перепады до 0,3 м — открытые, по бетонному водосливу в лотке, входящему с плавным поворотом в колодец наружной канализации; более 0,3 м — закрытые, в виде стояка, сечением, не менее сечения подводящего трубопровода.

Минимальная глубина заложения выпуска (у здания) принимается с учетом опыта эксплуатации канализационных сетей в данном районе, но не менее 0,7 м до верха трубы, считая от отметок планировки. При этом превышение глубины промерзания грунта допускается на 0,3 м.

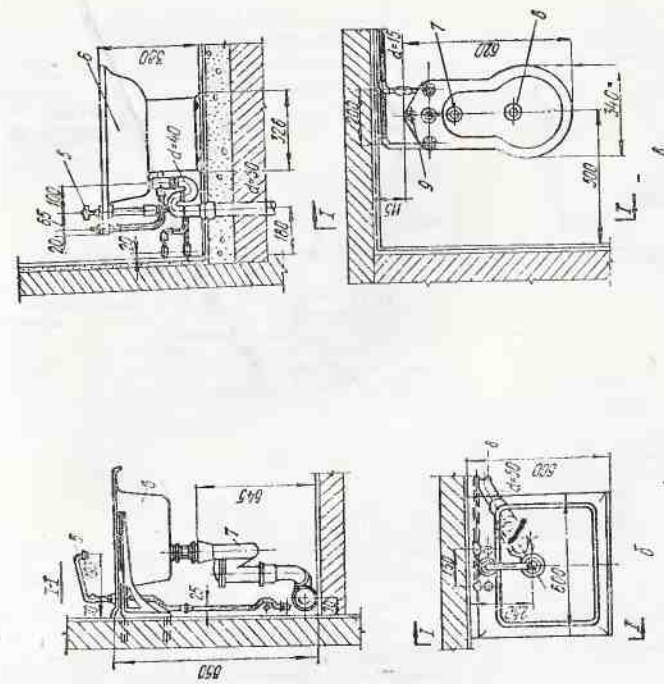
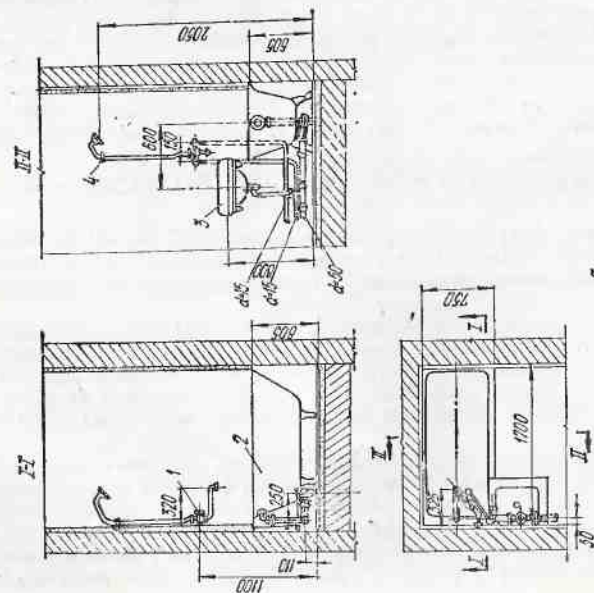
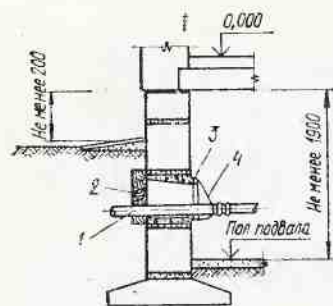


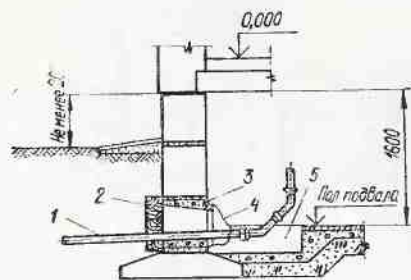
Рис. 41. Установка санитарно-технических приборов:

а — ванна прямооборотная ПВ-1 с умывальником с одним умывальником без спинки на одно отделение; б — смеситель; в — умывальник с умывальником со спинкой; 1 — смеситель для ванны; 2 — ванна прямооборотная; 3 — умывальник фаянсовый со спинкой; 4 — скоба для крепления трубы; 5 — смеситель для мойки с поворотным носиком; 6 — мойка чугунная эмалированная; 7 — сифон-ревизия  $d=50$  двухоборотный чугунный; 8 — отводная труба, уклон не менее 0,025; 9 — смеситель для умывальника; 10 — умывальник прямоугольный без спинки; 11 — сифон бутылочный.





а



б

Таблица 54. Длина выпуска внутренней канализации

| Диаметр труб, мм | Длина выпуска от стояка или прочистки до оси смотрового колодца, м |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 50               | 6                                                                  |
| 100              | 7,5                                                                |
| 150 и более      | 10                                                                 |

Примечания: 1. При длине выпуска, более указанной в таблице, устраивают дополнительный смотровой колодец.  
2. Длину выпуска незагрязненных сточных вод и водосточных при диаметре 100 мм и более допускается увеличивать до 10 м.

Рис. 42. Устройство герметизации канализационного выпуска при пересечении стены подвала:

а — выше уровня пола подвала; б — ниже уровня пола подвала.  
1 — канализационный выпуск; 2 — глиняный замок; 3 — железобетонный блок для пропуска выпуска; 4 — чехол из полиэтиленовой пленки; 5 — приемок.

Диаметр колодца на выпуске зависит от глубины заложения и, если она не превышает 1,2 м, принимается 700 мм. При больших глубинах заложения диаметр колодца на выпуске должен быть не менее 1000 мм.

Если в подвальном помещении здания установлены санитарно-технические приборы, борта которых расположены ниже люка ближайшего смотрового колодца, их подключают к отдельной системе канализации и устанавливают отдельный выпуск. На выпуске устанавливают задвижку с электрифицированным приводом, управляемым автоматически по сигналу датчика, размещаемого на трубопроводе канализируемого подвала. Кроме того, обеспечивают подачу аварийного сигнала в дежурное помещение или диспетчерский пункт. Уклон такого выпуска принимается не менее 0,02.

#### ЛОКАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД

Насосы и приемные резервуары для производственных сточных вод, не выделяющих неприятные и ядовитые запахи, газы и пары, а также пневматические перекачивающие установки допускается располагать в производственных и общественных зданиях.

При перекачке бытовых и производственных стоков, содержащих токсические и быстро загнивающие загрязнения, выделяющие ядовитые и неприятные запахи, газы и пары, приемные резервуары и насосы располагают в отдельно стоящем здании, подвале или изолированном помещении. При отсутствии подвала их размещают в изолированном отапливаемом помещении первого этажа, но с обязательно изолированным выходом наружу.

Не допускается канализационные насосы располагать в жилых домах, детских учреждениях, больницах, предприятиях общественного питания и пищевой промышленности, учебных заведениях, рабочих помещениях административных и других зданий, где повышение шума не допускается.

Емкость приемного резервуара при автоматическом режиме работы насосов принимается из условия включения их не более 6 раз в час, более точно она определяет-

ся по часовому графику притока стоков, а при его отсутствии допускается брать 5—10% максимального часового притока в резервуар. В приемных резервуарах устанавливают указатели уровня, устройства по взмучиванию выпадающего осадка и приточно-вытяжную вентиляцию.

Насосы, как правило, устанавливают под заливом от расчетного уровня перекачиваемых сточных вод в резервуаре. Предусматривается резерв насосов: на 1—

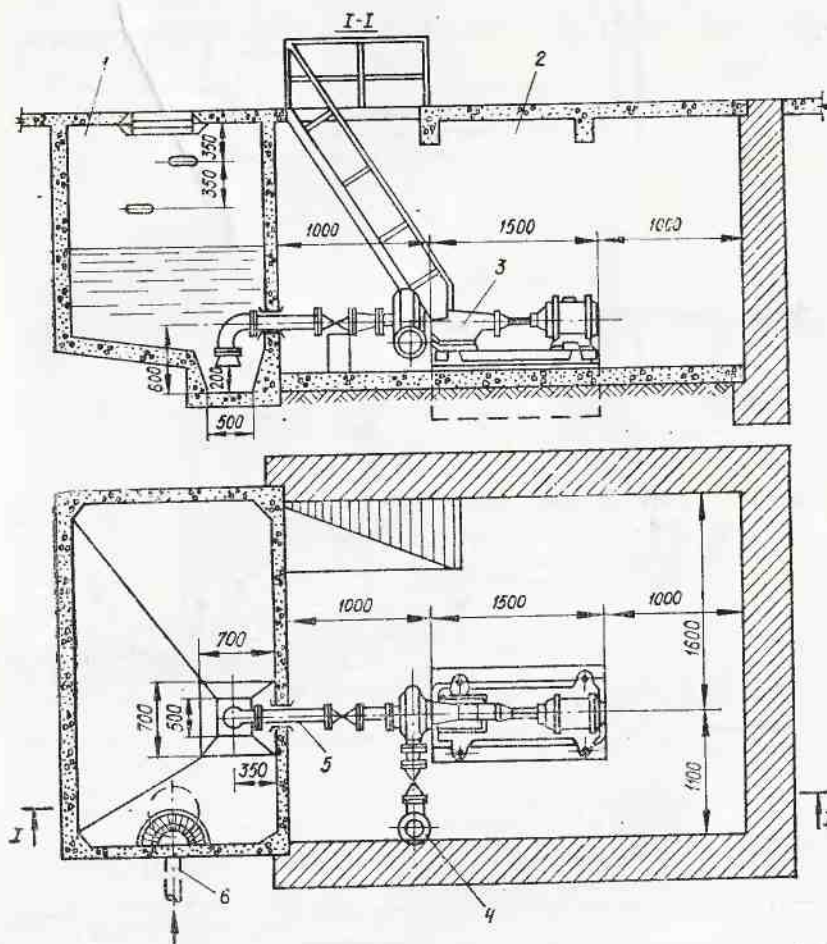


Рис. 43. Местная перекачивающаяся канализационная установка внутри производственного здания:

1 — приемный резервуар; 2 — машинное отделение; 3 — насосный агрегат; 4 — напорный трубопровод; 5 — всасывающий трубопровод; 6 — подводящий трубопровод.

2 однотипных насоса — один резервный; при числе однотипных рабочих насосов более двух — два резервных.

Высота помещения, в котором располагаются насосы, должна быть не менее 2,2 м от пола до выступающих частей перекрытия. Каждый насос должен иметь отдельную всасывающую линию с подъемом к насосу не менее 0,005. На рис. 43 приведена схема перекачивающей насосной установки, расположенной внутри промышленного здания.

Производственные сточные воды, содержащие горючие жидкости, взвешенные вещества, жиры, масла, кислоты и другие вредные вещества, нарушающие нормальную

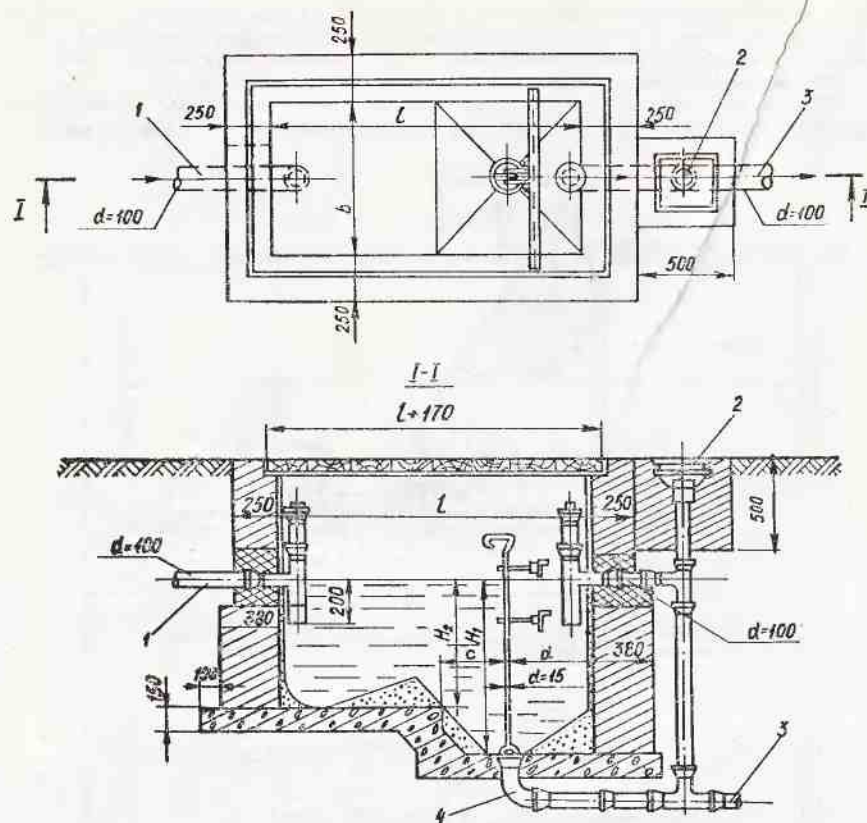


Рис. 44. Жироуловитель для локальных очистных сооружений:  
1 — подающая труба; 2 — прочистка; 3 — отводящая труба; 4 — спускная труба.

Таблица 55. Производительность и конструктивные размеры бетонных песколовок

| Производительность столовой (число обедов) | Суточный расход картофеля, кг | Количество выпадающего песка, л | Размеры песколовки, мм |                      |                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
|                                            |                               |                                 | Длина прочной части    | Ширина прочной части | Высота слоя воды на входе |
| 2500                                       | 1000                          | 16,8                            | 900                    | 700                  | 290                       |
| 5000                                       | 2000                          | 33,6                            | 900                    | 800                  | 290                       |
| 7500                                       | 3000                          | 50,4                            | 900                    | 800                  | 290                       |
| 10 000                                     | 4000                          | 67,2                            | 1260                   | 1000                 | 290                       |
| 12 000                                     | 5000                          | 84,0                            | 1260                   | 1000                 | 290                       |

Примечание. Время между чистками песколовки производительностью 2500 — 7500 обедов — 2 сут; производительностью 10 000 — 12 000 — 1 сут.

работу или вызывающие разрушение сетей и очистных сооружений, а также содержащие ценные отходы производства, должны быть очищены до поступления в наружную канализационную сеть на местных установках.

Для задержания песка и других минеральных взвешенных веществ устанавливают песколовки. В зависимости от производительности столовой габариты прямоугольной песколовки можно подбирать по табл. 55. Правильность подобранной пес-

Таблица 56. Производительность и конструктивные размеры кирпичного жироуловителя

| Расход воды л/с | Высота живого сечения, мм | Размеры жироуловителя, мм |     |     |                |                |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|-----|-----|----------------|----------------|
|                 |                           | L                         | b   | a   | H <sub>2</sub> | H <sub>1</sub> |
| 0,60            | 280                       | 1100                      | 550 | 275 | 470            | 650            |
| 0,90            | 280                       | 1200                      | 600 | 300 | 520            | 700            |
| 1,20            | 300                       | 1300                      | 650 | 350 | 550            | 730            |
| 1,50            | 340                       | 1400                      | 700 | 375 | 600            | 800            |
| 1,80            | 346                       | 1500                      | 750 | 375 | 600            | 800            |
| 2,10            | 385                       | 1550                      | 775 | 388 | 600            | 875            |
| 2,40            | 420                       | 1600                      | 800 | 400 | 600            | 900            |
| 2,70            | 420                       | 1700                      | 850 | 425 | 650            | 950            |
| 3,00            | 400                       | 1750                      | 875 | 438 | 700            | 975            |
| 3,30            | 450                       | 1800                      | 900 | 450 | 750            | 1000           |
| 3,60            | 450                       | 1860                      | 930 | 465 | 750            | 1000           |
| 4,00            | 450                       | 1940                      | 970 | 485 | 750            | 1000           |

коловки следует проверить исходя из условия скорости потока сточной воды  $V = 0,1 - 0,3$  м/с. Проверочная формула

$$\omega = \frac{Q}{v}, \quad (224)$$

где  $\omega$  — площадь живого сечения рабочей части песколовки, м<sup>2</sup>;  $Q$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с.

При объеме выпадающего песка, превышающего 0,5 м<sup>3</sup>/сут, его механически удаляют.

Для задержания жиров из сточных вод производственных зданий устанавливают жироуловители (рис. 44). Конструктивные размеры жироуловителя принимают в зависимости от расхода сточной воды по табл. 56.

Сплывающий осадок удаляется через трубу в дне жироуловителя. Жир всплывает кверху и удаляется вручную специальным приспособлением. Подводящие и отводящие трубопроводы должны иметь соответствующие приспособления для прочистки и промывки горячей водой или паром. Для улучшения условий снятия жира производят продувку сточных вод сжатым воздухом через дырчатые трубы. Расход воздуха составляет 0,6—1 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> стоков.

## РАСЧЕТ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Системы внутренней канализации должны обеспечить нормальное водоотведение расчетных расходов сточных вод.

Максимальный секундный расход сточных вод  $q_k$ , л/с, на участках канализационных сетей в зданиях или сооружениях следует определять согласно [18]:

при общем расчетном секундном расходе воды  $q \leq 8$  л/с в сетях холодного и горячего водопровода, обслуживающих группу приборов по формуле

$$q_k = q + q_{ок}; \quad (225)$$

в других случаях по формуле

$$q_k = q, \quad (226)$$

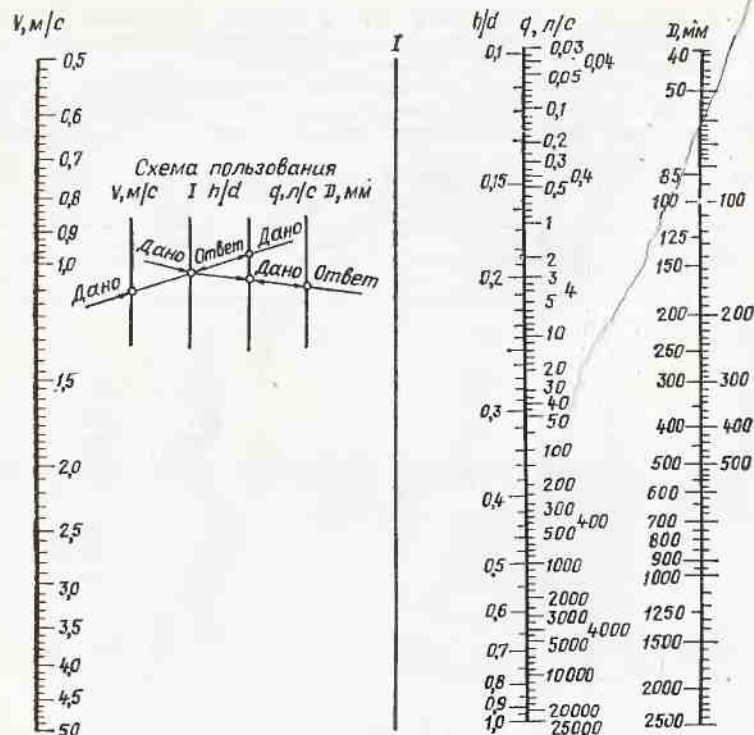


Рис. 45. Номограмма для определения диаметров канализационных трубопроводов.

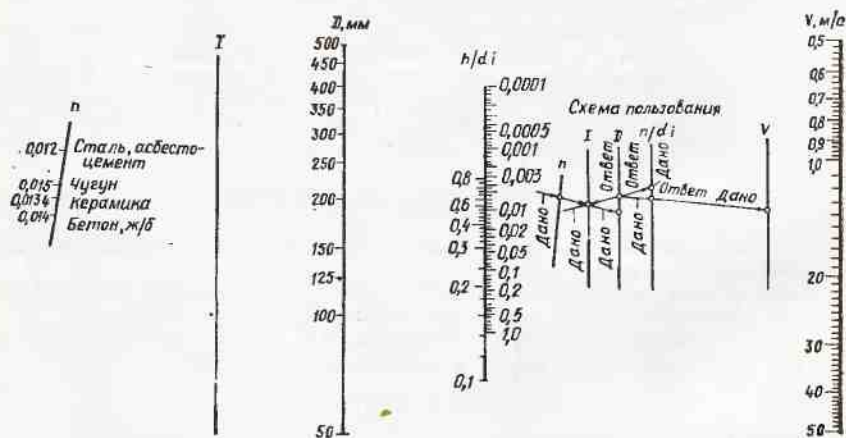


Рис. 46. Номограмма для определения уклонов канализационных трубопроводов.

где  $q_{ок}$  — наибольший секундный расход стоков от прибора, принимаемый по табл. 57 СНИП 11-30-76 [18];  $q$  — расчетный секундный расход воды, определенный по формуле  $q = 5q_{ок}$ .

Гидравлический расчет канализационных трубопроводов диаметром до 300 мм из различных материалов производят по номограммам, приведенным на рис. 45 и 46. При этом для трубопроводов канализации диаметром до 150 мм включительно скорость движения жидкости  $v$ , м/с, принимают не менее 0,7 м/с, наполнение  $h/d$  не менее 0,3.

Порядок пользования номограммами включает следующее.

При определении диаметров канализационных трубопроводов (рис. 45) линейкой соединяют принятое значение скорости  $v$ , м/с, на первой шкале с величиной наполнения трубопровода  $h/d$  на левой части двоянной шкалы и наносят засечку на вспомогательной шкале  $I$ . Затем соединяют эту засечку с точкой, соответствующей величине расчетного секундного расхода сточной жидкости  $q$ , л/с на правой шкале. В точке пересечения разрешающей прямой со шкалой  $D$  мм читаем ответ.

Уклон трубопровода определяют соединением шероховатости  $n$  на шкале  $I$  с принятым диаметром трубопровода на шкале  $D$  мм и делают засечку на вспомогательной шкале  $I$  (рис. 46).

Затем соединяют намеченную точку на вспомогательной шкале  $I$  с точкой на шкале  $h/d$ , соответствующей принятому наполнению трубопровода, и делают засечку на шкале  $D$  мм (при втором наложении линейки шкала  $D$  мм играет роль вспомогательной). Далее соединяя засечку на шкале  $D$  мм со значением скорости течения жидкости на шкале  $v$  м/с читаем ответ на шкале уклонов  $i$ .

#### РАСЧЕТ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОЯКОВ

Диаметр канализационного стояка определяют с учетом пропуска расчетного расхода сточной жидкости, а также с учетом недопущения срыва гидравлических затворов в санитарных приборах, присоединенных к данному стояку.

Таблица 57. Выбор диаметра канализационного стояка

| Диаметр поэтажных отводов, мм | Угол присоединения поэтажных отводов к стояку град | Допустимые расходы сточной жидкости, л/с |      |      |       |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|-------|
|                               |                                                    | при диаметре канализационного стояка     |      |      |       |
|                               |                                                    | 50                                       | 100  | 125  | 150   |
| 50                            | 90                                                 | 0,8                                      | 4,3  | 7,35 | 11,45 |
|                               | 60                                                 | 1,21                                     | 6,4  | 11   | 17    |
|                               | 45                                                 | 1,40                                     | 7,4  | 12,2 | 19,6  |
|                               | 90                                                 | —                                        | 3,2  | 5,5  | 8,5   |
| 100                           | 60                                                 | —                                        | 4,87 | 8,3  | 12,8  |
|                               | 45                                                 | —                                        | 5,5  | 9,4  | 14,5  |
|                               | 90                                                 | —                                        | —    | 5    | 7,8   |
|                               | 60                                                 | —                                        | —    | 7,65 | 11,8  |
| 125                           | 45                                                 | —                                        | —    | 9    | 13,4  |
|                               | 90                                                 | —                                        | —    | —    | 7,2   |
|                               | 60                                                 | —                                        | —    | —    | 11    |
|                               | 45                                                 | —                                        | —    | —    | 12,6  |

Допускаемые расходы сточной жидкости для различных диаметров канализационных стояков, с учетом диаметра поэтажных отводных линий и углов их присоединения к стояку, приведены в табл. 57. Причем диаметр канализационного стояка должен быть не менее наибольшего диаметра поэтажных отводов, присоединенных к этому стояку.

Диаметр участков сборного вентиляционного трубопровода, объединяющего сверху канализационные стояки, принимают не менее: 100 мм — при числе установленных санитарных приборов не более 120; 150 мм — при числе приборов не более 1200; 200 мм — при числе приборов более 1200.

Если в здании имеется более чем один канализационный стояк, допускается устройство неветилируемых канализационных стояков. Конструктивные размеры таких стояков и их пропускную способность следует определять по табл. 58.

Внутреннюю канализацию проектируют в соответствии с требованиями СНиП и СН, предъявляемыми к каждому виду зданий и сооружений, а также особенностями производственных процессов конкретных производств.

Таблица 58. Выбор диаметра неветилируемого канализационного стояка

| Рабочая высота стояка, м | Пропускная способность стояков, л/с, при диаметре стояка, мм |      |      | Рабочая высота стояка, м | Пропускная способность стояков, л/с, при диаметре стояка, мм |      |      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|------|------|
|                          | 50                                                           | 100  | 150  |                          | 50                                                           | 100  | 150  |
| 1                        | 1,6                                                          | 6,3  | 14   | 8                        | 0,4                                                          | 0,72 | 1,63 |
| 2                        | 1                                                            | 3,7  | 8    | 9                        | 0,4                                                          | 0,64 | 1,4  |
| 3                        | 0,64                                                         | 2,4  | 5,4  | 10                       | 0,4                                                          | 0,64 | 1,2  |
| 4                        | 0,5                                                          | 1,76 | 3,9  | 11                       | 0,4                                                          | 0,64 | 1    |
| 5                        | 0,4                                                          | 1,36 | 2,96 | 12                       | 0,4                                                          | 0,64 | 0,96 |
| 6                        | 0,4                                                          | 1    | 2,4  | 13                       | 0,4                                                          | 0,64 | 0,9  |
| 7                        | 0,4                                                          | 0,9  | 1,96 |                          |                                                              |      |      |

Примечание. Рабочей высотой неветилируемого канализационного стояка следует считать расстояние по вертикали от точки присоединения к стояку наиболее высокорасположенных в здании санитарно-технических приборов до точки перехода стояка в горизонтальный выпуск.

Внутренняя система хозяйственно-бытовой канализации должна обеспечивать полный сбор и отвод всех загрязнений, поступающих через приемники сточных вод для организованного их отвода и обработки.

Внутренние системы производственной канализации не должны отводить без специальной очистки стоки, содержащие отравляющие, радиоактивные и вредные вещества. Предварительную очистку, как правило, требуют сточные воды от предприятий общественного питания, бань, прачечных, инфекционных отделений больниц, грязелечебниц и др.

## Глава 11. ВНУТРЕННИЕ ВОДОСТОКИ

### КОНСТРУИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

Системы внутренних водостокów состоят из водосточных (приемных) воронок, стояков, отводных (подвесных и подпольных) трубопроводов гидравлических затворов и выпусков (закрытых или на отмо́стку).

Кроме выбора оптимальной конструктивной схемы внутренних водостокów (см. рис. 47, а—д) необходимо провести конструирование с максимальной заменой металлических трубопроводов на асбестоцементные, пластмассовые или стеклянные. При этом обязательно предусматриваются мероприятия, исключающие механическое или термическое повреждение трубопроводов и узлов.

Элементы системы соединяют при помощи чугунных канализационных, пластмассовых, асбестоцементных и стеклянных напорных фасонных частей.

Присоединяют воронки к стоякам из неметаллических трубопроводов или к подвесным линиям при помощи стальных сварных переходных фасонных частей, пластмассовых компенсационных патрубков или при помощи гибких вставок из резиновых напорных рукавов с текстильным каркасом. Заделывают стыки асбестоцементных и пластмассовых труб в чугунном раструбе пеньковой прядью, пропитанной раствором низкомолекулярного полиизобутилена в бензине (соотношение 1 : 1) с последующим заполнением зазора расширяющимся цементом. Стыкуют стеклянные трубы в чугунном раструбе резиновыми кольцами.

Системы внутренних водостокów монтируют следующими типами труб:

- асбестоцементными безнапорными (ГОСТ 1839—72);
- асбестоцементными напорными (ГОСТ 539-73);

- пластмассовыми канализационными (ГОСТ 22689.1—77);
- напорными из полиэтилена высокой плотности (ГОСТ 22689.3—77);
- стеклянными (ГОСТ 8894—77);
- чугунными канализационными (ГОСТ 6942.0—80);
- чугунными водонапорными напорными (ГОСТ 21053—75);
- стальными трубами (ГОСТ 10704—76).

В зависимости от требований, предъявляемых к системе, должны устанавливаться соответствующие типы водосточных воронок. Воронки Вр 9Б и Вр-1 ТУ 36 УССР—696—75 предназначены для общественных и производственных зданий, воронка Вр 8М — для плоских заливаемых водой кровель. Для жилых зданий может применяться воронка Вр 7М, а для эксплуатируемых кровель — Вр 10.

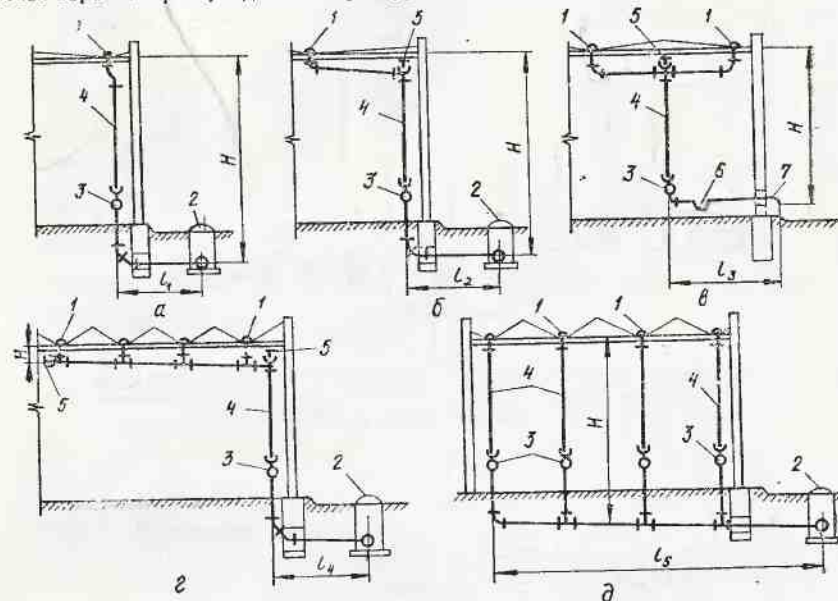


Рис. 47. Основные схемы внутренних водостокów:

а — система с одной воронкой на стояке; б — система с одной воронкой на стояке и подвесным трубопроводом; в — система с двумя воронками, расположенными симметрично относительно стояка; г — система с несколькими воронками и самотечным подвесным трубопроводом; д — система с несколькими воронками и самотечным подпольным трубопроводом. 1 — водосточная воронка; 2 — колодец на выпуске; 3 — ревизия; 4 — водосточный стояк; 5 — прочистка; 6 — гидравлический затвор; 7 — открытый выпуск.

Размещают водосточные воронки на кровле с учетом ее рельефа, допускаемой площади водосбора на одну воронку. Максимальное расстояние между водосточными воронками при любых видах кровли не должно превышать 48 м. На плоских кровлях жилых домов допускается устанавливать одну водосточную воронку на каждую секцию; присоединяют их к стоякам при помощи компенсационных раструбов с эластичной заделкой. Воронки ВР-1 по ТУ 36 УССР—696—75 можно присоединять при помощи гибкой вставки из рукавов резиновых напорных с текстильным каркасом по ГОСТ 18698—73.

Водосточные стояки прокладывают как открыто у стен, колонн и перегородок, так и скрыто в бороздах внутренних стен, в коробах, шахтах с обязательным устройством лючков с открывающимися дверками в местах установки ревизий. Замоноличивать водосточные трубопроводы в блоки или стеновые панели жилых и общественных зданий не допускается. Прокладывают стояки на лестничных клетках, коридорах или подсобных помещениях.

На стояках при отсутствии на них отступов надлежит предусматривать установку ревизий на нижнем этаже, а при наличии отступов — также и над отступами (кроме отступов непосредственно под воронкой) [22].

Минимальные уклоны подвесных трубопроводов 0,005, подпольные трубопроводы прокладываются в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 51.

На прямолинейных участках подвесных трубопроводов предусматривают ревизии и прочистки для труб диаметром 100—150 мм на расстоянии не более 20 м и для труб диаметром 200 мм и более — 25 м.

При длине подвесных горизонтальных линий до 24 м прочистку в начале участка допускается не предусматривать.

На подпольных трубопроводах ревизии и прочистки устанавливаются в местах изменения направления движения воды более чем на 15° и на прямых участках на рас-

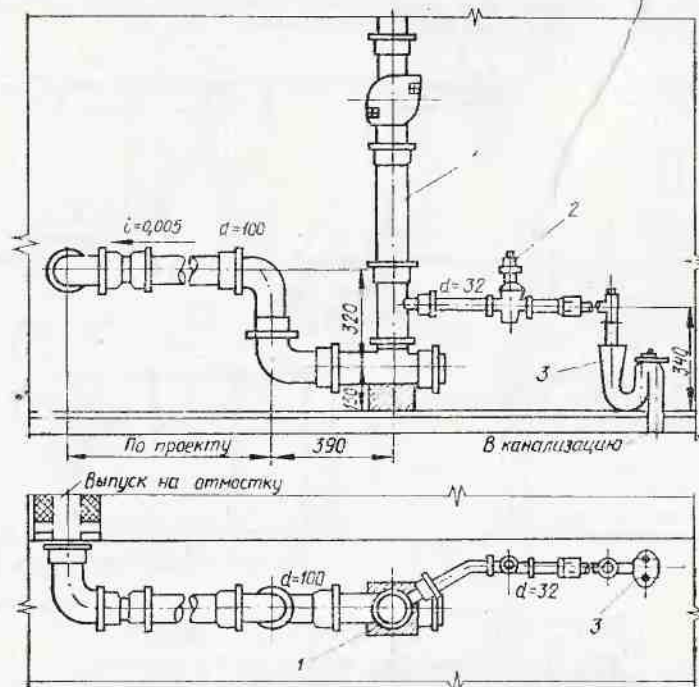


Рис. 48. Выпуск водостока на отмостку вокруг здания:

1 — ливневой стояк; 2 — пробковый край; 3 — гидравлический затвор на отводной линии в канализацию.

стоянии не более 25 м друг от друга в ревизионных колодцах диаметром не менее 0,7 м. В производственных зданиях допускается устройство смотровых колодцев на расстояниях, зависящих от диаметра подпольных ливневых трубопроводов, устройство смотровых колодцев в жилых зданиях не допускается.

При наличии дождевой или общесплавной канализации все ливневые выпуски присоединяются к ним путем устройства смотровых колодцев. Длина выпуска диаметром 100 мм может достигать 10 м, а выпуска 150 мм и более — до 20 м. Присоединение может быть с перепадом и без него. При пересечении выпуском фундамента здания или стены подвала предусматривается проем, обеспечивающий расстояние от верха трубы до верха проема не менее 0,20 м. Заделка отверстия должна осуществляться водонепроницаемым и газонепроницаемым эластичным материалом в сухих грунтах и с применением сальников — в мокрых.

Если в районе строительства отсутствует дождевая или общесплавная канализация, допускается устройство открытых выпусков на отмостку вокруг здания. Однако при этом обязательно устройство гидравлического затвора внутри здания с отводом талых вод в зимний период года в бытовую канализацию. Конструкция такого узла приведена на рис. 48.

## РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ ВОДОСТОКОВ

При расчете внутренних водостоков определяют расходы дождевых вод, тип и диаметр воронок, стояков, подвесных линий и выпусков.

При нахождении расчетной водосборной площади дополнительно учитывают 30% суммарной площади вертикальных стен, примыкающих к кровле и возвышающихся над ней.

Таблица 59. Значения величин  $q_5$ , л/с, с 1 га

| $q_{20}$ , л/с с 1 га | Величина параметра, л |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
|                       | 0,45                  | 0,60 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| 40                    | 75                    | 80   | 86   | 92   | 98   | 106  | 113  |
| 50                    | 93                    | 103  | 107  | 115  | 123  | 133  | 142  |
| 60                    | 112                   | 120  | 128  | 138  | 148  | 159  | 170  |
| 70                    | 131                   | 140  | 150  | 161  | 172  | 186  | 198  |
| 80                    | 149                   | 160  | 171  | 184  | 197  | 212  | 226  |
| 90                    | 168                   | 180  | 193  | 207  | 221  | 239  | 255  |
| 100                   | 187                   | 200  | 214  | 230  | 246  | 265  | 283  |
| 110                   | 206                   | 220  | 235  | 253  | 271  | 292  | 311  |
| 120                   | 224                   | 240  | 257  | 276  | 295  | 318  | 340  |

Расчетный расход дождевых вод  $Q_{расч}$ , л/с, с водосборной площади определяют по формулам

для кровель с уклоном менее 1,5%

$$Q_{расч} = \frac{Fq_{20}}{10\,000}; \quad (227)$$

для кровель с уклоном 1,5% и более

$$Q_{расч} = \frac{Fq_5}{10\,000}. \quad (228)$$

где  $F$  — водосборная площадь, м<sup>2</sup>;  $q_{20}$  — интенсивность дождя, л/с, с 1 га для данной местности продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности;  $q_5$  — интенсивность дождя, л/с, с 1 га для данной местности продолжительностью 5 мин, при периоде однократного превышения расчетной интенсивности.

Таблица 60. Тип водосточных воронок и допустимые расчетные расходы

| Показатель                                                     | ВР-9 | ВВ-1 | ВР-9 | ВВ-1 |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Диаметр воронки, мм                                            | 80   |      | 100  |      |
| Расчетный расход дождевых вод на одну водосточную воронку, л/с | 3    | 4,5  | 8    | 12   |

расчетной интенсивности, равной одному году (принимается согласно требованиям главы СНиП II-32-74);  $q_5$  — интенсивность дождя, л/с, с 1 га (для данной местности) продолжительностью 5 мин, при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной одному году, определяемая по формуле

$$q_5 = 4^n q_{20}, \quad (229)$$

где  $n$  — параметр (принимается согласно требованиям главы СНиП II-32-74). Значения  $q_5$  для интенсивности дождя до 12° л/с с 1 га приведены в табл. 59.

Внутреннюю водосточную систему рассчитывают, как правило, по самотечному режиму. Наполнение отводных линий и выпусков не должно превышать 0,8 диаметра.

Расчетные расходы дождевых вод, приходящихся на одну водосточную воронку, не должны превышать величин, приведенных в табл. 60.

Допустимые расчетные расходы зависят от диаметра стояка:

1. Водосточные стояки и допустимые расчетные расходы

| Диаметр стояка, мм                                           | 80 | 100 | 150 | 200 |
|--------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|
| Расчетный расход дождевых вод на один водосточный стояк, л/с | 10 | 20  | 50  | 83  |

По напорному режиму рассчитывают системы с одной воронкой или с двумя симметрично расположенными относительно стояка воронками (рис. 47, а, б, в); стояки систем с подпольными отводными трубами (рис. 47, д); вертикальные трубы, соединяющие воронку с подвесными трубопроводами при расположении подвесных трубопроводов на расстоянии более 12 диаметров патрубка воронки от поверхности кровли (рис. 47, г).

Таблица 61. Удельные сопротивления трения  $\lambda$  для расходов, л/с

| Наименование труб                          | Диаметр условного прохода труб, мм |          |          |          |           |
|--------------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
|                                            | 80                                 | 100      | 150      | 200      | 250       |
| Чугунные и канализационные и водопроводные | —                                  | 0,000363 | 0,000042 | 0,000009 | 0,0000028 |
| Асбестоцементные безнапорные               | 0,000735                           | 0,000165 | 0,000028 | 0,000006 | 0,000002  |
| Пластмассовые и винилпластмассовые         | 0,000662                           | 0,000111 | 0,000023 | 0,000005 | —         |
| Стальные бесшовные                         | 0,00117                            | 0,000267 | 0,000045 | 0,000009 | 0,0000026 |

По самотечному режиму следует рассчитывать подвесные и подпольные трубопроводы систем водостоков с несколькими воронками. Водосточные стояки, а также все отводные трубопроводы необходимо рассчитывать на давление, выдерживающее гидростатический напор при засорах и переполнениях.

Рассчитывают системы и подбирают воронки так, чтобы максимальный (критический) расход дождевой воды, который пропустит система, не вызвал повышения уровня воды на крыше над воронкой.

Критический расход, л/с, определяется по формуле

$$Q_{кр} = \sqrt{H/S_0}, \quad (230)$$

где  $H$  — располагаемый напор, м;  $S_0$  — полное сопротивление системы, м · с<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>.

Полное (суммарное) сопротивление системы определяется по формуле

$$S_0 = \lambda l + \lambda_m \sum \xi, \quad (231)$$

где  $\lambda$  — удельное сопротивление трения;  $l$  — длина трубопровода, м;  $\lambda_m$  — удельное местное сопротивление;  $\sum \xi$  — сумма коэффициентов местных сопротивлений в системе (включая вход в воронку и выпуск).

Для трубопроводов с различными диаметрами труб на отдельных участках величины  $S_0$  необходимо вычислять для каждого участка и затем суммировать их. Расчетный напор  $H$  для систем, работающих в напорном режиме, определяется как разность высот отметки кровли и оси выпуска или самотечного трубопровода.

Удельные местные сопротивления  $\lambda_m$  для расходов, л/с

| Диаметр фасонных частей                          | 80    | 100     | 150      | 200      | 250      |
|--------------------------------------------------|-------|---------|----------|----------|----------|
| Удельное местное сопротивление для расходов, л/с | 0,002 | 0,00083 | 0,000165 | 0,000052 | 0,000021 |

Значения удельных сопротивлений трения приведены в табл. 61. Местные сопротивления зависят от диаметров фасонных частей, а коэффициенты местных сопротивлений — от деталей и фасонных частей водосточных сетей.

Коэффициенты местных сопротивлений,  $\xi$

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| Воронка водосточная                                | 1,5  |
| Отвод 90° чугунный                                 | 0,63 |
| Отвод 135° чугунный                                | 0,45 |
| Отступ чугунный                                    | 1    |
| Тройник прямой или косой «на проход»               | 0,25 |
| Тройник прямой «на поворот»                        | 0,9  |
| Крестовина косая                                   | 1,2  |
| Гидравлический затвор стальной, сварной            | 2    |
| Выпуск (в колодец из воронки в трубу или открытый) | 1    |

Примеры расчета водосточных систем приведены в гл. 13.

## Раздел четвертый

### Технология проектирования

#### Примеры расчетов

#### Оформление чертежей

## Глава 12. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В соответствии с действующими инструкциями по разработке проектов и смет для жилищно-гражданского и промышленного строительства, здания и сооружения проектируют, как правило, в две стадии — проект и рабочая документация. При разработке технически несложных объектов допускается проектирование в одну стадию — рабочий проект (проект, совмещенный с рабочей документацией).

Проектную документацию разрабатывают на основе задания на проектирование; технических условий; гидрогеологических и климатических условий площадки, отведенной под строительство проектируемого объекта; архитектурно-строительного и технологического задания, генерального плана и вертикальной планировки площадки.

Задание на проектирование составляет заказчик при участии проектной организации с обязательным утверждением министерства или ведомства, которому подчинена организация, заказывающая проект.

Технические условия на водоснабжение и канализование объекта выдает Производственное управление водопроводно-канализационного хозяйства населенного пункта, в котором проектируется здание или сооружение. При отсутствии в районе строительства объекта указанного управления, их выдает комбинат коммунальных предприятий или организация, на балансе которой находятся сети и сооружения водоснабжения и канализации.

В технических условиях на водоснабжение должен быть указан напор в точке подключения к наружному существующему водопроводу и его диаметр, а также являются ли кольцевыми или тупиковыми существующие сети.

В технических условиях на канализование объекта должны быть указаны диаметр существующей сети и вид существующей системы канализации — раздельная, полураздельная или общесплавная.

При наличии в населенном пункте дождевой канализации, технические условия на сброс дождевых вод выдает дорожное эксплуатационное управление или управление городского или районного архитектора.

В архитектурно-строительном задании указывают степень огнестойкости здания и его строительный объем.

К архитектурно-строительному заданию прилагают планы этажей, планы кровли с местом расположения водосточных воронок, строительные разрезы здания, а также планы и разрезы фундаментов здания и технологического оборудования.

В технологическом задании должны быть приведены следующие данные: численность людей, пребывающих в здании или сооружении в течение суток и максимальной смены (для промышленных предприятий дополнительно указывается количество человек, работающих в цехах с тепловыделением более 84 кДж на 1 м<sup>3</sup>/ч);

суточный и часовой режим производственного водопотребления и водоснабжения; максимальный часовой и секундный расход воды и стоков технологического оборудования;

требуемое качество воды для каждого вида технологического оборудования (дополнительно указываются технологические процессы, в которых допускается повторное использование воды);

физико-химический состав производственных сточных вод; планы зданий с расстановкой технологического оборудования и с указанием категории производства помещений по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности;

технологическое оборудование, к которому подводится вода или от которого отводятся производственные стоки, должно иметь горизонтальную и вертикальную привязку подводящих и отводящих трубопроводов и их диаметры.

Задание на проектирование и технические условия выдает в отдел главный инженер проекта.

Раздел водоснабжения и канализации рекомендуется начинать проектировать только при получении всех выше перечисленных исходных данных.

После определения диаметров трубопроводов, подбора необходимого оборудования (насосов, регулирующих емкостей и др.) и трассировки сетей задания выдают смежным отделам.

Архитектурно-строительному отделу дают задание на устройство отверстий в фундаментах, перекрытиях и стенах здания для пропуска трубопроводов, траншей и других элементов систем. Кроме того, этому отделу поручается устройство фундаментов под сантехническое оборудование, ниш для пожарных и поливочных кранов и подпольных каналов для укладки сетей и др.

При проектировании здания или сооружения в особых природных условиях, задание следует составлять с учетом указаний главы 9 настоящего справочника. В задании электротехническому отделу указывается:

тип и мощность электродвигателей, применяемых в санитарно-технических установках;

количество рабочих и резервных агрегатов;

категория надежности электроснабжения каждого вида установки;

места установки пожарных кранов (при необходимости устройства аварийного освещения);

места установок пусковых кнопок у пожарных кранов, не обеспеченных потребным напором от наружной сети водопровода;

для дистанционного пуска противопожарных насосов.

Отделу автоматики поручается разработка требуемой автоматизации работы санитарно-технических устройств. В задании детально указывается технологическая схема работы установок.

Отделу теплоснабжения и вентиляции выдается задание на отопление и вентиляцию помещений, в которых устанавливаются санитарно-технические устройства (насосные установки, регулирующие баки и т. д.), а также указывается потребное количество горячей воды для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, в том случае, когда установка горячего водоснабжения проектирует указанный отдел.

Ввиду того, что в процессе разработки проекта уточняется планировка помещений, расстановка технологического оборудования и санитарно-технических приборов, во избежание несоответствия раздела водоснабжения и канализации с другими разделами проекта, разработанные чертежи в обязательном порядке необходимо согласовывать со смежными отделами.

На основании согласованных чертежей выдается задание сметному отделу, в которое включается ведомость объемов работ и спецификация оборудования и материалов.

## Глава 13. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

### Пример 1. РАСЧЕТ САНАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Требуется определить расчетные расходы воды в сетях холодного и горячего водоснабжения и канализации каждого здания и санаторного комплекса в целом, а также регулиющую емкость резервуара чистой воды.

Санаторный комплекс вместимостью 1000 чел. с водолечебницей на 40 ванн, основные показатели приведены в табл. 62.

В связи с тем, что комплекс санатория обслуживает различных потребителей с различными секундными и часовыми расходами приборов, нужно определить секундный и часовой расход средневзвешенного прибора.

Определение диктующих приборов по всем зданиям, за исключением водолечебницы несложно, так как эти приборы обслуживают одинаковых потребителей. Определение диктующего прибора водолечебницы является несколько трудоемким, ввиду значительного отличия секундных расходов технологического оборудования.

В связи с вышеизложенным расчет комплекса начинаем с определения расчетных расходов воды и стоков водолечебницы.

**Расчет водолечебницы.** Водолечебница обслуживает 1000 чел. в сутки. В максимальную смену работает 300 чел. персонала. Нормы водопотребления и расчеты сведены в табл. 62 и 63.

Перечень технологического оборудования, а также его часовые и секундные расходы приняты на основании технологического задания и СНиП II-70-74 «Санатории» (табл. 64).

С целью уменьшения кратковременных максимальных секундных расходов при заполнении лечебных ванн (время заполнения ванны 2,5 мин) в водолечебнице устанавливают регулирующие баки. Баки могут содержать регулирующий объем расчетной температуры или же отдельные объемы холодной и горячей воды. Емкость баков принимается из расчета запаса воды на 1 процедуру по графам 3, 4, 5 табл. 65. Время наполнения баков принимается по графе 6 табл. 65.

Для определения общего расчетного секундного расхода воды определяем секундный расход воды средневзвешенного прибора по формуле (200).

Значения  $Q_{qi} U_i$  для технологического оборудования принимаем по гр. 16 табл. 63, а на хозяйственно-питьевые нужды посетителей — по гр. 10 табл. 62. Значение  $q_{0i}$  — т. е. секундного расхода технологическими приборами, работающими от баков, принимаем по гр. 10 табл. 65, а приборами, работающими из сети, — по гр. 6 табл. 64.

Диктующим прибором для хозяйственно-питьевых нужд принимаем умывальник с  $q_0 = 0,1$  л/с.

$$q_{0}^{общ} = \frac{\sum_i Q_{qi}^{общ} U_i}{\sum_i \frac{Q_{qi}^{общ} \cdot U_i}{q_{0i}}} = (39930 + 1600) : \left( \frac{25000}{0,43} + \frac{2500}{0,2} + \frac{3000}{2} + \frac{2400}{3} + \frac{100}{0,2} + \frac{360}{0,025} + \frac{270}{0,027} + \frac{1800}{0,5} + \frac{200}{0,025} + \frac{2700}{0,38} + \frac{1600}{0,12} + \frac{1000}{0,1} \right) = 41\,530 : 145878 = 0,285 \text{ л/с.}$$

На основании найденной средневзвешенной величины  $q_0^{общ} = 0,285$  л/с определяем вероятность действия приборов по формуле (202). Для упрощения расчета формулу (202) представляем в виде

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{общ} = \frac{\Sigma Q_{qi} U_i}{3600 q_0},$$

что допустимо только при определении секундного расхода для всего здания в целом

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{общ} = \frac{\Sigma Q_{qi} U_i}{3600 q_0} = \frac{41\,530}{3600 \cdot 0,285} = 40,48;$$

$$\alpha = 12,04.$$

Значение  $\alpha$  находим по вычисленному значению  $\Sigma N_i P_{\Sigma}$  (см. приложение 1 СНиП II-70-74).

Таким образом, общий секундный расход воды

$$q = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,285 \cdot 12,04 = 17,16 \text{ л/с.}$$

Для определения общего часового расхода воды находим часовой расход воды средневзвешенным прибором по формуле (207).

Таблица 62. Основные показатели

| Потребители                                                                              | Единица измерения | Количество | Норма расхода воды в час, л |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|-----------------------------|------------------|------------------|
|                                                                                          |                   |            | $Q_{\text{общ}}$            | $Q_{\text{хол}}$ | $Q_{\text{гор}}$ |
| 1                                                                                        | 2                 | 3          | 4                           | 5                | 6                |
| Санаторий на 1000 мест                                                                   | 1 место           | 1000       | 26                          | 13               | 13               |
| Столовая                                                                                 | 1 блюдо/ч         | 660        | 12                          | 10               | 2                |
|                                                                                          | 1 блюдо/сут       | 6100       | —                           | —                | —                |
| Жилые дома на 200 квартир при средней заселенности 3 чел/квартир с ваннами $l = 1500$ мм | 1 житель          | 600        | 15,6                        | 5,6              | 10               |
| Котельная                                                                                | 1 кг белья        | 62,5       | 75                          | 50               | 25               |
| Прачечная                                                                                | ч                 | —          | —                           | —                | —                |
|                                                                                          | 1 кг белья/сут    | 1000       | —                           | —                | —                |
| Водолечебница на 40 ванн                                                                 | чел/сут           | 1000       | 1,6                         | 0,8              | 0,8              |
| Итого                                                                                    |                   |            |                             |                  |                  |
| Посетители водолечебницы                                                                 | чел/сут           | 1000       | 1,6                         | 0,8              | 0,8              |

Таблица 63. Часовые и суточные расходы воды

| Водопотребители                      | Количество приборов |                       |                          |                            | Количество процедур | Расчетная температура<br>$t_{расч}^{\circ}\text{C}$ | Расход                        |                                |                            |                               |                                |  |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|
|                                      | в час               |                       | общий за 6 часов в сутки | на одну процедуру          |                     |                                                     |                               |                                |                            |                               |                                |  |
|                                      | одним прибором      | общий всеми приборами |                          | одним прибором             |                     |                                                     | общий всеми приборами         |                                |                            |                               |                                |  |
|                                      |                     |                       |                          | $t_{расч}^{\circ}\text{C}$ |                     |                                                     | $t_{хол} = 5^{\circ}\text{C}$ | $t_{гор} = 65^{\circ}\text{C}$ | $t_{расч}^{\circ}\text{C}$ | $t_{хол} = 5^{\circ}\text{C}$ | $t_{гор} = 65^{\circ}\text{C}$ |  |
| 1                                    | 2                   | 3                     | 4                        | 5                          | 6                   | 7                                                   | 8                             | 9                              | 10                         | 11                            | 12                             |  |
| Лечебные ванны                       | 40                  | 2,5                   | 100                      | 600                        | 38                  | 250                                                 | 112,5                         | 137,5                          | 10 000                     | 4500                          | 5500                           |  |
| Обмыв лечебных ванн                  | 40                  | 2,5                   | 100                      | 600                        | 45                  | 25                                                  | 11,25                         | 13,75                          | 1000                       | 450                           | 550                            |  |
| Душевой зал (гидропатия)             | 1                   | 8                     | 8                        | 48                         | 38                  |                                                     |                               |                                |                            |                               |                                |  |
| Ванна подводного душа-массажа        | 1                   | 2                     | 2                        | 12                         | 38                  | 1200                                                | 540                           | 660                            | 1200                       | 540                           | 660                            |  |
| Обмыв ванн                           | 1                   | 2                     | 2                        | 12                         | 45                  | 50                                                  | 20                            | 30                             | 50                         | 20                            | 30                             |  |
| Кипячение промывания                 | 4                   | 3                     | 12                       | 72                         | 45                  | 30                                                  | 10                            | 20                             | 120                        | 40                            | 80                             |  |
| Вагинальные орошения                 | 3                   | 3                     | 9                        | 54                         | 45                  | 30                                                  | 10                            | 20                             | 90                         | 30                            | 60                             |  |
| Контрастные ванны (2X X 2 X 1,3 м)   | 1                   | 2                     | 2                        | 12                         | 32                  | —                                                   | —                             | —                              | —                          | —                             | —                              |  |
| Душ контрастной ванны                | 2                   | 2                     | 4                        | 24                         | 38                  | 50                                                  | 22,5                          | 7,5                            | 100                        | 45                            | 55                             |  |
| Лечебный бассейн (6X12; = 1,2 + 1,5) | 2                   | 24                    | 48                       | 288                        | 26                  |                                                     |                               |                                |                            |                               |                                |  |
| Душ бассейна                         | 4                   | 8                     | 32                       | 192                        | 38                  | 50                                                  | 22,5                          | 27,5                           | 200                        | 90                            | 110                            |  |
| Итого                                | 99                  |                       |                          |                            |                     |                                                     |                               |                                |                            |                               |                                |  |

Примечание. Расходы горячей и холодной воды подсчитаны по формуле

потребления воды

| Норма расхода воды в сутки, л | Характерный уровень расхода воды, л |                               |                             |                                     |                             |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                               | в час наибольшего водопотребления   |                               |                             | в сутки наибольшего водопотребления |                             |                               |                               |                               |
|                               |                                     |                               |                             |                                     |                             |                               |                               |                               |
| $Q_{\text{общ}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{хол}}^{\text{сут}}$       | $Q_{\text{гор}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{общ}}^{\text{ч}}$ | $Q_{\text{хол}}^{\text{ч}}$         | $Q_{\text{гор}}^{\text{ч}}$ | $Q_{\text{общ}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{хол}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{гор}}^{\text{сут}}$ |
| 7                             | 8                                   | 9                             | 10                          | 11                                  | 12                          | 13                            | 14                            | 15                            |
| 350                           | 150                                 | 200                           | 26 000                      | 13 000                              | 13 000                      | 350 000                       | 150 000                       | 200 000                       |
| 12                            | 10                                  | 2                             | 7920                        | 6600                                | 1320                        | 73 200                        | 61 000                        | 12 200                        |
| 300                           | 180                                 | 120                           | 9360                        | 3360                                | 6000                        | 180 000                       | 108 000                       | 72 000                        |
| —                             | —                                   | —                             | 5000                        | 5000                                | —                           | 80 000                        | 80 000                        | —                             |
| 75                            | 50                                  | 25                            | 4687,5                      | 3125                                | 1562,5                      | 75 000                        | 50 000                        | 25 000                        |
| —                             | —                                   | —                             | 39 930                      | 18 610                              | 21 320                      | 239 580                       | 111 690                       | 127 890                       |
| —                             | —                                   | —                             | 92897,5                     | 49 695                              | 43202,5                     | 997 780                       | 560 690                       | 437 090                       |
| —                             | —                                   | —                             | 1600                        | 800                                 | 800                         | —                             | —                             | —                             |

на технологические нужды водолечебницы

| расход воды, л      |                        |                         |                     |                        |                         |                     |                        |                         |                                                         | Источник |
|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
| в час               |                        |                         |                     |                        |                         | в сутки             |                        |                         |                                                         |          |
| одним прибором      |                        |                         | всеми приборами     |                        |                         | всеми приборами     |                        |                         |                                                         |          |
| $t_{расч}^{\circ}C$ | $t_{хол} = 5^{\circ}C$ | $t_{гор} = 65^{\circ}C$ | $t_{расч}^{\circ}C$ | $t_{хол} = 5^{\circ}C$ | $t_{гор} = 65^{\circ}C$ | $t_{расч}^{\circ}C$ | $t_{хол} = 5^{\circ}C$ | $t_{гор} = 65^{\circ}C$ |                                                         |          |
| 13                  | 14                     | 15                      | 16                  | 17                     | 18                      | 19                  | 20                     | 21                      | 22                                                      |          |
| 625                 | 281,25                 | 343,75                  | 25 000              | 11 250                 | 13 750                  | 150 000             | 67 500                 | 82 500                  | Бакн                                                    |          |
| 62,5                | 28,125                 | 34,375                  | 2500                | 1125                   | 1375                    | 15 000              | 6750                   | 8250                    | Сеть                                                    |          |
| 3000                | 1350                   | 1650                    | 3000                | 1350                   | 1650                    | 18 000              | 8100                   | 9900                    | »                                                       |          |
| 2400                | 1080                   | 1320                    | 2400                | 1080                   | 1320                    | 14 400              | 6480                   | 7920                    | »                                                       |          |
| 100                 | 40                     | 60                      | 100                 | 40                     | 60                      | 600                 | 240                    | 360                     | »                                                       |          |
| 90                  | 30                     | 60                      | 360                 | 120                    | 240                     | 2160                | 720                    | 1440                    | Бакн                                                    |          |
| 90                  | 30                     | 60                      | 270                 | 90                     | 180                     | 1620                | 540                    | 1080                    | »                                                       |          |
| 1800                | 990                    | 810                     | 1800                | 990                    | 810                     | 10 800              | 5940                   | 4860                    | Сеть, на проток, из расчета 100% замены воды за 6 ч     |          |
| 100                 | 45                     | 55                      | 200                 | 90                     | 110                     | 1200                | 540                    | 660                     | Бакн                                                    |          |
| 1350                | 875                    | 475                     | 2700                | 1750                   | 950                     | 16 200              | 10 560                 | 5640                    | Сеть, работающая на рециркуляции 10% свежей воды за 6 ч |          |
| 400                 | 180                    | 220                     | 1600                | 720                    | 880                     | 9600                | 4320                   | 5280                    | Бакн                                                    |          |
|                     |                        |                         | 39 930              | 18 610                 | 21 320                  | 239 580             | 111 690                | 127 890                 |                                                         |          |

$$q_{\text{гор}} = q_{\text{расч}} \frac{t_{\text{расч}} - t_{\text{хол}}}{t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}}$$

Таблица 64. Секундные расходы холодной и горячей воды по видам потребителей

| Потребители               | Расход воды, л/с            |                                     |                                              |                                   |                         |                |       |                |                         |                |                                 | Источники |                |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|-----------|----------------|
|                           | Количество водопотребителей | Коэффициент одновременного действия | Количество одновременно действующих приборов | Температура потребляемой воды, °С | t <sub>потреб.</sub> °С |                |       |                | t <sub>хол</sub> = 5° С |                | t <sub>гор</sub> = 65° С        |           |                |
|                           |                             |                                     |                                              |                                   | общий                   | на один прибор | общий | на один прибор | общий                   | на один прибор |                                 |           |                |
|                           |                             |                                     |                                              |                                   |                         |                |       |                |                         |                | общий                           |           | на один прибор |
| Ванны                     | 40                          | 0,4                                 | 16                                           | 38                                | 1,4                     | 22,4           | 0,63  | 10,08          | 0,77                    | 12,32          | Баки                            |           |                |
| Обмыв ванны               | 40                          | 0,2                                 | 8                                            | 45                                | 0,2                     | 1,6            | 0,07  | 0,56           | 0,13                    | 1,04           | Сеть                            |           |                |
| Душевой зал (гидроплатня) | 1                           | 1                                   | 1                                            | 38                                | 2                       | 2              | 0,9   | 0,9            | 1,1                     | 1,1            | »                               |           |                |
| Ванна подводного массажа  | 1                           | 1                                   | 1                                            | 38                                | 3                       | 3              | 1,35  | 1,35           | 1,65                    | 1,65           | »                               |           |                |
| Обмыв ванны               | 1                           | 1                                   | 1                                            | 45                                | 0,2                     | 0,2            | 0,09  | 0,09           | 0,11                    | 0,11           | Сеть (в общий расход не входит) |           |                |
| Кишечные промывания       | 4                           | 1                                   | 4                                            | 45                                | 0,2                     | 0,8            | 0,07  | 0,28           | 0,13                    | 0,52           | Баки                            |           |                |
| Вагинальное орошение      | 3                           | 1                                   | 3                                            | 45                                | 0,2                     | 0,6            | 0,07  | 0,21           | 0,13                    | 0,39           | »                               |           |                |
| Контрастная ванна         | 1                           | 1                                   | 1                                            | 32                                | 0,5                     | 0,5            | 0,28  | 0,28           | 0,22                    | 0,22           | Сеть                            |           |                |
| Душ контрастной ванны     | 2                           | 1                                   | 2                                            | 38                                | 0,2                     | 0,4            | 0,09  | 0,18           | 0,11                    | 0,22           | Баки                            |           |                |
| Лечебный бассейн          | 2                           | 1                                   | 2                                            | 26                                | 0,38                    | 0,76           | 0,23  | 0,5            | 0,13                    | 0,26           | Сеть                            |           |                |
| Душ бассейна              | 4                           | 1                                   | 4                                            | 38                                | 0,2                     | 0,8            | 0,09  | 0,36           | 0,11                    | 0,44           | Баки                            |           |                |
| Итого                     |                             |                                     |                                              |                                   |                         | 32,86          |       | 11,7           |                         | 18,16          |                                 |           |                |

Значения  $\sum Q_{qi} U_i$  и  $Q_{qi} U_i$  принимаются для технологического оборудования по табл. 63 по гр. 16, а  $Q_{qi}$  — по гр. 13. Величина  $Q_{qi} U_i$  для хозяйственно-питьевых нужд принимается по гр. 10 табл. 62, а  $Q_0$  принимается равным 180 л/ч (умывальник).

$$Q_0^{\text{общ}} = \frac{\sum Q_{qi}^{\text{общ}} U_i}{\sum \frac{Q_{qi}^{\text{общ}} U_i}{Q_{qi}}} = (39\,930 + 1600) : \left( \frac{25\,000}{625} + \frac{2500}{62,5} + \frac{3000}{3000} + \right. \\ \left. + \frac{2400}{2400} + \frac{100}{100} + \frac{360}{90} + \frac{270}{90} + \frac{1800}{1800} + \frac{200}{100} + \frac{2700}{1350} + \frac{1600}{400} + \right. \\ \left. + \frac{1600}{180} \right) = \frac{41\,530}{107,89} = 385 \text{ л/ч.}$$

Вероятность действия приборов определяем по формуле (204)

$$\sum N_i P_{\Sigma} = \frac{\sum U_i Q_{qi}}{Q_0} = \frac{41\,530}{385} = 107,90; \alpha_{qi} = 27,72.$$

$$q_{qi}^{\text{общ}} = 5 \cdot Q_0 \alpha = 5 \cdot 385 \cdot 27,72 = 53361 \text{ л/ч} = 53,36 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для нахождения расчетного секундного расхода холодной воды определяем секундный расход средневзвешенного прибора. Значение  $Q_{qi}^x U_i$  принимаем по гр. 17 табл. 63 для технологического оборудования и по гр. 11 табл. 62 для хозяйственно-питьевых нужд водолечебницы. Значения  $q_{qi}^{\text{хол}}$  для технологических приборов, работающих от баков, принимаем по гр. 11 табл. 68, для приборов, работающих из сети, — по гр. 8 табл. 65;  $q_{0i}^{\text{хол}}$  для хозяйственно-питьевых нужд равно 0,07 л/с.

По формуле (200)

$$q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum_i Q_{qi}^{\text{хол}} U_i}{\sum_i \frac{Q_{qi}^{\text{хол}} U_i}{q_{qi}}} = (18\,610 + 800) : \left( \frac{11\,250}{0,19} + \frac{1125}{0,07} + \frac{1350}{0,9} + \frac{1080}{1,35} + \right. \\ \left. + \frac{129}{0,01} + \frac{90}{0,01} + \frac{990}{0,28} + \frac{90}{0,01} + \frac{1750}{0,25} + \frac{720}{0,09} + \frac{800}{0,07} \right) = 0,14 \text{ л/с.}$$

$$\sum N_i P_{\Sigma}^{\text{хол}} = \frac{\sum Q_{qi}^{\text{хол}} U_i}{3600 q_0} = \frac{19\,410}{3600 \cdot 0,14} = 38,51;$$

$$\alpha = 11,56.$$

$$q^{\text{хол}} = 5 \cdot 0,14 \cdot 11,56 = 8,09 \text{ л/с.}$$

■ Для нахождения часового расхода холодной воды определяем часовой расход средневзвешенного прибора. Значения  $Q_{qi}^x$  для технологических приборов принимаем по гр. 14 табл. 63,  $Q_{qi}^x$  — для хозяйственно-питьевых нужд — 100 л/ч. По формуле (207)

$$Q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum Q_{qi}^{\text{хол}} U_i}{\sum \frac{Q_{qi}^{\text{хол}} U_i}{Q_{qi}}} = (18\,610 + 800) : \left( \frac{11\,250}{281,25} + \frac{1125}{28,125} + \frac{1350}{1350} + \right.$$

Таблица 65. Определение емкости регулирующих баков и

| Потребители            | Количество приборов | Расход воды на 1 процедуру всеми приборами |                                  |                                  | Время наполнения требуемого объема бака, мин |
|------------------------|---------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
|                        |                     | $q_{\text{потреб}}^{\circ\text{C}}$        | $q_{\text{хол}}^{\circ\text{C}}$ | $q_{\text{гор}}^{\circ\text{C}}$ |                                              |
| 1                      | 2                   | 3                                          | 4                                | 5                                | 6                                            |
| Лечебные ванны         | 400                 | 10 000                                     | 4500                             | 5500                             | 24                                           |
| Кишечные промывания    | 4                   | 120                                        | 40                               | 80                               | 20                                           |
| Вагинальные орошения   | 3                   | 90                                         | 30                               | 60                               | 20                                           |
| Душ контрастной ванны  | 2                   | 100                                        | 45                               | 55                               | 30                                           |
| Душ лечебного бассейна | 4                   | 200                                        | 90                               | 110                              | 7                                            |
| Итого                  | —                   | 10 510                                     | 4705                             | 5805                             | —                                            |

Примечание. Для лечебных ванн принимают одновременно работу 16 ванн

$$+ \frac{1080}{1080} + \frac{40}{40} + \frac{120}{30} + \frac{90}{30} + \frac{990}{990} + \frac{90}{45} + \frac{1750}{875} + \frac{720}{180} + \frac{800}{100} = 181,4 \text{ л/ч.}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma} = \frac{\Sigma Q_{\text{ч}} U_i}{Q_0} = \frac{19410}{181,4} = 107; \alpha = 27,49.$$

$$q_{\text{ч макс}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 181,4 \cdot 27,49 = 24\,933 \text{ л/ч} = 24,93 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для нахождения расчетного секундного расхода горячей воды определяем секундный расход средневзвешенным прибором. Значения  $Q_{\text{ч}} \times U_i$  для технологического оборудования принимаем по гр. 18 табл. 63, для хозяйственно-питьевых нужд — по гр. 12 табл. 62. Значения  $q_{0i}^{\text{гор}}$  для технологических приборов, работающих от баков принимаем по гр. 12 табл. 65, для приборов, работающих из сети — по гр. 10 табл. 64. Величина  $q_0^{\text{гор}}$  для хозяйственно-питьевых нужд равна 0,07 л/с.

По формуле (200)

$$q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum_i Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{\sum_i \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{q_{0i}}} = (21\,320 + 800) \cdot \left( \frac{13\,750}{0,24} + \frac{1375}{0,13} + \frac{1650}{1,1} + \frac{1320}{1,65} + \frac{240}{0,017} + \frac{186}{0,017} + \frac{810}{0,22} + \frac{110}{0,015} + \frac{950}{0,13} + \frac{880}{0,05} + \frac{800}{0,07} \right) = 0,16 \text{ л/с.}$$

$$\Sigma N_i P^{\text{гор}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{3600 q_0} = \frac{22\,120}{3600 \cdot 0,16} = 38,40; \alpha = 11,56.$$

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,16 \cdot 11,56 = 9,25 \text{ л/с.}$$

секундных расходов при их наполнении

| Секундный расход воды при наполнении баков |                  |                  | Среднесекундный расход одним прибором |                  |                  |
|--------------------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|
| $q_{\text{общ}}$                           | $q_{\text{хол}}$ | $q_{\text{гор}}$ | $q_{\text{общ}}$                      | $q_{\text{хол}}$ | $q_{\text{гор}}$ |
| 7                                          | 8                | 9                | 10                                    | 11               | 12               |
| 6,94                                       | 3,12             | 3,82             | 0,43                                  | 0,19             | 0,24             |
| 0,1                                        | 0,03             | 0,07             | 0,025                                 | 0,01             | 0,017            |
| 0,08                                       | 0,03             | 0,05             | 0,027                                 | 0,01             | 0,017            |
| 0,05                                       | 0,02             | 0,03             | 0,025                                 | 0,01             | 0,015            |
| 0,48                                       | 0,22             | 0,26             | 0,12                                  | 0,05             | 0,06             |
| 7,65                                       | 3,42             | 4,23             |                                       |                  |                  |

(см. табл. 64 гр. 3).

Далее определяем часовой расход горячей воды по формуле (196). Значение  $Q_{0i}^{\text{гор}}$  для технологических приборов принимаем по гр. 15 табл. 63;  $Q_{0i}^{\text{гор}}$  для хозяйственно-питьевых нужд равно 80 л/ч.

$$Q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{\sum \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{Q_{0i}^{\text{гор}}}} = Q_0^{\text{гор}} = (21\,320 + 800) \cdot \left( \frac{13\,750}{343,75} + \frac{1375}{34,87} + \frac{1650}{1650} + \frac{1320}{1320} + \frac{60}{60} + \frac{240}{60} + \frac{180}{60} + \frac{810}{810} + \frac{110}{55} + \frac{950}{475} + \frac{880}{220} + \frac{800}{80} \right) = 204 \text{ л/ч.}$$

$$\Sigma N_i P_{\text{ч}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_i}{Q_0^{\text{гор}}} = \frac{22\,120}{204} = 108; \alpha_{\text{ч}} = 27,72.$$

$$G_{\text{ч}} = 5 Q_0^{\text{гор}} \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 204 \cdot 27,72 = 28\,386 \text{ л/ч} = 28,38 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расчетный расход сточных вод принимается равным расчетному секундному расходу воды исходя из того, что общий расчетный секундный расход воды (в том числе горячей и холодной) водолечебницы больше 8 л/с. Он составляет 17,16 л/с (глава 10).

Так как расчетный секундный расход воды принят с учетом установки регулирующих водонапорных баков, (которые значительно сокращают фактический расход воды) на технологические нужды водолечебницы, регулирование секундного расхода технологических сточных вод также предусматривается при помощи двух емкостных канализационных резервуаров общим объемом 10 м³, которые устанавливаются на выпусках из здания.

Суточный и часовой расход сточных вод также принимается равным общему водопотреблению (холодному и горячему) водолечебницы.

**Расчет столовой.** Во время обеда один отдыхающий и 1 чел. персонала потребляют 2,2 условных блюда. Время приготовления обеда — 5 ч. Среднее количество блюд, приготавливаемых за 1 ч равно:

$$U_{\text{ч}} = \frac{2,2 \cdot n_{\text{отд}} + 2,2 \cdot n_{\text{пер}}}{t} = \frac{2,2 \cdot 1000 + 2,2 \cdot 500}{5} = 660 \text{ блюд/ч,}$$

где  $n_{\text{отд}}$  и  $n_{\text{пер}}$  — количество отдыхающих и персонала в столовой;  $t$  — время приготовления обеда.

В сутки один отдыхающий потребляет 5 блюд. Суточное количество блюд, потребляемых в столовой,

$$U_{\text{сут}} = 5 \cdot n_{\text{отд}} + 2,2 \cdot n_{\text{пер}} = 5 \cdot 1000 + 2,2 \cdot 500 = 6100 \text{ блюд/сут.}$$

В связи с тем, что моечные ванны, как правило, изготавливают в комплекте со смесителями, секундные расходы диктующего прибора принимаются следующие:  $q_0^{\text{общ}} = 0,3 \text{ л/с}$ ;  $q_0^{\text{хол}} = 0,2 \text{ л/с}$ ;  $q_0^{\text{гор}} = 0,2 \text{ л/с}$ ;  $Q_0^{\text{общ}} = 400 \text{ л/ч}$ ;  $Q_0^{\text{хол}} = 280 \text{ л/ч}$ ;  $Q_0^{\text{гор}} = 280 \text{ л/ч}$ .

Определяем общий секундный расход воды. Ввиду того, что общее количество приборов не известно, определяем вероятность действия приборов. Значение  $Q_{\text{ч}}^{\text{общ}}$  принимается по гр. 10 табл. 62

$$NP = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_{\text{ч}}}{3600 q_0} = \frac{7920}{3600 \cdot 0,3} = 7,33;$$

$$\alpha = 3,31,$$

$$q^{\text{общ}} = 5 q_0 \alpha = 5 \cdot 0,3 \cdot 3,31 = 4,97 \text{ л/с.}$$

Общий часовой расход воды при

$$NP_{\text{ч}}^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_{\text{ч}}}{Q_0} = \frac{7920}{400} = 19,8; \quad \alpha = 6,84$$

$$q_{\text{ч}}^{\text{общ}} = 5 \cdot 400 \cdot 6,84 = 13680 \text{ л/ч} = 13,68 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Секундный расход холодной воды при  $NP^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_{\text{ч}}}{3600 q_0} = \frac{6600}{3600 \cdot 0,2} = 9,17; \quad \alpha = 3,86$

$$q^{\text{хол}} = 5 \cdot q_0 \alpha = q^{\text{хол}} 5 \cdot 0,2 \cdot 3,86 = 3,86 \text{ л/с.}$$

Часовой расход холодной воды при  $NP_{\text{ч}}^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}} U_{\text{ч}}}{Q_0^{\text{хол}}} = \frac{6600}{280} = 23,57; \quad \alpha = 7,83$

равен

$$q_{\text{ч}}^{\text{хол}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 280 \cdot 7,83 = 10962 \text{ л/ч} = 10,96 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Секундный расход горячей воды при

$$NP^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_{\text{ч}}}{3600 \cdot q_0} = \frac{1320}{3600 \cdot 0,2} = 1,83; \quad \alpha = 1,36$$

равен

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 1,36 = 1,36 \text{ л/с.}$$

Часовой расход горячей воды при

$$NP_{\text{ч}}^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_{\text{ч}}}{Q_0^{\text{гор}}} = \frac{1320}{280} = 4,71; \quad \alpha = 2,46$$

равен

$$G_{\text{ч}} = 5 \cdot Q_0 \cdot \alpha = 5 \cdot 280 \cdot 2,46 = 3444 \text{ л/ч} = 3,44 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Далее определяем расчетный расход сточных вод. Ввиду того, что общий расчетный секундный расход равен 4,97 л/с, что меньше 8 л/с (см. глава 10), расчетный секундный расход сточных вод необходимо определять по формуле (225)

$$q_{\text{к}} = q + q_{\text{ок}} = 4,97 + 1,6 = 6,57 \text{ л/с.}$$

Суточный и часовой расход стоков принимается равным водопотреблению.

**Расчет жилого дома.** Исходные данные для расчета принимаются по табл. 62. Диктующим прибором является ванна с  $q_0^{\text{общ}} = 0,3 \text{ л/с}$ ;  $q_0^{\text{хол}} = 0,2 \text{ л/с}$  и  $q_0^{\text{гор}} = 0,2 \text{ л/с}$ ;  $Q_0^{\text{общ}} = 300 \text{ л/ч}$ ;  $Q_0^{\text{хол}} = Q_0^{\text{гор}} = 200 \text{ л/ч}$ . В здании установлено 800 приборов.

Определяем общий секундный расход воды.

$$P^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_{\text{ч}}}{3600 \cdot q_0^{\text{общ}}} = \frac{15,6 \cdot 600}{3600 \cdot 0,3 \cdot 800} = 0,011.$$

Так как  $P < 0,1$ ,  $\alpha$  определяем в зависимости от

$$NP = 0,011 \cdot 800 = 8,80; \quad \alpha = 3,73$$

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha = 5 \cdot 0,3 \cdot 3,73 = 5,60 \text{ л/с.}$$

Определяем общий часовой расчетный расход воды.

$$P_{\text{ч}}^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_{\text{ч}}}{Q_0^{\text{общ}}} = \frac{9360}{300 \cdot 800} = 0,039;$$

$$NP_{\text{ч}}^{\text{общ}} = 0,039 \cdot 800 = 31,2; \quad \alpha = 9,79.$$

$$q_{\text{ч}}^{\text{общ}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 300 \cdot 9,79 = 14685 \text{ л/ч} = 14,68 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем секундный и часовой расходы холодной воды.

$$P^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_{\text{ч}}}{3600 \cdot q_0^{\text{хол}}} = \frac{5,6 \cdot 600}{3600 \cdot 0,2 \cdot 800} = 0,0058;$$

$$NP = 0,0058 \cdot 800 = 4,64; \quad \alpha = 2,43.$$

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 2,43 = 2,43 \text{ л/с.}$$

$$P_{\text{ч}}^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_{\text{ч}}}{Q_0^{\text{хол}}} = P_{\text{ч}}^{\text{хол}} = \frac{5,6 \cdot 600}{200 \cdot 800} = 0,0210;$$

$$NP_{\text{ч}}^{\text{хол}} = 0,021 \cdot 800 = 16,8; \quad \alpha = 6,04$$

$$q_{\text{чмакс}} = 5 Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 200 \cdot 6,04 = 6040 \text{ л/ч} = 6,04 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем секундный и часовой расходы горячей воды. На горячей воде в жилом доме работает 600 приборов.

$$P^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U_{\text{ч}}}{3600 \cdot q_0^{\text{гор}}} = \frac{10 \cdot 600}{3600 \cdot 0,2 \cdot 600} = 0,0138;$$

$$NP^{\text{гор}} = 0,0138 \cdot 600 = 8,28; \quad \alpha = 3,61.$$

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 3,61 = 3,61 \text{ л/с},$$

$$P_q^{\text{гор}} = \frac{Q_q^{\text{гор}} U}{Q_0^{\text{гор}} N} = \frac{10 \cdot 600}{200 \cdot 600} = 0,05;$$

$$NP_q^{\text{гор}} = 600 \cdot 0,05 = 30; \quad \alpha = 9,46,$$

$$G_q = 5 \cdot Q_0^{\text{гор}} \alpha_q = 5 \cdot 200 \cdot 9,46 = 9460 \text{ л/ч} = 9,46 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Ввиду того, что общий расчетный секундный расход воды равен 5,6 л/с, что меньше 8 л/с, расчетный секундный расход стоков будет равен

$$q_k = q + q_{\text{ок}} = 5,6 + 1,6 = 7,2 \text{ л/с}.$$

**Расчет спального комплекса.** Спальный комплекс состоит из 4 блокированных корпусов на 250 мест каждый. При всех жилых комнатах имеются ванны с централизованным горячим водоснабжением. Всего установлено 1500 приборов.

Определяем общие секундный и часовой расходы воды.

$$P^{\text{общ}} = \frac{Q_q^{\text{общ}} U}{3600 \cdot q_0 N} = \frac{26 \cdot 1000}{3600 \cdot 0,3 \cdot 1500} = 0,016;$$

$$NP^{\text{общ}} = 1500 \cdot 0,016 = 24,1; \quad \alpha = 7,95.$$

$$q^{\text{общ}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,3 \cdot 7,95 = 11,92 \text{ л/с}.$$

$$P_q^{\text{общ}} = \frac{Q_q^{\text{общ}} U}{Q_0 N} = \frac{26 \cdot 1000}{300 \cdot 1500} = 0,058;$$

$$NP_q = 1500 \cdot 0,058 = 86,67; \quad \alpha = 22,94.$$

$$q_{\text{ч. макс}}^{\text{общ}} = 5 \cdot q_0 \alpha_q = 5 \cdot 300 \cdot 22,94 = 33 \cdot 600 \text{ л/ч} = 33,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем секундный и часовой расходы холодной воды при  $Q_0^{\text{хол}} = 200 \text{ л/ч}$ .

$$P^{\text{хол}} = \frac{Q_q^{\text{хол}} U}{3600 q_0 N} = \frac{13 \cdot 1000}{3600 \cdot 0,2 \cdot 1500} = 0,012;$$

$$NP^{\text{хол}} = 1500 \cdot 0,012 = 18,00; \quad \alpha = 6,36;$$

$$q^{\text{хол}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 6,36 \text{ л/с}.$$

$$P_q^{\text{хол}} = \frac{Q_q^{\text{хол}} U}{Q_0 N} = \frac{13 \cdot 1000}{200 \cdot 1500} = 0,0433;$$

$$NP_q = 1500 \cdot 0,0433 = 64,99; \quad \alpha = 17,85.$$

$$q_{\text{ч. макс}}^{\text{хол}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_q = 5 \cdot 200 \cdot 17,85 = 17 \cdot 850 \text{ л/ч} = 17,85 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Далее определяем секундный и часовой расходы горячей воды. В спальном комплексе 1000 приборов работает на горячей воде;

$$P^{\text{гор}} = \frac{Q_q^{\text{гор}} U}{3600 q_0 N} = \frac{1000 \cdot 13,0}{3600 \cdot 0,2 \cdot 1000} = 0,018;$$

$$NP^{\text{гор}} = 1000 \cdot 0,018 = 18,00; \quad \alpha = 6,36.$$

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 6,36 = 6,36 \text{ л/с}.$$

Определяем часовой расход горячей воды;  $Q_0^{\text{гор}} = 200 \text{ л/ч}$ .

$$P_q^{\text{гор}} = \frac{Q_q^{\text{гор}} U}{Q_0 N} = \frac{13 \cdot 1000}{200 \cdot 1000} = 0,065;$$

$$NP_q^{\text{гор}} = 1000 \cdot 0,065 = 65; \quad \alpha = 17,85.$$

$$G_q = 5 \cdot Q_0 \alpha_q = 5 \cdot 200 \cdot 17,85 = 17 \cdot 850 \text{ л/ч} = 17,85 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из того, что общий расчетный секундный расход воды превышает 8 л/с, расчетный секундный расход стоков принимается равным общему секундному расходу воды, что составляет 11,92 л/с. Суточный и максимально часовой расход стоков также принят равным водопотреблению.

Таблица 66. Расход воды водозаборными приборами в зданиях санаторного комплекса

| Здания и сооружения или потребители | Принятый расход воды приборами |                    |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                     | секундный, л/с                 |                    |                    | часовой, л/ч       |                    |                    |
|                                     | $q_0^{\text{общ}}$             | $q_0^{\text{хол}}$ | $q_0^{\text{гор}}$ | $Q_0^{\text{общ}}$ | $Q_0^{\text{хол}}$ | $Q_0^{\text{гор}}$ |
| 1                                   | 2                              | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  | 7                  |
| Спальный корпус                     | 0,3                            | 0,2                | 0,2                | 300                | 200                | 200                |
| Столовая                            | 0,3                            | 0,2                | 0,2                | 400                | 280                | 280                |
| Жилой дом                           | 0,3                            | 0,2                | 0,2                | 300                | 200                | 200                |
| Котельная                           | 1                              | 1                  | —                  | 3600               | 3600               | —                  |
| Прачечная                           | 1                              | 1                  | 1                  | 2000               | 700                | 1300               |
| Родолечебница                       | 0,28                           | 0,14               | 0,16               | 385                | 181                | 204                |

Примечание. Секундные и часовые расходы воды диктующим прибором родолечебницы приняты на основании расчетов; часовые расходы воды прибором в прачечной приняты на основании паспортных данных стиральных машин.

**Расчет котельной и прачечной.** Расчетные секундные и часовые расходы воды в котельной и прачечной принимаются на основании технологического задания и в данном примере не рассматриваются.

В связи с равномерным потреблением воды в прачечной в течение смены расход диктующего прибора принимается

$$q_0^{\text{общ}} = q_0^{\text{хол}} = q_0^{\text{гор}} = 1 \text{ л/с}.$$

В котельной вода в основном расходуется на технологические нужды. Расход на хозяйственно-питьевые нужды учтен в общем водопотреблении комплекса. Расход воды диктующим прибором (только холодной) принят  $q_0 = 1 \text{ л/с}$ .

Расход сточных вод от котельной и прачечной принимается

$$q_k = 1 + 1,6 = 2,6 \text{ л/с}.$$

**Определение расчетных расходов комплекса санатория.** Принятые секундные и часовые расходы воды диктующими приборами сводим в табл. 66.

Определяем общий секундный расход. На основании гр. 10 табл. 62 и гр. 2 табл. 66 по формуле (200) определяем секундный расход средневзвешенным прибором

$$q_0^{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Q_{qi}^{\text{общ}} U_i}{q_{\alpha i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_{qi}^{\text{общ}} U_i}{q_{\alpha i}}} = 92897,5 : \left( \frac{26 \cdot 1000}{0,3} + \frac{7920}{0,3} + \frac{9360}{0,3} + \frac{5000}{1} + \frac{4678,5}{1} + \frac{39 \cdot 930}{0,28} \right) = \frac{92897,5}{296552,31} = 0,31 \text{ л/с}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{\text{общ}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{общ}} U_i}{3600 \cdot q_0} = \frac{92897,5}{3600 \cdot 0,31} = 83,24; \quad \alpha = 22,08.$$

$$q^{\text{общ}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,30 \cdot 22,08 = 33,12 \text{ л/с.}$$

Для определения общего часового расхода по гр. 5 табл. 66 принимаем часовые расходы диктующими приборами каждого потребителя и определяем часовой расход средневзвешенным прибором

$$Q_0^{\text{общ}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{общ}} U_i}{\sum_1^i \frac{Q_{\text{чи}}^{\text{общ}} U_i}{Q_{0i}}} = 92897,5 : \left( \frac{26\,000}{300} + \frac{7920}{400} + \frac{9360}{300} + \frac{5000}{3600} + \frac{4687,5}{2000} + \frac{39\,930}{385} \right) = \frac{92897,5}{246,27} = 377,2 \text{ л/ч;}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{\text{общ}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{общ}} U_i}{Q_0^{\text{общ}}} = \frac{92897,5}{377,2} = 246,27; \quad \alpha = 58,66 \approx 58,7.$$

$$q_q^{\text{общ}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_q = 5 \cdot 377,2 \cdot 58,7 = 110\,708,2 \text{ л/ч} = 110,70 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для определения секундного расхода холодной воды на основании гр. 11 табл. 62 и гр. 3 табл. 66 находим секундный расход воды средневзвешенным прибором

$$q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{\sum_1^i \frac{Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{q_{0i}}} = 49\,695 : \left( \frac{13\,000}{0,2} + \frac{6600}{0,2} + \frac{3360}{0,2} + \frac{5000}{1} + \frac{3125}{1} + \frac{18\,610}{0,14} \right) = \frac{49\,695}{255\,853} = 0,19 \text{ л/с;}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{\text{хол}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{3600 \cdot q_0} = \frac{49\,695}{3600 \cdot 0,19} = 72,65; \quad \alpha = 19,60.$$

$$q^{\text{хол}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,19 \cdot 19,60 = 18,62 \text{ л/с.}$$

Для определения часового расхода холодной воды по данным гр. 6 табл. 66 по формуле (207) находим часовой расход средневзвешенным прибором

$$Q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{\sum_1^i \frac{Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{Q_{0i}}} = 49\,695 : \left( \frac{13\,000}{200} + \frac{6600}{280} + \frac{3360}{200} + \frac{5000}{3600} + \frac{3125}{700} + \frac{18\,610}{181} \right) = \frac{49\,695}{220,46} = 225,41 \text{ л/ч;}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma}^{\text{хол}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{хол}} U_i}{Q_0^{\text{хол}}} = \frac{49\,695}{225,41} = 220,46; \quad \alpha = 52,8.$$

$$q_{\text{ч, макс}}^{\text{хол}} = 5 \cdot 225,41 \cdot 52,8 = 59\,508 \text{ л/ч} = 59,51 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для определения секундного расхода горячей воды на основании гр. 12 табл. 62 и гр. 4 табл. 66 находим секундный расход средневзвешенным прибором

$$q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{\sum_1^i \frac{Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{q_{0i}}} = 43202,5 : \left( \frac{13\,000}{0,2} + \frac{1320}{0,2} + \frac{6000}{0,2} + \frac{1562,5}{1} + \frac{21\,320}{0,16} \right) = \frac{43202,5}{236412,5} = 0,18 \text{ л/с.}$$

$$\Sigma N_i P_{\Sigma} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{3600 q_0} = \frac{43202,5}{3600 \cdot 0,18} = 66,67; \quad \alpha = 18,23.$$

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,18 \cdot 18,23 = 16,40 \text{ л/с.}$$

Для определения часового расхода горячей воды по данным гр. 7 табл. 66 находим часовой расход средневзвешенным прибором

$$Q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{\sum_1^i \frac{Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{Q_{0i}}} = 43202,5 : \left( \frac{13\,000}{200} + \frac{1320}{280} + \frac{6000}{200} + \frac{1552,5}{1300} + \frac{21\,320}{204,5} \right) = \frac{43202,5}{205,4} = 212,16 \text{ л/ч;}$$

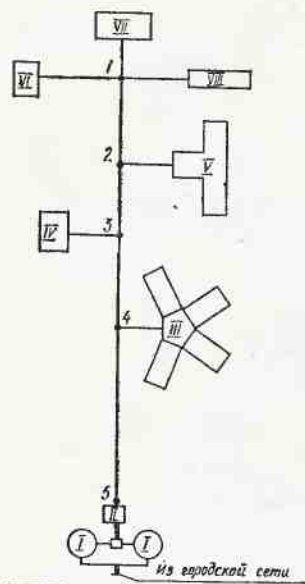
$$\Sigma N_i P_{\Sigma} = \frac{\sum_1^i Q_{\text{чи}}^{\text{гор}} U_i}{Q_0^{\text{гор}}} = \frac{43202,5}{212,16} = 205,4; \quad \alpha = 49,5.$$

$$G_q = 5 \cdot Q_0 \alpha_q = 5 \cdot 212,16 \cdot 49,5 = 52\,509 \text{ л/ч} = 52,51 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Исходя из того, что общий расчетный секундный расход воды по всему санаторному комплексу составляет 33,12 л/с (больше 8 л/с) секунднй расход стоков принимается равным общему секундному расходу воды.

Расчетные секундные расходы холодной воды в участках водопроводной сети комплекса. Схема водопроводной сети комплекса приведена на рис. 49. В связи с тем, что каждый участок сети обслуживает различных потребителей, требуется определить  $q$  для каждого участка.

Участок 1—2 подает холодную воду на нужды прачечной, котельной и жилого дома, а также транзитный расход воды на приготовление горячей воды для всего комплекса.



На основании гр. 11 и 12 табл. 62 и определенных секундных расходов воды расчетным прибором каждого потребителя по формуле (200) определяем секундный расход средневзвешенным прибором для участка 1—2

$$q_{0(1-2)} = \frac{\sum_i Q_{qi} U_i}{\sum_i \frac{Q_{qi} U_i}{q_{0i}}} = \frac{3360 + 5000 + 3125 + 43202,5}{\frac{3360}{0,2} + \frac{5000}{1} + \frac{3125}{1} + \frac{43202,5}{0,18}} = \frac{54687,5}{270494,4} = 0,20 \text{ л/с.}$$

Рис. 49. Схема водопроводной сети санитарного комплекса:

I — резервуар; II — насосная станция; III — спальные корпуса; IV — столовая; V — водолечебница; VI — прачечная; VII — котельная; VIII — жилой дом.

По формуле (204) определяем  $NP$  для участка 1—2

$$NP_{\Sigma(1-2)} = \frac{\sum Q_{qi} U_i}{3600 q_{0(1-2)}} = \frac{54687,5}{3600 \cdot 0,20} = 75,95; \alpha = 20,41.$$

$$q_{(1-2)} = 5 \cdot q_{0(1-2)} \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 20,41 = 20,41 \text{ л/с.}$$

Участок 2—3 подает холодную воду в прачечную, котельную, жилой дом и водолечебницу, а также на нужды горячего водоснабжения всего комплекса.

Определяем секундный расход средневзвешенным прибором для участка 2—3 аналогично выполненному расчету для участка 1—2.

$$q_{0(2-3)} = \frac{\sum_i Q_{qi} U_i}{\sum_i \frac{Q_{qi} U_i}{q_{0i}}} = \frac{3360 + 5000 + 3125 + 18610 + 43202,5}{\frac{3360}{0,2} + \frac{5000}{1} + \frac{3125}{1} + \frac{18610}{0,14} + \frac{43202,5}{0,18}} = \frac{73297,5}{378497} = 0,194 \text{ л/с.}$$

$$NP_{\Sigma(2-3)} = \frac{\sum Q_{qi} U_i}{3600 q_{0(2-3)}} = \frac{73297,5}{3600 \cdot 0,194} = 104,95; \alpha = 27,04.$$

$$q_{(2-3)} = 5 \cdot q_{0(2-3)} \alpha = 5 \cdot 0,194 \cdot 27,04 = 26,23 \text{ л/с.}$$

Участок 3—4 подает холодную воду в прачечную, котельную, жилой дом, водолечебницу и столовую, а также на приготовление горячей воды для всего комплекса.

$$q_{0(3-4)} = \frac{\sum_i Q_{qi} U_i}{\sum_i \frac{Q_{qi} U_i}{q_{0i}}} =$$

$$= \frac{3360 + 5000 + 3125 + 18610 + 6600 + 43202,5}{\frac{3360}{0,2} + \frac{5000}{1} + \frac{3125}{1} + \frac{18610}{0,14} + \frac{6600}{0,2} + \frac{43202,5}{0,18}} = \frac{79897}{411497} = 0,194 \text{ л/с.}$$

$$NP_{\Sigma(3-4)} = \frac{\sum Q_{qi} U_i}{3600 q_{0(3-4)}} = \frac{79897,5}{3600 \cdot 0,194} = 114,4; \alpha = 29,2.$$

$$q_{(3-4)} = 5 \cdot q_{0(3-4)} \alpha = 5 \cdot 0,194 \cdot 29,2 = 28,32 \text{ л/с.}$$

Участок 4—5 подает холодную и горячую воду на все нужды комплекса. Этот общий секундный расход уже определен ранее и составляет

$$q_{(4-5)} = 33,12 \text{ л/с.}$$

Расчет секундных расходов горячей воды на расчетных участках производится аналогично.

Расчет регулирующей емкости резервуаров чистой воды. Ввиду того, что городские сети водопровода не в состоянии обеспечить максимальный часовой расход воды санитарного комплекса, на территории комплекса предусматривается устройство резервуаров чистой воды. На основании суточного водопотребления, принятого по гр. 13 табл. 62, определяем среднечасовой расход воды, поступающий из города в течение суток равномерно по формуле (232)

$$Q_{cp} = \frac{Q_{сут}}{T \cdot 1000} = \frac{997780}{24 \cdot 1000} = 41,57 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (232)$$

Вычисляем коэффициент часовой неравномерности, как отношение расчетного часового расхода воды к среднечасовому расходу

$$K_{ч} = \frac{Q_{ч, \max}}{Q_{ч, cp}} = \frac{110,70}{41,57} = 2,66. \quad (233)$$

По формуле (215) определяем регулируемую емкость резервуара

$$W_{per} = Q_{сут} \left[ (1 - k_{н}) + (k_{ч} - 1) \cdot \left( \frac{k_{н}}{k_{ч}} \right)^{\frac{k_{ч}}{k_{ч} - 1}} \right] = 997,78 \cdot \left[ (1 - 1) + (2,66 - 1) \cdot \left( \frac{1}{2,66} \right)^{\frac{2,66}{2,66 - 1}} \right] = 345,2 \text{ м}^3.$$

Вычисление по формуле (215) является несколько трудоемким, поэтому рекомендуется расчет регулирующей емкости выполнять по формуле:

$$W_p = \frac{W \cdot Q_{сут}}{100}, \text{ м}^3 \quad (234)$$

где  $W$  — регулирующая емкость резервуара в % от суточного расхода воды.  $W = 34,6\%$  — определяется по табл. 1 прилож. 9 СНиП-11-34-76 \* при  $k_{ч} = 2,66$

$$W_p = \frac{W \cdot Q_{сут}}{100} = \frac{34,6 \cdot 997,78}{100} = 345,2 \text{ м}^3.$$

\* Вместо указанной в табл. 1 приложения 9 СНиП 11-34-76 производительности водонагревателя в % от среднечасового расхода тепла за время потребления, в данном примере принимается расход воды, поступающий из городской сети в % среднечасового расхода воды за время потребления. Расход воды, поступающий из города, принят равным 100% среднечасового расхода воды.

## Пример 2. РАСЧЕТ ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Требуется определить расчетные расходы холодной и горячей воды и стоков предприятия общественного питания открытого типа с обеденным залом на 200 посадочных мест и магазином кулинарии на 2 рабочих места; кроме того, предусмотрен отпуск 50 обедов на дом.

Число потребляемых блюд определяется по формуле

$$u_{\text{блюд.ч}} = n \cdot m \cdot u_0,$$

где  $n$  — количество посадочных мест;  $m$  — число посадок в час ( $m = 2$ );  $u_0$  — количество условных блюд, потребляемых одним посетителем ( $u_0 = 2,2$ ).

$$u_{\text{блюд.ч}} = 200 \cdot 2 \cdot 2,2 = 880 \text{ блюд/ч.}$$

Столовая работает 8 ч в сутки. Суточное количество блюд, потребляемых в столовой, определяется по формуле

$$u_{\text{блюд.сут}} = \frac{u_{\text{ч}} \cdot T}{K},$$

где  $u_{\text{ч}}$  — расчетное количество условных блюд в час;  $T$  — время работы предприятия;  $K$  — коэффициент часовой неравномерности ( $K = 1,5$ )

$$u_{\text{блюд.сут}} = \frac{880 \cdot 8}{1,5} = 4693 \text{ блюд/сут.}$$

Общее количество санитарно-технических приборов и технологического водопотребляющего оборудования составляет 55 приборов, из которых 45 работают на горячей воде. Основные показатели приведены в табл. 67.

Нормы расхода воды средневзвешенным прибором составляют:

$$q_0^{\text{общ}} = 0,3 \text{ л/с; } Q_0^{\text{общ}} = 400 \text{ л/ч;}$$

$$q_0^{\text{гор}} = 0,2 \text{ л/с; } Q_0^{\text{гор}} = 280 \text{ л/ч;}$$

$$q_0^{\text{хол}} = 0,2 \text{ л/с; } Q_0^{\text{хол}} = 280 \text{ л/ч.}$$

В здании столовой горячее водоснабжение предусматривается от водонагревателя.

Таблица 67. Основные

| Потребители                    | Единица измерения | Количество потребителей | Нормы расхода                     |                             |                             |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                |                   |                         | в час наибольшего водопотребления |                             |                             |
|                                |                   |                         | $Q_{\text{ч}}^{\text{общ}}$       | $Q_{\text{ч}}^{\text{хол}}$ | $Q_{\text{ч}}^{\text{гор}}$ |
| 1                              | 2                 | 3                       | 4                                 | 5                           | 6                           |
| Блюда, потребляемые в столовой | блюда/ч           | 880                     | 12                                | 10                          | 2                           |
| То же, продаваемые на дом      | блюда/сут         | 4693                    | —                                 | —                           | —                           |
| Магазин кулинарии              | блюда/ч           | 50                      | 10                                | 8,5                         | 1,5                         |
|                                | блюда/сут         | 400                     | —                                 | —                           | —                           |
|                                | рабочее место     | 2                       | 37                                | 27,4                        | 9,6                         |
| Всего                          |                   |                         |                                   |                             |                             |

Определяем общие секундный и часовой расходы воды.

$$p_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U}{3600 \cdot q_0 N} = \frac{11134}{3600 \cdot 0,3 \cdot 55} = 0,187.$$

По приложению 2 СНиП II = 30 = 76 при  $P = 0,187$  и  $N = 55$  находим величину  $\alpha = 3,9$ ,

$$q^{\text{общ}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,3 \cdot 3,9 = 5,85 \text{ л/с.}$$

$$p_{\text{ч}}^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U}{Q_0 N} = \frac{11134}{400 \cdot 55} = 0,506; \alpha_{\text{ч}} = 7,77.$$

$$q_{\text{ч.макс}}^{\text{общ}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 400 \cdot 7,77 = 15540 \text{ л/ч} = 15,54 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Находим секундный и часовой расходы холодной воды.

$$p^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U}{3600 q_0 N} = \frac{9279,8}{3600 \cdot 0,2 \cdot 55} = 0,234; \alpha = 4,58.$$

$$q^{\text{хол}} = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 4,58 = 4,58 \text{ л/с.}$$

$$p_{\text{ч}}^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U}{Q_0 N} = \frac{9279,8}{280 \cdot 55} = 0,802; \alpha_{\text{ч}} = 9.$$

$$q_{\text{ч.макс}}^{\text{хол}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 280 \cdot 9 = 12600 \text{ л/ч} = 12,6 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем секундный и часовой расходы горячей воды.

$$p^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U}{3600 \cdot q_0 N} = \frac{1854,2}{3600 \cdot 0,2 \cdot 45} = 0,057;$$

$$NP = 45 \cdot 0,057 = 2,57; \alpha = 1,67.$$

$$G = 5 \cdot q_0 \alpha = 5 \cdot 0,2 \cdot 1,67 = 1,67 \text{ л/с.}$$

$$p_{\text{ч}}^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} U}{Q_0 N} = \frac{1854,2}{280 \cdot 45} = 0,147; \alpha_{\text{ч}} = 2,92.$$

$$G_{\text{ч}} = 5 \cdot Q_0 \alpha_{\text{ч}} = 5 \cdot 280 \cdot 2,92 = 4088 \text{ л/ч} = 4,09 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

показатели потребления воды

| воды, л                             |                               |                               | Средний расход воды в час наибольшего водопотребления, л |                              |                              | Суточное потребление воды, л   |                                |                                |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| в сутки наибольшего водопотребления |                               |                               |                                                          |                              |                              |                                |                                |                                |
| $Q_{\text{сут}}^{\text{общ}}$       | $Q_{\text{сут}}^{\text{хол}}$ | $Q_{\text{сут}}^{\text{гор}}$ | $uQ_{\text{ч}}^{\text{общ}}$                             | $uQ_{\text{ч}}^{\text{хол}}$ | $uQ_{\text{ч}}^{\text{гор}}$ | $uQ_{\text{сут}}^{\text{общ}}$ | $uQ_{\text{сут}}^{\text{хол}}$ | $uQ_{\text{сут}}^{\text{гор}}$ |
| 7                                   | 8                             | 9                             | 10                                                       | 11                           | 12                           | 13                             | 14                             | 15                             |
| 12                                  | 10                            | 2                             | 10560                                                    | 8800                         | 1760                         | 56316                          | 46930                          | 9386                           |
| 10                                  | 8,5                           | 1,5                           | 500                                                      | 425                          | 75                           | 4000                           | 3400                           | 600                            |
| 100                                 | 300                           | 100                           | 74                                                       | 54,8                         | 19,2                         | 800                            | 600                            | 200                            |
|                                     |                               |                               | 11134                                                    | 9279,8                       | 1854,2                       | 61116                          | 50930                          | 10186                          |

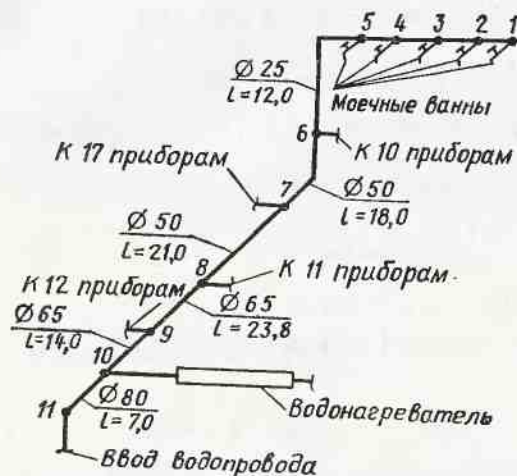


Рис. 50. Расчетная схема холодного водоснабжения столовой.

Гидравлический расчет системы холодного водоснабжения приведен в табл. 68. Расчетная схема холодного водоснабжения показана на рис. 50.

Таблица 68. Гидравлический расчет и определение потерь давления в трубопроводах систем холодного водоснабжения столовой

| Номер участка | Число приборов на участке, шт. | Вероятность действия, P | $d = f(P \sum N_{уд})$ | Расход диктующего прибора, $q_0$ , л/с | Расчетный расход, $q = 5 \cdot X \cdot q_0 \cdot \alpha$ , л/с | Диаметр условного прохода $d_y$ , мм | Скорость $v$ , м/с | Длина участка, $L$ , м | Потери напора            |                         |                                                 |
|---------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|
|               |                                |                         |                        |                                        |                                                                |                                      |                    |                        | $i$ , мм вод. ст. на 1 м | $h_f = iL$ , м вод. ст. | Суммарные потери напора $\sum h_f$ , м вод. ст. |
| 1—2           | 1                              | Безрасчетный участок    |                        | 0,2                                    | 0,2                                                            | 15                                   | 1                  | 1                      | 281                      | 0,28                    | 0,28                                            |
| 2—3           | 2                              | 0,234                   | 0,4                    | 0,2                                    | 0,4                                                            | 20                                   | 1,1                | 1                      | 217                      | 0,22                    | 0,5                                             |
| 3—4           | 3                              | 0,234                   | 0,56                   | 0,2                                    | 0,56                                                           | 20                                   | 1,6                | 1                      | 426                      | 0,43                    | 0,93                                            |
| 4—5           | 4                              | 0,234                   | 0,72                   | 0,2                                    | 0,72                                                           | 25                                   | 1,2                | 1                      | 185                      | 0,19                    | 1,12                                            |
| 5—6           | 5                              | 0,234                   | 0,8                    | 0,2                                    | 0,8                                                            | 25                                   | 1,4                | 12                     | 228                      | 2,73                    | 3,85                                            |
| 6—7           | 15                             | 0,234                   | 2,83                   | 0,2                                    | 2,83                                                           | 50                                   | 1,3                | 18                     | 76,3                     | 1,37                    | 5,22                                            |
| 7—8           | 32                             | 0,234                   | 3,05                   | 0,2                                    | 3,05                                                           | 50                                   | 1,4                | 21                     | 88,4                     | 1,85                    | 7,07                                            |
| 8—9           | 43                             | 0,234                   | 3,98                   | 0,2                                    | 3,98                                                           | 65                                   | 1,1                | 23,8                   | 43,2                     | 1,03                    | 8,1                                             |
| 9—10          | 55                             | 0,234                   | 4,58                   | 0,2                                    | 4,58                                                           | 65                                   | 1,3                | 14                     | 57,1                     | 0,78                    | 8,88                                            |
| 10—11         | 55                             | 0,187                   | 3,9                    | 0,3                                    | 5,85                                                           | 80                                   | 1,1                | 7                      | 34,5                     | 0,24                    | 9,12                                            |

Примечание. По участку 10—11 проходит общий расход (холодный и горячий).

Ввиду того, что общий расчетный секундный расход воды равен 5,85 л/с, что меньше 8 л/с, расчетный секундный расход стоков будет равен  $q_k = q + q_{ок} = 5,85 + 1,6 = 7,45$  л/с.

### Пример 3. РАСЧЕТ БАНИ

Требуется рассчитать водоснабжение и водоотведение бани обычного типа на 100 мест.

Согласно СНиП II-80-75 «Предприятия бытового обслуживания населения» в бане проектируют две системы внутреннего водоснабжения: хозяйственно-питьевую и производственную. Хозяйственно-питьевой водопровод получает воду от вво-

да в здание; производственный — от запасных уравнильных баков; в которых содержится не менее получасового запаса холодной и горячей воды.

Баня работает в две смены (14 ч), однако пропускная способность 100 чел. в час будет только в часы максимальной нагрузки; в остальное время количество посетителей не превышает 50—60% расчетного. Поэтому коэффициент сменной неравномерности может быть принят равным  $K_{см} = 1,5$ .

Тогда действительное количество моющихся (основной потребитель) за две смены будет:

$$\frac{100 \text{ чел.} \cdot 14 \text{ ч}}{K_{см}} = \frac{1400}{1,5} = 930 \text{ чел.}$$

В нормы водопотребления для основных потребителей (моющихся) входят все дополнительные расходы воды в бане (обслуживающий персонал, душевые для обслуживающего персонала, уборка помещений бани) [31].

Перечень технологического оборудования и санитарно-технических приборов бани, а также часовые и секундные расходы воды приведены табл. 69 и приняты согласно СНиП II-30-76 и СНиП II-80-75. В табл. 70 приведены показатели потребления воды по основным потребителям.

Диктующий прибор для расчета водоснабжения и водоотведения бани — кран у водоразборной колонки в мыльном отделении. Расходы диктующего прибора следующие:

$$q_0^{хол} = 0,4 \text{ л/с}; \quad Q_0^{общ} = 1000 \text{ л/ч.}$$

$$q_0^{гор} = 0,4 \text{ л/с}; \quad Q_0^{гор} = 1000 \text{ л/ч.}$$

$$q_0^{общ} = 0,4 \text{ л/с};$$

Определяем общие секундный и часовой расходы.

$$P = \frac{Q_0^{общ} U}{3600 \cdot q_0^{общ} N} = \frac{18000}{3600 \cdot 0,4 \cdot 50} = 0,25; \quad \alpha = 4,56,$$

где  $Q_0^{общ}$  и  $U$  принимается по гр. 8 табл. 70.

$$q^{общ} = 5 \cdot q_0^{общ} \cdot \alpha = 5 \cdot 0,4 \cdot 4,56 = 9,12 \text{ л/с.}$$

$$P_q^{общ} = \frac{3600 \cdot q_0^{общ} P}{Q_0^{общ}} = \frac{3600 \cdot 0,4 \cdot 0,25}{1000} = 0,36; \quad \alpha_q = 6.$$

$$Q_q^{общ} = 5 \cdot Q_0^{общ} \alpha_q = 5 \cdot 1000 \cdot 6 = 30000 \text{ л} = 30 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем секундный и часовой расходы холодной воды.

$$P = \frac{Q_q^{хол} U}{3600 q_0^{хол} N} = \frac{6000}{3600 \cdot 0,4 \cdot 50} = 0,0833;$$

$$NP = 0,083 \cdot 50 = 4,165; \quad \alpha = 2,26.$$

$$q^{хол} = 5 \cdot 0,4 \cdot 2,26 = 4,52 \text{ л/с.}$$

$$P_q^{хол} = \frac{Q_q^{хол} U}{Q_0^{хол} N} = \frac{6000}{1000 \cdot 50} = 0,12; \quad \alpha = 2,80.$$

$$Q_q^{хол} = 5 \cdot Q_0^{хол} \alpha_q = 5 \cdot 1000 \cdot 2,80 = 14000 \text{ л/ч} = 14 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем секундный и часовой расходы горячей воды.

$$P_q^{гор} = \frac{Q_q^{гор} U}{3600 q_0^{гор} N} = \frac{12000}{3600 \cdot 0,4 \cdot 46} = 0,181; \quad \alpha = 3,5.$$

Таблица 69. Характеристика установленных санитарно-технических приборов

| Приборы                                                                                                                                                      | Количество | Расход воды, л/с |                             |                            |                        | Характерный расход, л/ч |         |      | Источник поступления |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|---------|------|----------------------|
|                                                                                                                                                              |            | общий $q_0$      | холодной $q_0^{\text{хол}}$ | горячей $q_0^{\text{гор}}$ | стоков $q_{\text{ст}}$ | общий                   | горячей |      |                      |
| 1                                                                                                                                                            | 2          | 3                | 4                           | 5                          | 6                      | 7                       | 8       | 9    |                      |
| Водоразборная колонка<br>Унитаз<br>Умывальник<br>Душ для обмыва<br>Поливочные краны для<br>уборки помещения<br>Ножные души<br>Ребражные души<br>Ножные ванны | 15         | 0,4              | 0,4                         | 0,4                        | 0,8                    | 1000                    | 1000    | Баки |                      |
|                                                                                                                                                              | 4          | 0,1              | 0,1                         | —                          | 1,6                    | 83                      | —       | Сеть |                      |
|                                                                                                                                                              | 8          | 0,1              | 0,07                        | 0,07                       | 0,15                   | 180                     | 80      | »    |                      |
|                                                                                                                                                              | 10         | 0,2              | 0,14                        | 0,14                       | 0,4                    | 500                     | 360     | Баки |                      |
|                                                                                                                                                              | 5          | 0,4              | 0,2                         | 0,2                        | 0,4                    | 1400                    | 700     | Сеть |                      |
|                                                                                                                                                              | 4          | 0,1              | 0,07                        | 0,08                       | 0,5                    | 270                     | 175     | Баки |                      |
|                                                                                                                                                              | 2          | 0,4              | 0,28                        | 0,12                       | 0,5                    | 1000                    | 700     | »    |                      |
|                                                                                                                                                              | 2          | 0,1              | 0,07                        | 0,08                       | 0,5                    | 270                     | 175     | Сеть |                      |

Примечание. Всего 50 приборов, из них 46 с подпиткой горячей воды.

Таблица 70. Основные показатели потребления воды

| Количество мощностей, чел | Норма расхода воды в час, л/ч |    |                    |   | Норма расхода воды (сутки), л/сут |   |                               |   | Характерный уровень расхода воды в час наибольшего водопотребления, л/ч |         |                    |         |
|---------------------------|-------------------------------|----|--------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|---------|
|                           | общий $Q_0$                   |    | $Q_0^{\text{гор}}$ |   | $Q_{\text{общ}}^{\text{сут}}$     |   | $Q_{\text{гор}}^{\text{сут}}$ |   | $Q_0^{\text{общ}}$                                                      |         | $Q_0^{\text{гор}}$ |         |
|                           | $Q_0^{\text{хол}}$            |    | $Q_0^{\text{сут}}$ |   | $Q_0^{\text{хол}}$                |   | $Q_0^{\text{сут}}$            |   | $Q_0^{\text{хол}}$                                                      |         | $Q_0^{\text{сут}}$ |         |
| 1                         | 2                             | 3  | 4                  | 5 | 6                                 | 7 | 8                             | 9 | 10                                                                      | 11      | 12                 | 13      |
| 100 чел/ч                 | 180                           | 60 | —                  | — | —                                 | — | —                             | — | 12 000                                                                  | 167 400 | 55 800             | 111 600 |
| 930 чел/сут               | 180                           | 60 | —                  | — | —                                 | — | —                             | — | 12 000                                                                  | 167 400 | 55 800             | 111 600 |
| Итого                     |                               |    |                    |   |                                   |   |                               |   |                                                                         |         |                    |         |

Находим емкость запасных уравнивающих баков холодной и горячей воды (кроме рабочих, предусмотрены также дублирующие).  
 $Q_{\text{ч. макс}}^{\text{хол}} = 14 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; тогда емкость каждого из двух баков холодной воды равняется  $7 \text{ м}^3$  (0,5 ч максимального часового расхода).  
 $Q_{\text{ч}}^{\text{гор}} = 22,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; тогда емкость каждого из двух баков горячей воды равняется  $11 \text{ м}^3$  (0,5 ч максимального часового расхода).

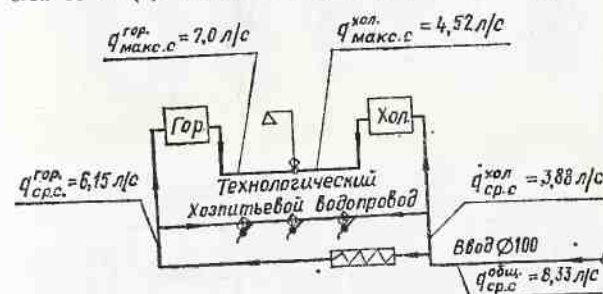


Рис. 51. Схема подачи и распределения холодной и горячей воды в бане.

Определяем среднесекундный расход холодной и горячей воды для подачи ее в запасные уравнивающие баки и хозяйственно-питьевой водопровод:

$$q_{\text{с. ср}}^{\text{хол}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}}}{3,6} = \frac{14 \text{ м}^3/\text{ч}}{3,6} = 3,88 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{с. ср}}^{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{гор}}}{3,6} = \frac{22,5 \text{ м}^3/\text{ч}}{3,6} = 6,15 \text{ л/с}.$$

Ввод водопровода рассчитывается на пропуск общего среднесекундного расхода

$$q_{\text{с. ср}}^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{макс}}}{3,6} = \frac{30 \text{ м}^3/\text{ч}}{3,6} = 8,33 \text{ л/с}.$$

Максимальные секундные расходы холодной (4,52 л/с) и горячей (7 л/с) воды обеспечиваются расходами из запасных уравнивающих баков.

Производим гидравлический расчет трубопроводов холодного водопровода. Подача и распределение холодной и горячей воды по системам водопровода изображены на рис. 51. Расчетная схема подачи и распределения холодной воды приведена на рис. 52. Соответствующие расходы определялись для хозяйственно-питьевых и производственных нужд.

Для хозяйственно-питьевых нужд (4 унитаза, 8 умывальников, 2 ножные ванны и 5 поливочных кранов) диктующим прибором принят умывальник.

$$q_{\text{и}}^{\text{хол}} = 0,07 \text{ л/с}; P = 0,0833; N = 19 \text{ приборов};$$

$$NP = 19 \cdot 0,0833 = 1,582; \alpha = 1,258.$$

$$q_{\text{хоз}}^{\text{хол}} = 5 \cdot 0,07 \cdot 1,258 = 0,44 \text{ л/с}.$$

Таблица 71. Гидравлический расчет

| Номер участка | Число приборов на участке $N$ , шт. | Вероятность действия $P$ | Коэффициент $\alpha = f(P \Sigma \text{ и } N_{\text{уч}})$ | Расход диктующего прибора $q_0$ , л/с | Расчетный расход $q = 5q_0\alpha$ л/с |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1             | 2                                   | 3                        | 4                                                           | 5                                     | 6                                     |
| 1—2           | 1                                   | 0,0833                   | —                                                           | 0,4                                   | 0,400                                 |
| 2—3           | 2                                   | 0,0833                   | 0,416                                                       | 0,4                                   | 0,832                                 |
| 3—4           | 3                                   | 0,0833                   | 0,492                                                       | 0,4                                   | 0,984                                 |
| 4—5           | 4                                   | 0,0833                   | 0,563                                                       | 0,4                                   | 1,126                                 |
| 5—6           | 5                                   | 0,0833                   | 0,622                                                       | 0,4                                   | 1,244                                 |
| 6—7           | 6                                   | 0,0833                   | 0,677                                                       | 0,4                                   | 1,354                                 |
| 7—8           | 7                                   | 0,0833                   | 0,732                                                       | 0,4                                   | 1,464                                 |
| 8—9           | 8                                   | 0,0833                   | 0,782                                                       | 0,4                                   | 1,562                                 |
| 9—10          | 21                                  | 0,0833                   | 1,32                                                        | 0,4                                   | 2,64                                  |
| 10 — Бак      | 31                                  | 0,0833                   | 1,67                                                        | 0,4                                   | 3,34                                  |

Примечание. Участок 1—2 принят без расчета. Участки 10—11, БАК — 12, 12—13 рас

Таблица 72. Гидравлический расчет

| Номер участка | Число приборов на участке $N$ , шт. | Вероятность действия $P$ | Коэффициент $\alpha = f(P \Sigma \text{ и } N_{\text{уч}})$ | Расход диктующего прибора $q_0$ , л/с | Расчетный расход $q = 5q_0\alpha$ , л/с | Диаметр условного прохода $d_y$ , мм | Диаметр с учетом зарастания $d_z$ , мм |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 1             | 2                                   | 3                        | 4                                                           | 5                                     | 6                                       | 7                                    | 8                                      |
| 1—2           | 1                                   | 0,181                    | —                                                           | 0,4                                   | 0,4                                     | 32                                   | 25                                     |
| 2—3           | 2                                   | 0,181                    | 0,4                                                         | 0,4                                   | 0,8                                     | 32                                   | 25                                     |
| 3—4           | 3                                   | 0,181                    | 0,53                                                        | 0,4                                   | 1,06                                    | 40                                   | 32                                     |
| 4—5           | 4                                   | 0,181                    | 0,67                                                        | 0,4                                   | 1,34                                    | 40                                   | 32                                     |
| 5—6           | 5                                   | 0,181                    | 0,77                                                        | 0,4                                   | 1,54                                    | 50                                   | 40                                     |
| 6—7           | 6                                   | 0,181                    | 0,87                                                        | 0,4                                   | 1,74                                    | 50                                   | 40                                     |
| 7—8           | 7                                   | 0,181                    | 0,95                                                        | 0,4                                   | 1,9                                     | 70                                   | 50                                     |
| 8—9           | 8                                   | 0,181                    | 1,04                                                        | 0,4                                   | 2,08                                    | 70                                   | 50                                     |
| 9—10          | 21                                  | 0,181                    | 2,01                                                        | 0,4                                   | 4,02                                    | 80                                   | 70                                     |
| 10 — Бак      | 31                                  | 0,181                    | 2,54                                                        | 0,4                                   | 5,08                                    | 80                                   | 70                                     |

Примечания: 1. Диаметр трубы в гр. 8 следует уменьшить на величину  $\Delta d$  с учетом зарастания. 2. Величину коэффициента  $K_M$  принимаем равной 0,2 по (СНиП II-34-76, п. 5, 6).

Для производственных нужд (15 водозаборных колонок, 10 душев для обмыва, 4 ножных душа и 2 ребристых. душа) диктующим прибором принята водоразборная колонка.

$$q_i^{\text{хол}} = 0,4 \text{ л/с}; P = 0,0833; N = 31 \text{ прибор};$$

$$NP = 31 \cdot 0,0833 = 2,582; \alpha = 1,67.$$

$$q_{\text{произв}}^{\text{хол}} = 5 \cdot 0,4 \cdot 1,67 = 3,34 \text{ л/с}.$$

Все подсчеты по гидравлическому расчету сети холодного водоснабжения сведены в табл. 71.

Производим гидравлический расчет трубопроводов горячего водопровода. На рис. 53 приведена расчетная схема подачи и распределения горячей воды.

## холодного водоснабжения

| Диаметр условного прохода $d_y$ мм | Скорость $v$ , м/с | Длина участка $l$ , м | Потери напора            |                         | Суммарные потери напора $\Sigma h_i$ , мм вод. ст. |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|
|                                    |                    |                       | $i$ , мм вод. ст. на 1 м | $h_i = i l$ мм вод. ст. |                                                    |
| 7                                  | 8                  | 9                     | 10                       | 11                      | 12                                                 |
| 25                                 | 0,75               | 3                     | 73,5                     | 220,5                   | 220,5                                              |
| 25                                 | 1,50               | 3                     | 273,8                    | 819,2                   | 1039,7                                             |
| 40                                 | 0,78               | 3                     | 45                       | 135                     | 1174,7                                             |
| 40                                 | 0,90               | 3                     | 58                       | 174                     | 1348,7                                             |
| 40                                 | 0,98               | 3                     | 70                       | 210                     | 1558,7                                             |
| 50                                 | 0,65               | 3                     | 23                       | 69                      | 1627,7                                             |
| 50                                 | 0,69               | 3                     | 26                       | 78                      | 1705,7                                             |
| 50                                 | 0,74               | 3                     | 29                       | 87                      | 1792,7                                             |
| 70                                 | 0,76               | 5                     | 22,5                     | 112,5                   | 1905,2                                             |
| 80                                 | 0,67               | 5                     | 14,3                     | 71,5                    | 1976,7                                             |

считываются аналогично приведенным в таблице.

## горячего водоснабжения

| Скорость $v$ м/с | Длина участка $l$ , м | Потери напора            |                         |                   |                | Суммарные потери, $\Sigma h_i$ мм вод. ст. |
|------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|--------------------------------------------|
|                  |                       | $i$ , мм вод. ст. на 1 м | $h_i = i l$ мм вод. ст. | Коэффициент $K_M$ | С учетом $K_M$ |                                            |
| 9                | 10                    | 11                       | 12                      | 13                | 14             | 15                                         |
| 0,75             | 3                     | 73,5                     | 220,5                   | 0,2               | 264,6          | 264,6                                      |
| 1,50             | 3                     | 273,8                    | 821,4                   | 0,2               | 985,7          | 1250,3                                     |
| 1,12             | 3                     | 104                      | 312                     | 0,2               | 374,4          | 1624,7                                     |
| 1,40             | 3                     | 165                      | 495                     | 0,2               | 594            | 2218,7                                     |
| 1,22             | 3                     | 106                      | 318                     | 0,2               | 381,6          | 2600,3                                     |
| 1,38             | 3                     | 135                      | 405                     | 0,2               | 486            | 3086,3                                     |
| 0,89             | 3                     | 41,8                     | 125,4                   | 0,2               | 152,9          | 3239,2                                     |
| 0,97             | 3                     | 49                       | 147                     | 0,2               | 294            | 3415,6                                     |
| 1,16             | 5                     | 49                       | 245                     | 0,2               | 294            | 3709,6                                     |
| 1,46             | 5                     | 77                       | 385                     | 0,2               | 462            | 4171,6                                     |

таблица (СНиП II-34-76, приложение 8).

Для хозяйственно-питьевых нужд (8 умывальников, 2 ножные ванны и 5 поливочных кранов).

$$q_i^{\text{гор}} = 0,07 \text{ л/с}; P = 0,181; N = 15 \text{ приборов}; \alpha = 1,53.$$

$$q_{\text{хоз}}^{\text{гор}} = 5 \cdot 0,07 \cdot 1,53 = 0,54 \text{ л/с}.$$

Для производственных нужд (15 водоразборных колонок, 10 душев для обмыва, 4 ножных душа, 2 ребристых душа):

$$q_i^{\text{гор}} = 0,4 \text{ л/с}; P = 0,181; N = 31 \text{ прибор}; \alpha = 2,54.$$

$$q_{\text{произв}}^{\text{гор}} = 5 \cdot 0,4 \cdot 2,54 = 5,08 \text{ л/с}.$$

Все подсчеты по гидравлическому расчету сети горячего водоснабжения сведены в табл. 72.

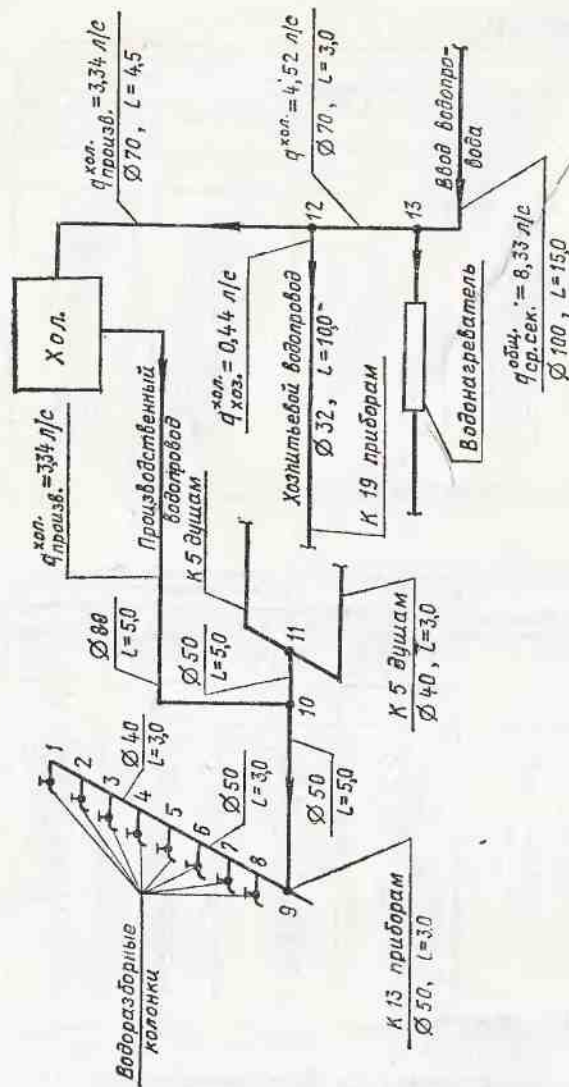


Рис. 52. Расчетная схема холодного водоснабжения.

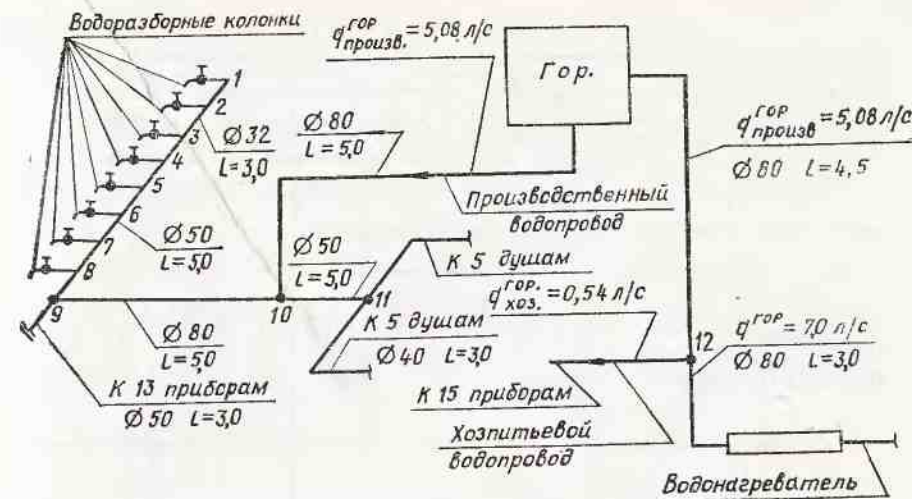


Рис. 53. Расчетная схема горячего водоснабжения.

Внутреннюю канализацию рассчитываем исходя из того, что общий максимальный расход (холодной и горячей) воды равен 9,12 л/с, что больше 8 л/с. Согласно [6] расчетный секундный расход стоков принимается равным максимальному водопотреблению,  $q_k = 9,12$  л/с. В здании бани имеется три выпуска канализации. Расход стоков на каждый из трех выпусков примерно равен 3 л/с. Конструктивно принимаем диаметр выпусков равным 100 мм. Согласно СНиП II-80-75 пожарный водопровод в здании бани на 100 мест (баня одноэтажная) не проектируется.

#### Пример 4. РАСЧЕТ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

В проектируемом корпусе высшего учебного заведения на 1950 студентов размещены 18 лабораторий, 12 кафедр, буфет, кинозал. Здание имеет стилобатную часть высотой 2 этажа в башенную часть высотой 9 этажей (см. рис. 33), объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод, две системы канализации (одна для цокольного этажа, другая для высотной части), тепловую станцию, расположенную в цокольном этаже.

В здании установлены следующие санитарно-технические приборы: умывальники со смесителями — 85 шт., унитазы — 72, писсуары — 36, мойки лабораторные со смесителем — 33, лабораторные сливы — 96, мойки в буфете — 4 шт.; всего 326 приборов, из них 122 прибора с подводом горячей воды.

Основные показатели потребления воды и потребители приведены в табл. 73. Количество студентов, преподавателей и обслуживающего персонала принимается по заданию.

Расчетное количество блюд  $u_p$  определяется по формуле

$$U_p = \varphi n u_{\text{пос}} = 1 \cdot 75 \cdot 3 \cdot 0,5 = 113 \text{ блюд/ч,}$$

где  $\varphi$  — коэффициент одновременности реализации блюд;  $n$  — число мест в буфете;  $m$  — число посадок в час;  $u_{\text{пос}}$  — количество условных блюд, потребляемых одним посетителем.

Находим общий секундный расход воды. Так как в проектируемом здании находятся различные потребители, известны все установленные приборы и их количество, расчетный расход воды прибором определяем как средневзвешенную величину по формуле (200).

Значение  $Q_{\text{чи}}^{\text{общ}}$   $u_i$  принимаем по гр. 10 табл. 73,  $q_i$  — секундный расход санитарно-

Таблица 73. Основные показатели

| Потребители            | Единица измерения | Количество | Норма расхода воды          |                             |                             |                               |                               |                               |
|------------------------|-------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                        |                   |            | в час, л/ч                  |                             |                             | в сутки, л/сут                |                               |                               |
|                        |                   |            | $Q_{\text{общ}}^{\text{ч}}$ | $Q_{\text{хол}}^{\text{ч}}$ | $Q_{\text{гор}}^{\text{ч}}$ | $Q_{\text{общ}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{хол}}^{\text{сут}}$ | $Q_{\text{гор}}^{\text{сут}}$ |
| 1                      | 2                 | 3          | 4                           | 5                           | 6                           | 7                             | 8                             | 9                             |
| Студенты               | чел.              | 1950       | 2,7                         | 1,5                         | 1,2                         | 20                            | 12                            | 8                             |
| Преподаватели          | »                 | 195        | 2,7                         | 1,5                         | 1,2                         | 20                            | 12                            | 8                             |
| Обслуживающий персонал | »                 | 100        | 4                           | 2                           | 2                           | 15                            | 7,5                           | 7,5                           |
| Буфет на 75 мест       | блюда в час       | 113        | 12                          | 10                          | 2                           | 12                            | 10                            | 2                             |
| Итого                  |                   |            |                             |                             |                             |                               |                               |                               |

техническими приборами. За действующий прибор принимаем умывальник с общим расходом воды  $q_i^{\text{общ}} = 0,1$  л/с. Умывальник оборудован смесителем с подводкой холодной и горячей воды.

Общий расход воды мойкой в буфете равен 0,3.

$$q_0^{\text{общ}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_i}{\sum \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_i}{q_i}} = 7541 : \left( \frac{5260}{0,1} + \frac{525}{0,1} + \frac{400}{0,1} + \frac{1356}{0,3} \right) = 7541 : 66370 = 0,114 \text{ л/с.}$$

Вероятность действия приборов

$$P = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U}{q_0 N} = \frac{7541}{3600 \cdot 0,114 \cdot 326} = 0,056;$$

$$NP = 326 \cdot 0,056 = 18,3; \quad \alpha = 6,44.$$

отсюда

$$q = 5q_0^{\text{общ}} \alpha = 5 \cdot 0,114 \cdot 6,44 = 3,68 \text{ л/с.}$$

Определяем общий часовой расход воды. Часовой расход воды средневзвешенным прибором находим по формуле (200)

$$Q_0^{\text{общ}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_i}{\sum \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{общ}} U_i}{Q_{\text{ч}}}} = 7541 : \left( \frac{5260}{180} + \frac{525}{180} + \frac{400}{180} + \frac{1356}{500} \right) = 7541 : 37,11 = 202 \text{ л/ч.}$$

Здесь 180 л/ч — часовой расход воды умывальником, 500 л/ч — часовой расход воды мойкой.

Вероятность действия приборов

$$P_{\text{ч}} = P \cdot 3600 \frac{q_0^{\text{общ}}}{Q_0^{\text{общ}}} = 0,056 \cdot 3600 \frac{0,114}{202} = 0,113;$$

$$NP = 326 \cdot 0,113 = 37,2; \quad \alpha_{\text{ч}} = 11,2.$$

потребления воды

| Характерный уровень расхода воды       |                              |                              |                                            |                                |                                |
|----------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| в час наибольшего водопотребления, л/ч |                              |                              | в сутки наибольшего водопотребления, л/сут |                                |                                |
| $UQ_{\text{ч}}^{\text{общ}}$           | $UQ_{\text{ч}}^{\text{хол}}$ | $UQ_{\text{ч}}^{\text{гор}}$ | $UQ_{\text{сут}}^{\text{общ}}$             | $UQ_{\text{сут}}^{\text{хол}}$ | $UQ_{\text{сут}}^{\text{гор}}$ |
| 10                                     | 11                           | 12                           | 13                                         | 14                             | 15                             |
| 5260                                   | 2925                         | 2335                         | 39000                                      | 23400                          | 15600                          |
| 525                                    | 292                          | 233                          | 3900                                       | 2340                           | 1560                           |
| 400                                    | 200                          | 203                          | 1500                                       | 750                            | 750                            |
| 1356                                   | 1130                         | 226                          | 1356                                       | 1130                           | 226                            |
| 7541                                   | 4547                         | 2994                         | 45756                                      | 27620                          | 18136                          |

Определяем секундный расход холодной воды.

Секундный расход средневзвешенным прибором по формуле (200).

Значения  $Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_{\text{ч}}$  принимаем по гр. 11 табл. 73; расход холодной воды умывальником  $q_i^{\text{хол}} = 0,07$  л/с; расход холодной воды мойкой равен 0,2 л/с.

$$q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_i}{\sum \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_i}{q_i}} = 4547 : \left( \frac{2925}{0,07} + \frac{292}{0,07} + \frac{200}{0,07} + \frac{1130}{0,2} \right) = \frac{4547}{54464} = 0,083 \text{ л/с.}$$

Вероятность действия приборов

$$P = \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_i}{3600 \cdot q_0^{\text{хол}} N_i} = \frac{4547}{3600 \cdot 0,083 \cdot 326} = \frac{4547}{97474} = 0,046;$$

$$NP = 326 \cdot 0,046 = 14,99; \quad \alpha = 5,54.$$

$$q^{\text{хол}} = 5q_0 \alpha = 5 \cdot 0,083 \cdot 5,54 = 2,34 \text{ л/с.}$$

Для нахождения часового расхода холодной воды вычисляем часовой расход средневзвешенным прибором по формуле (200).

Значения  $Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_{\text{ч}}$  принимаем по гр. 11 табл. 73; расход холодной воды умывальником  $Q_{0i}^{\text{хол}} = 100$  л/ч; расход холодной воды мойкой равен 220 л/ч.

$$Q_0^{\text{хол}} = \frac{\sum Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_i}{\sum \frac{Q_{\text{ч}}^{\text{хол}} U_i}{Q_{\text{ч}}}} = 4547 : \left( \frac{2925}{100} + \frac{292}{100} + \frac{200}{100} + \frac{1130}{220} \right) = \frac{4547}{39,3} = 115,6 \text{ л/ч.}$$

Вероятность действия приборов

$$P_q = P \cdot 3600 \frac{q_0^{\text{хол}}}{Q_0^{\text{хол}}} = 0,46 \cdot 3600 \frac{0,083}{115,6} = 0,118;$$

$$NP = 326 \cdot 0,118 = 38,47; \alpha_q = 11,5.$$

$$Q_q^{\text{хол}} = 5Q_0^{\text{хол}} \alpha_q = 5 \cdot 115,6 \cdot 11,5 = 6647 \text{ л/ч} = 6,65 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Далее вычисляем секундный и часовой расходы горячей воды. Секундный расход средневзвешенным прибором определяем по формуле (200).

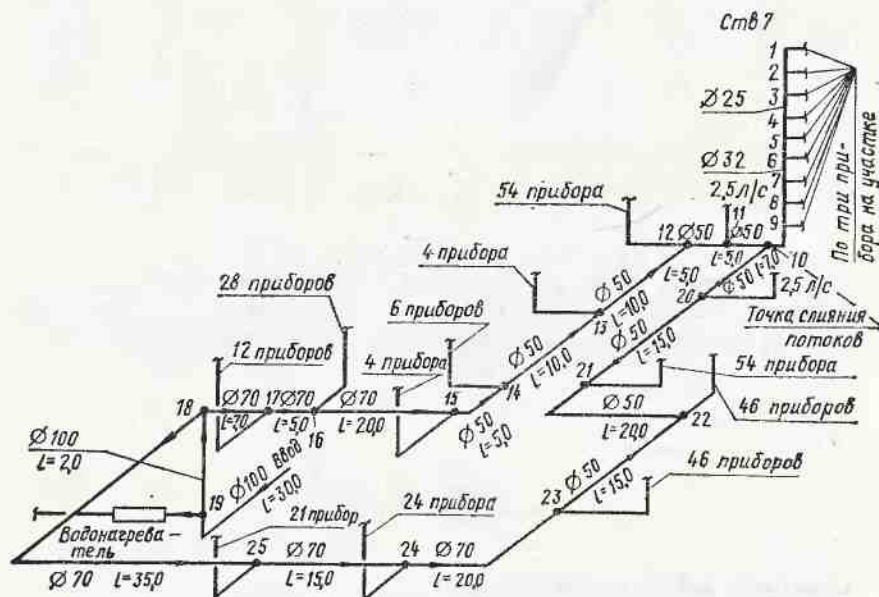


Рис. 54. Расчетная схема хозяйственного противопожарного водопровода.

Значения  $Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}$  принимаем по гр. 12 табл. 73; расход горячей воды умывальником  $q_i^{\text{гор}} = 0,07 \text{ л/с}$ ; расход горячей воды мойкой в буфете равен  $0,2 \text{ л/с}$ .

$$q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}}{\sum Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}} = 2994 : \left( \frac{2335}{0,07} + \frac{233}{0,07} + \frac{200}{0,07} + \frac{226}{0,2} \right) =$$

$$= \frac{2994}{40723} = 0,074 \text{ л/с}.$$

$$P = \frac{Q_q^{\text{гор}} U}{3600 \cdot q_0^{\text{гор}} N} = \frac{2994}{3600 \cdot 0,074 \cdot 122} = \frac{2994}{32500} = 0,092;$$

$$NP = 122 \cdot 0,092 = 11,224; \alpha = 4,48.$$

$$q^{\text{гор}} = 5 q_0 \alpha = 5 \cdot 0,074 \cdot 4,48 = 1,66 \text{ л/с}.$$

Часовой расход средневзвешенным прибором определяем по формуле (200).

Значения  $Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}$  принимаем по гр. 12 табл. 73; расход горячей воды мойкой и буфете равен  $280 \text{ л/ч}$ ; расход горячей воды умывальником  $Q_{qi}^{\text{гор}} = 80 \text{ л/ч}$ .

$$Q_0^{\text{гор}} = \frac{\sum Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}}{\sum Q_{qi}^{\text{гор}} U_{qi}} = 2994 : \left( \frac{2335}{80} + \frac{233}{80} + \frac{200}{80} + \frac{226}{80} \right) =$$

$$= \frac{2994}{35,4} = 84,6 \text{ л/ч}.$$

$$P = P \cdot 3600 \frac{q_0^{\text{гор}}}{Q_0^{\text{гор}}} = 0,092 \cdot 3600 \frac{0,074}{84,6} = 0,289;$$

$$\alpha = 10,15.$$

$$Q_q^{\text{гор}} = 5 \cdot Q_0^{\text{гор}} \alpha = 5 \cdot 84,6 \cdot 10,15 = 4320 \text{ л/ч} = 4,32 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитываем внутреннюю сеть объединенного хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода (рис. 54).

Для надежности работы (так как в здании имеется 78 пожарных кранов) в кольцевом этаже магистральную водопроводную сеть кольцуют. На расчетной схеме указан ввод (второй условно опускается), водопроводные стояки и количество приборов, обслуживаемое каждым из них, а также два расчетных пожарных ствола с расчетными расходами по  $2,5 \text{ л/с}$  каждый.

Для расчета кольцевую магистраль разбиваем на два полукольца с точкой слияния потоков у водопроводного расчетного стояка СТБ-7. По количеству установленных приборов на других стояках определяем расчетные расходы на участках кольцевой сети.

Потери напора по одной стороне кольца должны быть равны потерям напора на другой, или отличаться на  $\pm 5\%$  (не более). Результаты гидравлического расчета хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода приведены в табл. 74. В нашем случае разница в потерях напора в обоих полукольцах  $\Delta h = 7851 - 7812,7 = 38,3 \text{ мм}$ , что вполне допустимо.

Расчет сети горячего водопровода более прост, так как водопровод имеет тупиковую схему прокладки. Необходимые расходы горячей воды определены ранее. Подбор скоростного водонагревателя производится по общепринятой методике.

Внутреннюю канализацию рассчитываем исходя из того, что расчетный расход воды не превышает  $8 \text{ л/с}$ . Максимальный секундный расход сточных вод находим по формуле

$$q_k = q + q_{\text{ок}}$$

где  $q$  — максимальный секундный расход воды в здании;  $q_{\text{ок}}$  — наибольший секундный расход сточной воды прибором (обычно унитаз —  $1,6 \text{ л/с}$ ). Тогда

$$q_k = 3,68 + 1,6 = 5,28 \text{ л/с}.$$

В здании института запроектировано два выпуска канализации диаметром  $150 \text{ мм}$  и один диаметром  $100 \text{ мм}$ . Наиболее нагруженный выпуск принимает стоки от 72 унитазов и 36 умывальников. Определим расчетный расход

$$NP = 108 \cdot 0,056 = 6,048; \alpha = 3,03;$$

$$q = 5q_0 \alpha = 5 \cdot 0,114 \cdot 3,03 = 1,72 \text{ л/с};$$

$$q_k = 1,72 + 1,60 = 3,32 \text{ л/с}.$$

Таблица 74. Гидравлический расчет объединенного хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода

| Номер участка                              | Число приборов на участке $N$ , шт. | Вероятность действия $P$ | Коэффициент $\alpha = 1 / \sqrt{\sum N}$ | Расход диктующего прибора $q_b$ , л/с | Расчетный расход $q = \alpha q_b$ , л/с | Пожарный расход, $q$ , л/с | Суммарный расчетный расход $q$ , л/с | Диаметр условного прохода $d_y$ , мм | Скорость $v$ , м/с | Длина участка $l$ , м | Потери напора             |                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                            |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       | $h_f = i l$ , мм вод. ст. | $h_f = i l$ , мм вод. ст. |
| 1                                          | 2                                   | 3                        | 4                                        | 5                                     | 6                                       | 7                          | 8                                    | 9                                    | 10                 | 11                    | 12                        | 13                        |
| 1-2                                        | 3                                   |                          | 0,387                                    | 0,07                                  | 0,13                                    | —                          | 0,13                                 | 25                                   | 0,24               | 4                     | 9,7                       | 38,9                      |
| 2-3                                        | 6                                   |                          | 0,514                                    |                                       | 0,18                                    | —                          | 0,18                                 | 25                                   | 0,34               | 4                     | 17,3                      | 69,2                      |
| 3-4                                        | 9                                   |                          | 0,62                                     |                                       | 0,22                                    | —                          | 0,22                                 | 25                                   | 0,41               | 4                     | 25,9                      | 103,6                     |
| 4-5                                        | 12                                  |                          | 0,711                                    |                                       | 0,25                                    | —                          | 0,25                                 | 25                                   | 0,47               | 4                     | 31,2                      | 124,8                     |
| 5-6                                        | 15                                  |                          | 0,796                                    |                                       | 0,28                                    | —                          | 0,28                                 | 25                                   | 0,52               | 4                     | 37,8                      | 151,2                     |
| 6-7                                        | 18                                  |                          | 0,876                                    |                                       | 0,3                                     | —                          | 0,3                                  | 32                                   | 0,31               | 4                     | 10,5                      | 42                        |
| 7-8                                        | 21                                  |                          | 0,952                                    |                                       | 0,34                                    | —                          | 0,34                                 | 32                                   | 0,35               | 4                     | 12,5                      | 50                        |
| 8-9                                        | 24                                  | 0,046                    | 1,021                                    |                                       | 0,36                                    | —                          | 0,36                                 | 32                                   | 0,38               | 4                     | 13,2                      | 52,8                      |
| 9-10                                       | 27                                  |                          | 1,081                                    |                                       | 0,38                                    | —                          | 0,38                                 | 32                                   | 0,4                | 5                     | 15,2                      | 76                        |
| 10-11                                      | 13                                  |                          | 0,74                                     |                                       | 0,25                                    | —                          | 0,25                                 | 50                                   | 0,21               | 5                     | 3,2                       | 16                        |
| 11-12                                      | 13                                  |                          | 0,74                                     |                                       | 0,25                                    | 2,5                        | 2,75                                 | 50                                   | 1,3                | 5                     | 82                        | 410                       |
| 12-13                                      | 67                                  |                          | 1,86                                     |                                       | 0,65                                    | 2,5                        | 3,15                                 | 50                                   | 1,48               | 10                    | 110                       | 1100                      |
| 13-14                                      | 71                                  |                          | 1,944                                    |                                       | 0,68                                    | 2,5                        | 3,18                                 | 50                                   | 1,49               | 10                    | 111                       | 1110                      |
| 14-15                                      | 77                                  |                          | 2,041                                    |                                       | 0,71                                    | 2,5                        | 3,21                                 | 50                                   | 1,52               | 5                     | 115                       | 575                       |
| 15-16                                      | 81                                  |                          | 2,121                                    |                                       | 0,74                                    | 2,5                        | 3,24                                 | 70                                   | 1,53               | 20                    | 116                       | 2320                      |
| 16-17                                      | 109                                 |                          | 2,568                                    |                                       | 0,9                                     | 2,5                        | 3,4                                  | 70                                   | 1,6                | 5                     | 130                       | 650                       |
| 17-18                                      | 121                                 |                          | 2,748                                    |                                       | 0,96                                    | 2,5                        | 3,46                                 | 70                                   | 1,63               | 7                     | 132                       | 924                       |
| Итого по левому полукольцу                 |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 1-10                                       | 27                                  |                          | 1,081                                    | 0,07                                  | 0,38                                    | —                          | 0,38                                 | 32                                   | 0,35               | 37                    | 12                        | 444                       |
| 10-20                                      | 14                                  |                          | 0,769                                    |                                       | 0,27                                    | —                          | 0,27                                 | 50                                   | 0,27               | 7                     | 8,5                       | 59,5                      |
| 20-21                                      | 14                                  |                          | 0,769                                    |                                       | 0,27                                    | 2,5                        | 2,75                                 | 50                                   | 0,27               | 15                    | 8,5                       | 127,5                     |
| 21-22                                      | 68                                  |                          | 1,869                                    |                                       | 0,65                                    | 2,5                        | 3,15                                 | 50                                   | 1,18               | 20                    | 110                       | 2200                      |
| 22-23                                      | 114                                 | 0,046                    | 2,645                                    |                                       | 0,93                                    | 2,5                        | 3,43                                 | 50                                   | 1,62               | 15                    | 132                       | 1980                      |
| 23-24                                      | 160                                 |                          | 3,327                                    |                                       | 1,16                                    | 2,5                        | 3,66                                 | 70                                   | 1,05               | 20                    | 40                        | 800                       |
| 24-25                                      | 184                                 |                          | 3,667                                    |                                       | 1,28                                    | 2,5                        | 3,78                                 | 70                                   | 1,08               | 15                    | 42                        | 630                       |
| 25-26                                      | 205                                 |                          | 3,965                                    |                                       | 1,39                                    | 2,5                        | 3,89                                 | 70                                   | 1,12               | 35                    | 46                        | 1610                      |
| Итого по правому полукольцу                |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 18-19                                      | 326                                 | 0,046                    | 5,54                                     | 0,07                                  | 2,34                                    | 5                          | 7,34                                 | 100                                  | 0,87               | 2                     | 16                        | 32                        |
| 19-Ввод                                    | 326                                 | 0,056                    | 6,44                                     | 0,1                                   | 3,68                                    | 5                          | 8,88                                 | 100                                  | 1,05               | 30                    | 22,5                      | 675                       |
| Суммарные потери по расчетному направлению |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 7812,7                                     |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 444                                        |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 59,5                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 127,5                                      |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 2200                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 1980                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 800                                        |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 630                                        |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 1610                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 7851                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 32                                         |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 675                                        |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |
| 8848                                       |                                     |                          |                                          |                                       |                                         |                            |                                      |                                      |                    |                       |                           |                           |

При уклоне 0,02 выпуск пропустит расчетный расход  $q_k = 3,32$  л/с со скоростью 0,85 м/с и наполнением 0,3 в долях  $D$ . Выпуск также проверяем на выполнение условия [18]

$$v \cdot \sqrt{\frac{n}{D}} \geq 0,6;$$

$$0,85 \cdot \sqrt{0,3} = 0,85 \cdot 1,73 = 1,47 > 0,6.$$

Таким образом, водоотведение из здания института полностью обеспечено.

### Пример 5. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Исходные данные: количество квартир — 96; расчетная средняя заселенность квартир — 4 чел. В квартирах установлены водоразборные приборы: мойка на кухне, смеситель в ванне, смеситель умывальника. Теплоснабжение здания осуществляется от двухтрубных водяных тепловых сетей через индивидуальный тепловой пункт (ИТП), расположенный в полуподвальном помещении здания. Давление в трубопроводе горячего водоснабжения — тупиковая с нижней разводкой и циркуляционными трубопроводами. На циркуляционных стояках предусмотрены полотенце-сушители.

На основании плана здания составляем расчетную аксонометрическую схему системы горячего водоснабжения (рис. 55). Нумеруем все стояки и расчетные участки (принято 12 однотипных стояков). Выбираем расчетное направление (циркуляционное кольцо) от водонагревателя до самой высокой водоразборной точки наиболее удаленного стояка № 1 и далее по циркуляционной линии обратно к водонагревателю.

Расчет секундных расходов горячей воды определяем, начиная с самого удаленного водоразборного прибора стояка № 1.

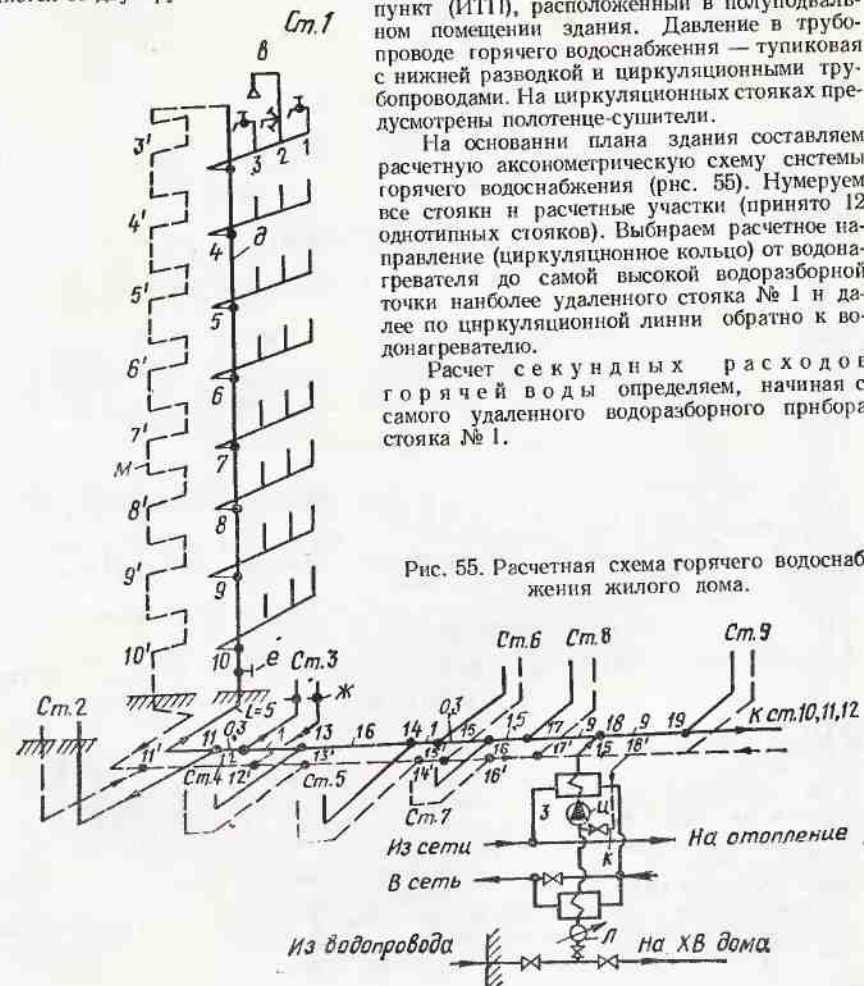


Рис. 55. Расчетная схема горячего водоснабжения жилого дома.

Например, участок 1—2 подает воду к одной мойке, т. е. количество приборов  $N = 1$ , количество потребителей  $u = 4$ . Из табл. 44 и 43 находим норму расхода горячей воды на одного потребителя в час наибольшего водопотребления  $q_{н.ч} = 7,9$  л/ч и норму расхода воды прибором  $q_0^{гор} = 0,14$  л/с.

Вероятность действия водоразборных приборов по формуле (159)

$$P = \frac{q_{н.ч}U}{3600q_0N} = \frac{7,8 \cdot 4}{3600 \cdot 0,14 \cdot 1} = 0,063;$$

$$NP = 1 \cdot 0,063 = 0,063; \quad \alpha = 0,294.$$

Отсюда секундный расход на участке по формуле (199)

$$q = 5 \cdot q_0^{гор} \cdot \alpha = 5 \cdot 0,14 \cdot 0,294 = 0,21 \text{ л/с.}$$

Участок 2—3 подает воду к мойке и смесителю ванны  $N = 2$ ;  $u = 4$ , который является на этом участке действующим прибором. Принимаем  $q_0 = 0,2$  л/с и  $q_{н.ч} = 10$  л/ч. Тогда

$$P = \frac{10,4}{3600 \cdot 0,2 \cdot 2} = 0,028,$$

$$NP = 2 \cdot 0,028 = 0,056; \quad \alpha = 0,283.$$

$$q = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,283 = 0,283 \text{ л/с.}$$

Участок 18—ТП подает воду от подогревателя в здание

$$N = 96 \cdot 3 = 288; \quad u = 96 \cdot 4 = 384 \text{ чел.}; \quad q_0 = 0,2 \text{ л/с}; \quad q_{н.ч} = 10 \text{ л/ч.}$$

Вероятность действия приборов определяется один раз для всей системы.

$$P = \frac{10 \cdot 96 \cdot 4}{3600 \cdot 0,2 \cdot 96 \cdot 3} = 0,0185,$$

$$N_p = 288 \cdot 0,0185 = 5,3; \quad \alpha = 2,66.$$

$$q = 5 \cdot 0,2 \cdot 2,66 = 2,66 \text{ л/с.}$$

Аналогично определяются расходы на других участках и результаты сводятся в табл. 75.

Гидравлический расчет по дающим трубопроводам (предварительный) начинаем с главного циркуляционного контура — самого длинного направления через стояк № 1.

Ориентировочный располагаемый напор  $H_p$  в контуре для гидравлического расчета трубопроводов определяется по формуле

$$H_p = H_v - 2H_{зав} - H_{врд} - H_{св} - H_f - \Delta H_n = 50 - 2 \cdot 1 - 1,0 - 4 - 24 - 10 = 9 \text{ м вод. ст.,}$$

где  $2H_{зав}$  — потеря напора в двух задвижках, м, остальные обозначения см. формулы 169 и 170.

По полученным расходам воды определяем диаметры и удельные потери на расчетных участках. Для расчета используем таблицы для гидравлического расчета стальных водопроводных труб [30].

По расчетному расходу и скорости воды (в указанных пределах) выбираем диаметры участков и определяем потери напора (см. табл. 75).

Например, для участка 3—4 расчетный расход  $q = 0,283$  л/с. Примем диаметр стояка  $d_y = 25$  мм. Поскольку расчетный расход не совпадает с табличным, по интерполяции находим скорость и удельные потери напора

Таблица 75. Гидравлический расчет и определение потерь напора (давления) в трубопроводах горячего водоснабжения жилого дома

| Номер участка                         | Число приборов на участке $N$ , шт | $\alpha$ | Расчетный расход $q = 5q_0\alpha$ , л/с | Диаметр стояка $d_y$ , мм | Скорость, м/с | Длина участка $l$ , м | Потери напора                          |                                        | Потери напора на участке $\Delta H_{уч} = R_l l$ , м | Потери напора на участке $\Delta H_{уч}$ в в. ст. |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                       |                                    |          |                                         |                           |               |                       | удельные $R_l$ , кгс/м <sup>2</sup> ·м | на участке $\Delta H_{уч} = R_l l$ , м |                                                      |                                                   |
| 1                                     | 2                                  | 3        | 4                                       | 5                         | 6             | 7                     | 8                                      | 9                                      | 10                                                   |                                                   |
| Основная расчетная магистраль к ст. 1 |                                    |          |                                         |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |
| 1—2                                   | 1                                  | 0,294    | 0,21                                    | 15                        | 1,23          | 2                     | 393                                    | 0,79                                   | 0,79                                                 | 0,79                                              |
| 2—3                                   | 2                                  | 0,283    | 0,283                                   | 15                        | 1,66          | 1                     | 710                                    | 0,71                                   | 0,71                                                 | 1,5                                               |
| 3—4                                   | 3                                  | 0,283    | 0,283                                   | 25                        | 0,53          | 4                     | 40                                     | 0,19                                   | 0,19                                                 | 0,19                                              |
| 4—5                                   | 6                                  | 0,355    | 0,355                                   | 25                        | 0,67          | 3                     | 60                                     | 0,22                                   | 0,22                                                 | 0,41                                              |
| 5—6                                   | 9                                  | 0,42     | 0,42                                    | 25                        | 0,79          | 3                     | 82                                     | 0,3                                    | 0,3                                                  | 0,71                                              |
| 6—7                                   | 12                                 | 0,467    | 0,467                                   | 25                        | 0,88          | 3                     | 100                                    | 0,36                                   | 0,36                                                 | 1,07                                              |
| 7—8                                   | 15                                 | 0,518    | 0,518                                   | 25                        | 0,97          | 3                     | 122                                    | 0,44                                   | 0,44                                                 | 1,51                                              |
| 8—9                                   | 18                                 | 0,558    | 0,558                                   | 25                        | 1,05          | 3                     | 140                                    | 0,5                                    | 0,5                                                  | 2,01                                              |
| 9—10                                  | 21                                 | 0,602    | 0,602                                   | 25                        | 1,13          | 3                     | 159                                    | 0,57                                   | 0,57                                                 | 2,58                                              |
| 10—11                                 | 24                                 | 0,638    | 0,638                                   | 32                        | 0,67          | 5                     | 42                                     | 0,25                                   | 0,25                                                 | 2,83                                              |
| 11—12                                 | 48                                 | 0,916    | 0,916                                   | 32                        | 0,97          | 0,3                   | 81                                     | 0,03                                   | 0,03                                                 | 2,86                                              |
| 12—13                                 | 72                                 | 1,12     | 1,12                                    | 32                        | 1,18          | 1                     | 119                                    | 0,14                                   | 0,14                                                 | 1,3                                               |
| 13—14                                 | 96                                 | 1,35     | 1,35                                    | 40                        | 1,07          | 16                    | 70                                     | 1,34                                   | 1,34                                                 | 4,34                                              |
| 14—15                                 | 120                                | 1,52     | 1,52                                    | 40                        | 1,2           | 1                     | 104                                    | 0,12                                   | 0,12                                                 | 4,46                                              |
| 15—16                                 | 144                                | 1,724    | 1,724                                   | 50                        | 0,81          | 0,3                   | 35                                     | 0,013                                  | 0,013                                                | 4,47                                              |
| 16—17                                 | 168                                | 1,879    | 1,879                                   | 50                        | 0,89          | 1,5                   | 41                                     | 0,074                                  | 0,074                                                | 4,55                                              |
| 17—18                                 | 192                                | 2,065    | 2,065                                   | 50                        | 0,97          | 9                     | 49                                     | 0,53                                   | 0,53                                                 | 5,08                                              |
| 18—ТП                                 | 288                                | 2,66     | 2,66                                    | 50                        | 1,26          | 1,5                   | 79                                     | 0,14                                   | 0,14                                                 | 5,22                                              |
| Магистраль к ст. 12                   |                                    |          |                                         |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |
| 18—19                                 | 96                                 | 1,35     | 1,35                                    |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |
| 19—20                                 | 72                                 | 1,12     | 1,12                                    |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |
| 20—21                                 | 48                                 | 0,916    | 0,916                                   |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |
| 21—ст. 12                             | 24                                 | 0,638    | 0,638                                   |                           |               |                       |                                        |                                        |                                                      |                                                   |

Примечания: 1. По участку 18—ТП проходит общий расход горячей воды на здание.  
2. Вероятность действия приборов на всех участках одинакова  $P = 0,0185$ .  
3. Норма расхода воды прибором принята  $q_0 = 0,2$  л/с, за исключением участка 1—2, где  $q_0 = 0,14$  л/с.

$$w = 0,47 + \frac{0,56 - 0,47}{0,3 - 0,25} (0,283 - 0,25) = 0,53 \text{ м/с}$$

$$R_{\text{л}} = 31,8 + \frac{44,2 - 31,8}{0,3 - 0,25} (0,283 - 0,25) = 40 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м.}$$

Потери напора на участке определены согласно формуле (166) и равны

$$\Delta H_{\text{уч}} = R_{\text{л}} \cdot l (1 + \alpha) = 40 \cdot 4 (1 + 0,2) = 190 \text{ кгс/м}^2 = 0,19 \text{ м вод. ст.}$$

Суммируя потери напора на участках (без учета участка 1—3 на подводке к приборам) получаем потери напора  $\Sigma \Delta H_{\text{уч}} = 5,22 \text{ м вод. ст.}$  Учитывая повышение шероховатости стенок труб от накипи коэффициентом 1,2, получаем общие потери напора подающих трубопроводов

$$\Delta H_{\text{под}} = 1,2 \cdot 5,22 = 6,3 \text{ м вод. ст.}$$

Он не превышает примерный располагаемый напор для расчета труб  $H_p = 9 \text{ м вод. ст.}$

Расчет циркуляционных расходов начинаем с определения потерь тепла на участках и всей системы горячего водоснабжения. Результаты расчета приведены в табл. 76.

Потери тепла на участках трубопроводов определяем по формуле (173). Например, потери тепла стояка № 1 складываются из следующих:

а) потерь на участках 3—10 с наружным диаметром труб  $d_n = 33,5 \text{ мм}$  ( $d_y = 25 \text{ мм}$ ) и общей длиной  $l = 21 \text{ м}$ , которые равны  $Q_{3-10} = k \pi d_n \cdot l (t_{\text{г.ср}} - t_0) \times (1 - \eta) = 10 \cdot 3,14 \cdot 0,0335 \cdot 21 (55 - 20) = 773 \text{ ккал/ч}$  (здесь принято  $\eta = 0$ , так как трубы неизолированные, температура в помещении  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ , коэффициент теплопередачи  $k = 10 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C}$ );

б) потерь в подводке к стояку (участок 10—11)  $d_n = 42,3 \text{ мм}$  ( $d_y = 32 \text{ мм}$ ) и длиной  $l = 5 \text{ м}$ , равных  $Q_{\text{подв.ст.}} = 10 \cdot 3,14 \cdot 0,0423 \cdot 5 (55 - 5) \cdot (1 - 0,7) =$

$$= 100 \text{ ккал/ч}$$

(здесь принято  $\eta = 0,7$  для изолированных труб, проходящих в неотапливаемом подвале с температурой  $t_0 = +5^\circ \text{C}$ );

в) потерь в восьми полотенцесушителях с принятым диаметром  $d_n = 42,3 \text{ мм}$  и длиной по 1,5 м, определяемых по формуле

$$Q_{\text{п.с}} = 8 \cdot k \pi d_n \cdot l (t_{\text{г.ср}} - t_0) = 8 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 0,0423 \cdot 1,5 (55 - 20) = 558 \text{ ккал/ч.}$$

Таким образом общие потери стояка № 1 равны

$$Q_{\text{ст.1г}} = 773 + 558 = 1331 \text{ ккал/ч,}$$

а с учетом подводки к стояку

$$1331 + 100 = 1431 \text{ ккал/ч.}$$

Необходимый циркуляционный расход через первый стояк по формуле (172)

$$G_{\text{ц.ст.1}} = \frac{1431}{10} = 143 \text{ л/ч} = 0,04 \text{ л/с.}$$

Теплопотери других стояков (без подвоек) приняты такими же, как и для первого стояка.

Суммарные потери тепла всей системы определяем по формуле

$$Q_{\text{п}} = \sum_{i=1}^{12} Q_{\text{ст.}i} + Q_{\text{подв.ст.1}} + Q_{\text{подв.ст.12}} + \sum_{i=2}^{11} Q_{\text{подв.}i} + Q_{\text{м.п}} = 12 \cdot 1331 +$$

$$+ 100 + 100 + 10 \cdot 40 + 6 + 20 + 362 + 23 + 8 + 42 + 254 + 203 + 43 = 15\,972 +$$

$$+ 200 + 400 + 961 = 17\,533 \cdot 4,19 = 73\,463 \text{ кДж/ч} = 17\,533 \text{ ккал/ч,}$$

где  $Q_{\text{м.п}}$  — потери в магистрали подвала.

Таблица 76. Определение потерь тепла и циркуляционных расходов

| Участок                 | Диаметр трубы, мм                    |                                    | Температурный напор $\Delta t, ^\circ \text{C}$ | Длина участка $l, \text{м}$ | $1 - \eta$ | Потери тепла на участке $Q_i, \text{ккал/ч}$ | Сумма потерь $\Sigma Q_i, \text{ккал/ч}$ | Циркуляционный расход $G_{\text{ц}}$ |       |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------|
|                         | наружный $d_n$                       | условного прохода $D_y$            |                                                 |                             |            |                                              |                                          | л/ч                                  | л/с   |
| 1                       | 2                                    | 3                                  | 4                                               | 5                           | 6          | 7                                            | 8                                        | 9                                    | 10    |
| Ст. 1 (3—10)            | 33,5                                 | 25                                 | 55 —<br>—20=<br>=35                             | 21                          | 1          | 773                                          | 773                                      | —                                    | —     |
| Полотенцесушители 10—11 | 42,3                                 | 32                                 | 35                                              | 1,5 · 8 =<br>=12            | 1          | 558                                          | 1331                                     | —                                    | —     |
|                         | 42,3                                 | 32                                 | 55 —<br>—5=50                                   | 5                           | 0,3        | 100                                          | 1431                                     | 143                                  | 0,04  |
| Ст. 2                   | Из расчета ст. 1 (без участка 10—11) |                                    |                                                 |                             |            |                                              |                                          |                                      |       |
| подводка к стояку       | 42,3                                 | 32                                 | 50                                              | 2                           | 0,3        | 1331                                         | —                                        | —                                    | —     |
| 11—12                   | 42,3                                 | 32                                 | 50                                              | 0,3                         | 0,3        | 40                                           | 1371                                     | 137                                  | 0,038 |
| Ст. 3                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | Q ст. 3 =                   | —          | 6                                            | 2808                                     | 281                                  | 0,078 |
|                         |                                      |                                    |                                                 | Q ст. 2 =                   | —          | 1371                                         | 4179                                     | —                                    | 0,038 |
| 12—13                   | 42,3                                 | 32                                 | 50                                              | 1                           | 0,3        | 20                                           | 4199                                     | 420                                  | 0,166 |
| Ст. 4                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | Q ст. 4 =                   | —          | 1371                                         | 5570                                     | —                                    | 0,038 |
|                         |                                      |                                    |                                                 | = Q ст. 3 =                 | —          | —                                            | —                                        | —                                    | —     |
|                         |                                      |                                    |                                                 | = Q ст. 2 =                 | —          | —                                            | —                                        | —                                    | —     |
| 13—14                   | 48                                   | 40                                 | 50                                              | 16                          | 0,3        | 362                                          | 5932                                     | 593                                  | 0,165 |
| Ст. 5                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | —                           | —          | 1371                                         | 7303                                     | —                                    | 0,038 |
| 14—15                   | 48                                   | 40                                 | 50                                              | 1                           | 0,3        | 23                                           | 7326                                     | 733                                  | 0,204 |
| Ст. 6                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | —                           | —          | 1371                                         | 8697                                     | —                                    | 0,038 |
| 15—16                   | 60                                   | 50                                 | 50                                              | 0,3                         | 0,3        | 8                                            | 8705                                     | 871                                  | 0,24  |
| Ст. 7                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | —                           | —          | 1371                                         | 10 076                                   | —                                    | 0,038 |
| 16—17                   | 60                                   | 50                                 | 50                                              | 1,5                         | 0,3        | 42                                           | 10 118                                   | 1012                                 | 0,28  |
| Ст. 8                   | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | —                           | —          | 1371                                         | 11 489                                   | —                                    | 0,038 |
| 17—18                   | 60                                   | 50                                 | 50                                              | 9,0                         | 0,3        | 254                                          | 11 743                                   | 1174                                 | 0,326 |
| Ст. 9, 10,              | Q ст.                                | 12 = Q ст. 1; Q ст. 9 = Q ст. 10 = | —                                               | —                           | —          | —                                            | —                                        | —                                    | —     |
|                         |                                      | = Q ст. = 5544 = Q ст. 2           | —                                               | —                           | —          | —                                            | —                                        | —                                    | —     |
| 11 и 12                 | 33,5                                 | 25                                 | 35                                              | —                           | —          | —                                            | —                                        | —                                    | —     |
| 18—19                   | 48                                   | 40                                 | 50                                              | 9,0                         | 0,3        | 203                                          | 5747                                     | 575                                  | 0,159 |
| 18 — ТП                 | 60                                   | 50                                 | 50                                              | 1,5                         | 0,3        | 43                                           | 17 533                                   | 1753                                 | 0,486 |

Суммарный циркуляционный расход на участке 18—ТП

$$G_y = \frac{73\,463}{4,19 \cdot 10} = 1753 \text{ л/ч} = 0,486 \text{ л/с.}$$

Далее уточняем гидравлический расчет трубопроводов с учетом циркуляционного расхода.

Приведенные в табл. 75 диаметры, скорости и потери напора подающих труб получены при расчетном расходе горячей воды.

Однако в режиме водоразбора и циркуляции расход воды, проходящий через подающий трубопровод, будет больше на величину циркуляционного расхода. В

Таблица 77. Уточненный гидравлический расчет

| Номер участка                                                   | Расход воды л/с |                               |                          | Длина l, м | Диаметр условного прохода d <sub>у</sub> , мм | Скорость w, м/с | Потеря напора                     |                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|------------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                                 | горячей q       | циркуляционной G <sub>ц</sub> | сумма q + G <sub>ц</sub> |            |                                               |                 | R <sub>л</sub> кгс/м <sup>2</sup> | на участке ΔH <sub>уч</sub> , кгс/м <sup>2</sup> (мм вод. ст.) |
| 1                                                               | 2               | 3                             | 4                        | 5          | 6                                             | 7               | 8                                 | 9                                                              |
| Расчет кольца через стояк № 1                                   |                 |                               |                          |            |                                               |                 |                                   |                                                                |
| ТП—18                                                           | 2,66            | 0,486                         | 3,15                     | 1,5        | 50                                            | 1,48            | 111                               | 200                                                            |
| 18—17                                                           | 2,065           | 0,326                         | 2,39                     | 9          | 50                                            | 1,12            | 64                                | 691                                                            |
| 17—16                                                           | 1,879           | 0,28                          | 2,16                     | 1,5        | 50                                            | 1,01            | 53                                | 96                                                             |
| 16—15                                                           | 1,724           | 0,24                          | 1,96                     | 0,3        | 50                                            | 0,92            | 44                                | 16                                                             |
| 15—14                                                           | 1,521           | 0,204                         | 1,73                     | 1          | 40                                            | 1,37            | 133                               | 160                                                            |
| 14—13                                                           | 1,35            | 0,165                         | 1,51                     | 16         | 40                                            | 1,2             | 102                               | 1958                                                           |
| 13—12                                                           | 1,12            | 0,116                         | 1,24                     | 1          | 32                                            | 1,3             | 142                               | 170                                                            |
| 12—11                                                           | 0,916           | 0,078                         | 0,99                     | 0,3        | 32                                            | 1,04            | 94                                | 34                                                             |
| 11—10                                                           | 0,638           | 0,04                          | 0,678                    | 5          | 32                                            | 0,71            | 47                                | 282                                                            |
| 10—9                                                            | 0,602           | 0,04                          | 0,642                    | 3          | 25                                            | 1,21            | 181                               | 652                                                            |
| 9—8                                                             | 0,558           | 0,04                          | 0,598                    | 3          | 25                                            | 1,13            | 158                               | 569                                                            |
| 8—7                                                             | 0,518           | 0,04                          | 0,558                    | 3          | 25                                            | 1,05            | 139                               | 500                                                            |
| 7—6                                                             | 0,467           | 0,04                          | 0,507                    | 3          | 25                                            | 0,95            | 116                               | 417                                                            |
| 6—5                                                             | 0,42            | 0,04                          | 0,46                     | 3          | 25                                            | 0,87            | 95                                | 342                                                            |
| 5—4                                                             | 0,355           | 0,04                          | 0,395                    | 3          | 25                                            | 0,74            | 73                                | 263                                                            |
| 4—3                                                             | 0,283           | 0,04                          | 0,323                    | 4          | 25                                            | 0,61            | 51                                | 245                                                            |
| Ц. ст. 1                                                        | —               | 0,04                          | 0,04                     | 23         | 20                                            | 0,11            | 2,3                               | 79                                                             |
| 10'—11'                                                         | —               | 0,04                          | 0,04                     | 5          | 20                                            | 0,11            | 2,3                               | 17                                                             |
| 11'—12'                                                         | —               | 0,078                         | 0,078                    | 0,3        | 20                                            | 0,23            | 12,5                              | 5                                                              |
| 12'—13'                                                         | —               | 0,116                         | 0,116                    | 1          | 20                                            | 0,34            | 25                                | 30                                                             |
| 13'—14'                                                         | —               | 0,165                         | 0,165                    | 16         | 25                                            | 0,3             | 14                                | 269                                                            |
| 14'—15'                                                         | —               | 0,204                         | 0,204                    | 1          | 25                                            | 0,39            | 22                                | 27                                                             |
| 15'—16'                                                         | —               | 0,24                          | 0,24                     | 0,3        | 32                                            | 0,24            | 7                                 | 3                                                              |
| 16'—17'                                                         | —               | 0,28                          | 0,28                     | 1,5        | 32                                            | 0,3             | 9,5                               | 17                                                             |
| 17'—18'                                                         | —               | 0,326                         | 0,326                    | 9          | 32                                            | 0,35            | 12,5                              | 135                                                            |
| 18'—ТП'                                                         | —               | 0,486                         | 0,486                    | 1,5        | 32                                            | 0,51            | 25,4                              | 46                                                             |
| 11 — ст. 2                                                      | 0,638           | 0,038                         | Σl = 116,2 мм<br>0,676   | 2          | 32                                            | 0,72            | Σ = 7223 мм<br>47                 | 112                                                            |
| Ст. 2 из расчета ст. 1; 652 + 569 + 500 + 417 + 342 + 263 + 245 |                 |                               |                          |            |                                               |                 |                                   |                                                                |
| Ц. ст. 2                                                        | —               | 0,038                         | 0,038                    | 28         | 20                                            | 0,1             | 2,1                               | 88                                                             |
| Ц. ст. 2—11'                                                    | —               | 0,038                         | 0,038                    | 2          | 20                                            | 0,1             | 2,1                               | 6                                                              |
| Σ = 3194                                                        |                 |                               |                          |            |                                               |                 |                                   |                                                                |

связи с этим необходимо внести корректировку скоростей и удельных потерь, не изменяя диаметры подающих труб. Результаты этих расчетов сведены в табл. 77.

Прежде всего производим расчет кольца через стояк № 1.

Диаметры циркуляционных трубопроводов приняты на один или два размера меньше, чем соответствующие диаметры подающих труб. Участки циркуляционных трубопроводов обозначены цифрами с индексом.

Потери напора на всех участках (гр. 9) рассчитываются по формуле (166) с коэффициентом местных потерь  $\alpha = 1,2$ , кроме циркуляционных стояков (Ц. ст.), у которых принято  $\alpha = 1,5$ . Суммарные потери напора в расчетном кольце с учетом повышения шероховатости стенок труб от накипи будут равны  $\Delta H_{\text{под}} = 1,2 \cdot 7223 = 8667 \text{ кгс/м}^2 = 8,7 \text{ м}$ , что не превышает ориентировочный предполагаемый напор  $H_p = 9 \text{ м вод. ст.}$  Суммарные потери напора в водоразборном и циркуляционном стояках от места их присоединения к распределительным трубопроводам (точки

II и II')  $\Delta H_{\text{ст.1}} = 3366 \text{ кгс/м}^2$  лежат в пределах, рекомендуемых СНиП 34—76 и равных 0,2—0,4 кгс/см<sup>2</sup>.

Для проверки увязки потерь напора в трубопроводах водоразборных и циркуляционных стояков с располагаемым перепадом давлений в точках их присоединения к подающим и циркуляционным трубопроводам рассчитываем другие кольца, продолжая табл. 77.

Расчет кольца через стояк № 2

Располагаемый напор в кольце  $H_p = 3366 \text{ кгс/м}^2$ .

Невязка в месте присоединения ст. 2 к магистрали  $\frac{3366 - 3194}{3366} \cdot 100 = 5,1\%$

не превышает допустимой 10%.

Располагаемый напор в кольце через стояк № 3 равен сумме располагаемого напора в месте присоединения стояка № 2 (точки II и II') и потерь напора на участке II—12 подающих и циркуляционных труб, т. е.  $H_p = 3366 + 34 + 5 = 3405 \text{ кгс/м}^2$ .

Падение напора в кольце то же, что и в стояке № 2, и равно 3194 кгс/м<sup>2</sup>. Тогда невязка

$$\frac{3405 - 3194}{3405} \cdot 100 = 6,2\%$$

меньше допустимой.

При располагаемом напоре в кольце через стояк № 4

$$H_p = 3405 + 170 + 30 = 3605 \text{ кгс/м}^2$$

невязка получается  $\frac{3605 - 3194}{3605} \cdot 100 = 11,4\%$ , т. е. больше допустимой. Умень-

шаем диаметр подводки к стояку (участка I3 — ст. 4) до  $d_y = 25 \text{ мм}$ , тогда скорость возрастет до  $w = 1,27 \text{ м/с}$ , а удельные потери — до  $R_{\text{л}} = 201 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$ . Потеря напора в подводке возрастет до

$$201 \cdot 2 \cdot 1,2 = 482 \text{ кгс/м}^2,$$

а в кольце будет равна

$$482 + 2988 + 88 + 6 = 3564 \text{ кгс/м}^2,$$

чему соответствует невязка

$$\frac{3605 - 3564}{3605} \cdot 100 = 1,2\% < 10\%.$$

Проверим еще невязку потерь напора через кольцо ст. 5. Располагаемый напор в кольце

$$H_p = 3605 + 1958 + 269 = 5832 \text{ кгс/м}^2,$$

невязка  $\frac{5832 - 3194}{5832} \cdot 100 = 45,2\%$ . Если уменьшить диаметр подводки до  $d_y = 25 \text{ мм}$ , то невязка уменьшится только до 39%. Увеличение циркуляционного расхода по стояку на 30% (максимальное увеличение, допустимое СНиП II-34-76) не снизит невязку меньше 10%, поэтому необходима установка диафрагмы с перепадом

$$\Delta H_p = 5832 - 3564 = 2268 \text{ кгс/м}^2.$$

Необходимый диаметр диафрагмы определяем по формуле (176)

$$d_g = \sqrt{\frac{G_{\text{ц.ст.5}}}{V \Delta H_p}} \sqrt{\frac{0,038 \cdot 3 \cdot 600 \cdot 10^{-3}}{V 2,268}} = 3,4 \text{ мм} < 10 \text{ мм},$$

где  $G_{\text{ц.ст.5}}$  — циркуляционный расход через стояк № 5, л/с. На циркуляционном стояке № 5 надо установить регулировочный клапан.

Аналогично рассчитываем циркуляционные кольца через остальные стояки. После корректировки диаметров отдельных участков трубопроводов проверяем правильность расчета теплопотерь и определения циркуляционных расходов и вносим необходимые исправления в окончательный расчет.

Уточняем тепловой баланс системы горячего водоснабжения. Вероятность использования водоразборных приборов определяется по формуле (164)

$$P_q = \frac{P}{k_n} = \frac{0,0185}{0,28} = 0,066,$$

значение  $k_n = 0,28$  находим по табл. 36 для смесителя ванны.

$$NP_q = 288 \cdot 0,066 = 19,02; \quad \alpha_q = 6,63.$$

Максимальный часовой расход горячей воды определим по формуле (163)

$$G_q = 18 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 6,63 = 6,68 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный часовой расход тепла системой горячего водоснабжения по формуле (165)

$$Q_{\text{макс}} = 4,19 \cdot 6,68 \cdot 985 \cdot 1 \cdot (55 - 5) + 73\,463 = 1\,451\,931 \text{ кДж/ч} = 346\,672 \text{ ккал/ч},$$

где потери тепла в подающих и циркуляционных трубопроводах  $\Delta Q_n + \Delta Q_c = Q_n = 73\,463 \text{ кДж/ч} = 17\,533 \text{ ккал/ч}$  находим по табл. 76 (гр. 8).

Среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{2,4} = \frac{346\,672}{2,2} = 157\,578 \text{ ккал/ч} = 660\,000 \text{ кДж/ч}.$$

Водомер установлен на вводе водопроводной трубы в подогреватель горячего водоснабжения. Расчетный секундный расход на вводе (без циркуляции)  $q = 2,66 \text{ л/с}$ . Принимаем крыльчатый водомер калибра 40 мм с наибольшим допускаемым секундным расходом 2,8 л/с. Потери напора в водомере по формулам (170)

$$H_{\text{вод}} = Sq^2 = 0,32 \cdot 2,66^2 = 2,3 \text{ м}.$$

Циркуляционный насос устанавливают на подающей магистрали между ступенями подогревателя. Одновременно он может выполнять функции повысительного насоса в случае снижения давления в водопроводе. Производительность насоса принимаем равной секундному расходу на горячее водоснабжение (с учетом циркуляции)

$$G_{\text{ц.п}} = 3600 \cdot 3,15 \cdot 10^{-3} = 11,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем по табл. 38 к установке два насоса ЦНШ-40, один из которых резервный, производительностью 14,8 м<sup>3</sup>/ч и напором 12 м.

#### Пример 6. РАСЧЕТ ГЕНЕРАТОРА МЕСТНОЙ УСТАНОВКИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Требуется найти емкость и тепловую мощность генератора квартирной установки горячего водоснабжения, оборудованной змеевиком в плите (см. рис. 26, в).

Примем расход смешанной горячей воды для одного купания в ванной с душем  $g_{\text{см}} = 300 \text{ л}$  при температуре воды  $t_{\text{см}} = 37^\circ \text{C}$ ; тогда количество тепла на нагрев воды

$$Q_{\text{г.в}} = g_{\text{см}} (t_{\text{см}} - t_x) = 4,19 \cdot 300 (37 - 5) = 40\,224 \text{ кДж} = 9600 \text{ ккал}.$$

Необходимую полезную емкость бака-аккумулятора, обеспечивающую расход горячей воды при работе ванны, определяем по формуле (180), допуская нагрев воды до  $t_r = 80^\circ \text{C}$ .

$$V_{\text{ак}} = 9600 : (80 - 5) = 128 \text{ л}.$$

С целью уменьшения коррозии металла температуру подогрева воды рекомендуется ограничивать  $60-65^\circ \text{C}$ , однако в этом случае установка получится более громоздкой. Емкость бака должна быть  $V_{\text{ак}} = 160 \div 175 \text{ л}$ .

При установке в плите змеевика тепловой производительностью  $Q_{\text{зм}} = 8000 \text{ ккал/ч}$  времени на нагрев воды потребуются

$$9600 \cdot 1,1 : 8000 = 1,33 \text{ ч} \approx 80 \text{ мин}.$$

Расход воды, циркулирующей между баком-аккумулятором и генератором тепла, определяем для наименее выгодного случая по формуле (235):

$$G_p = \frac{Q_{\text{зм}}}{t_r - t_x} = \frac{8000}{95 - 80} = 533 \text{ л/ч}.$$

В случае необходимости установки теплообменника при повышенной жесткости воды поверхность нагрева его змеевика из стальных труб для конечного, наименее выгодного момента водонагрева, определяем по формуле (181)

$$F_{\text{зм}} = 1,1 \frac{Q_{\text{зм}}}{k \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{1,1 \cdot 8000}{200 \left( \frac{95 + 70}{2} - \frac{80 + 5}{2} \right)} = 0,88 \text{ м}^2.$$

#### Пример 7. РАСЧЕТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Требуется определить толщину изоляции из минераловатных матов для распределительного трубопровода горячего водоснабжения, расположенного в подвале жилого дома. Диаметр трубопровода  $d_n = 57 \text{ мм}$ , температура теплоносителя  $t = 50^\circ \text{C}$ , расчетная температура окружающего воздуха  $t_0 = 15^\circ \text{C}$ .

По табл. 42 находим нормированные тепловые потери для  $d_n = 57 \text{ мм}$ ,  $q_n^{+25} = 58,7 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч}$  при  $t_p = 25^\circ \text{C}$ . Производим перерасчет потерь тепла при  $t_0 = +15^\circ \text{C}$  по формуле

$$q_n^{+15} = 58,7 \cdot \frac{50 - 15}{50 - 25} = 82,2 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч}.$$

Полное термическое сопротивление изоляции

$$R_{\text{полн}} = \frac{t - t_p}{q_n^{+15}} = \frac{50 - 15}{82,2} = 0,425 \text{ м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град/кДж}.$$

Термическое сопротивление на наружной поверхности изоляции

$$R_{\text{н.п}} = \frac{1}{\alpha_n d_{\text{из.п}}} = \frac{1}{38 \cdot 0,117 \cdot 3,14} = 0,072 \text{ м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град/кДж};$$

предварительно принята толщина изоляции  $\delta_{\text{из}} = 30 \text{ мм}$ ;  $\alpha_n = 38 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C}$  — коэффициент теплоотдачи;

$$d_{\text{из}} = d_n + 2\delta_{\text{из}} = 57 + 2 \cdot 30 = 117 \text{ мм} = 0,117 \text{ м}$$

— наружный диаметр изоляции.

Термическое сопротивление изоляционного слоя

$$R_{\text{из}} = R_{\text{полн}} - R_{\text{н.п}} = 0,425 - 0,072 = 0,353 \text{ м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град/кДж}.$$

Толщина основного слоя изоляции по формуле (147), принимая  $\lambda_{\text{из}} = 0,34 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$  ( $0,08 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ), будет

$$\begin{aligned} \delta_{\text{из}} &= \frac{e^{2\pi \lambda_{\text{из}} R_{\text{из}}} - 1}{2} \cdot d_n \cdot \frac{2,71^{2,3 \cdot 14 \cdot 0,34 \cdot 0,353} - 1}{2} \cdot 0,057 = \\ &= \frac{2,71^{0,754} - 1}{2} \cdot 0,057 = \frac{2,12 - 1}{2} \cdot 0,057 = 0,0314 \text{ м} = 32,0 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Поскольку полученная толщина изоляции мало отличается от предварительно принятой, пересчета не делаем.

## Пример 8. РАСЧЕТ ВОДОСТОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Водосточный стояк с воронкой диаметром 100 мм запроектированы по схеме, приведенной на рис. 48, а. Кровля плоская, водосборная площадь 700 м<sup>2</sup>, здание производственное расположено в г. Киеве. Разность отметок кровли и выпуска  $H = 20$  м, длина выпуска  $l = 12$  м. Трубы чугунные.

Расчетный расход с водосборной площади определяется по формуле (227)

$$Q_{\text{расч}} = \frac{F \cdot q_{20}}{10\,000} = \frac{700 \cdot 100}{10\,000} = 7 \text{ л/с.}$$

Здесь величина  $q_{20}$  для Киева равна 100 л/с с 1 га.

Полное сопротивление системы определяем по формуле (231)

$$S_0 = A_l + A_m \Sigma \xi = 0,000365 \cdot 32 + 0,00083 \cdot 5,15 = 0,0159,$$

где для чугунных труб диаметром 100 мм  $A = 0,000365$  (табл. 62), полная длина трубопровода  $l = 20 + 12 = 32$  м; удельные местные сопротивления  $A_m = 0,00083$  (табл. 63); сумма местных сопротивлений водосточной воронки, двух отступов, колена и выпуска соответственно равна

$$\Sigma \xi = 1,5 + 2 \cdot 1 + 0,65 + 1 = 5,15.$$

Определяем критический расход дождевых вод для данной системы

$$Q_{\text{кр}} = \sqrt{H/S_0} = 20 : 0,0159 = 35,4 \text{ л/с.}$$

Условие  $Q_{\text{расч}} < Q_{\text{кр}}$  выполнено со значительным запасом. Однако уменьшить диаметр стояка и выпуска по конструктивным соображениям невозможно, так как минимальный диаметр стояка для промышленного здания 100 мм и выпуска соответственно.

II. Система из четырех воронок и подвесной линии запроектирована по схеме, приведенной на рис. 48, г. Кровля плоская, водосборная площадь на одну воронку 700 м<sup>2</sup>, здание производственное расположено в г. Киеве. Разность отметок кровли и оси подвесной линии равняется 1,5 м. Трубы пластмассовые и воронки диаметром 100 мм.

Расчетный расход с водосборной площади определяется по формуле (227)

$$Q_{\text{расч}} = \frac{F \cdot q_{20}}{10\,000} = \frac{700 \cdot 100}{10\,000} = 7 \text{ л/с.}$$

Здесь величина  $q_{20}$  для Киева равна 100 л/с с 1 га.

Полное сопротивление системы определяем по формуле (231)

$$S_0 = A_l + A_m \Sigma \xi = 0,000111 \cdot 1,5 + 0,00083 \cdot 2,5 = 0,00268,$$

где для пластмассовых труб диаметром 100 мм  $A = 0,000111$  (табл. 62);  $A_m = 0,00083$  (табл. 63); сумма местных сопротивлений (табл. 64) воронки и выхода в трубу  $\Sigma \xi = 1,5 + 1 = 2,5$ .

Критический расход определяем по формуле (62)

$$Q_{\text{кр}} = \sqrt{H/S_0} = 1,5 : 0,00268 = 23,6 \text{ л/с.}$$

Условие  $Q_{\text{расч}} < Q_{\text{кр}}$  выполнено со значительным запасом. Однако уменьшать диаметр водосточной воронки для промышленных зданий не следует.

Подвесной трубопровод следует рассчитывать как самотечный, принимая расход от каждой воронки 7 л/с. Суммарный расход равен 28 л/с.

При уклоне  $i = 0,01$  (минимальный уклон  $i = 0,005$ ) диаметр конечного участка подвесного трубопровода для расхода 28 л/с должен быть равен 200 мм. Такого же диаметра следует принимать стояк и выпуск в колодец.

## Глава 14. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Объем технической документации по разделу «Внутренний водопровод и канализация», входящему в состав отдельных стадий проектной документации для жилищного и гражданского строительства, определяется СН 401—69, для промышленного

строительства — СН 202-81\*. Типовое проектирование для промышленного строительства разрабатывается в соответствии с инструкцией СН 227-70.

Техническая документация санитарно-технических устройств здания или сооружения на стадии проекта должна содержать следующие материалы:

планы зданий в масштабах 1 : 100 или 1 : 200 с указанием размещения санитарно-технического оборудования, трубопроводов и других устройств;  
эскизные чертежи отдельных установок (резервуаров, насосных и т. д.);  
пояснительную записку, в которой кратко описаны системы и устройства, а также приведены расчеты оборудования (насосов, регулирующих баков, компрессоров и др.), данные о расходе воды, тепла на горячее водоснабжение, электроэнергию; ведомость объемов санитарно-технических работ и спецификацию оборудования и материалов;

заявочную ведомость на оборудование;

сметы;

чертежи систем водопровода и канализации зданий, выполняются в соответствии с требованиями стандартов Системы проектной документации для строительства (СПДС).

При разработке рабочей документации систем внутреннего водопровода и канализации следует руководствоваться ГОСТ 21.106—79 «Водопровод и канализация. Рабочие чертежи».

В состав основного комплекта рабочих чертежей входит заглавный лист (общие данные), планы систем водопровода и канализации, схемы систем водопровода и канализации, а также планы, разрезы, и схемы установок систем водопровода и канализации.

Масштабы изображений на чертежах должны соответствовать приведенным данным выводом и приниматься минимальными в зависимости от сложности изображения, но обеспечивать четкость копий при современных способах размножения чертежей.

### Масштабы изображений на чертежах

|                                                                              |                               |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Планы систем водопровода и канализации . . .                                 | 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400     |
| Фрагменты планов систем водопровода и канализации . . .                      | 1 : 50; 1 : 100               |
| Схемы систем водопровода и канализации . . .                                 | 1 : 100; 1 : 200              |
| Планы, разрезы и схемы установок систем водопровода и канализации . . .      | 1 : 50; 1 : 100               |
| Узлы . . .                                                                   | 1 : 20; 1 : 50                |
| То же, при детальном изображении . . .                                       | 1 : 2; 1 : 5; 1 : 10          |
| Общие виды нетиповых конструкций и нестандартизированного оборудования . . . | 1 : 5; 1 : 10; 1 : 20; 1 : 50 |

Элементы систем водопровода и канализации, а также трубопроводы на чертежах показывают основной линией, строительные конструкции и технологическое оборудование — тонкой линией.

Видимые участки проектируемого трубопровода обозначают сплошной основной линией, соответствующей его оси; невидимые (подземные, проходящие в каналах и т. д.) — штриховой линией той же толщины.

Буквенно-цифровые обозначения систем и сетей водопровода и канализации

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Водопровод:                                  |     |
| общее назначение . . . . .                   | B0  |
| хозяйственно-питьевой . . . . .              | B1  |
| противопожарный . . . . .                    | B2  |
| производственный, общее назначение . . . . . | B3  |
| » оборотной воды, подающей . . . . .         | B4  |
| » оборотной воды, обратной . . . . .         | B5  |
| » умягченной воды . . . . .                  | B6  |
| » речной воды . . . . .                      | B7  |
| » речной и осветленной воды . . . . .        | B8  |
| » подземной воды . . . . .                   | B9  |
| Канализация:                                 |     |
| общее назначение . . . . .                   | K0  |
| бытовая . . . . .                            | K1  |
| дождевая . . . . .                           | K2  |
| производственная, общее назначение . . . . . | K3  |
| » механически загрязненных вод . . . . .     | K4  |
| » иловых . . . . .                           | K5  |
| » шламодержащих вод . . . . .                | K6  |
| » химически загрязненных вод . . . . .       | K7  |
| » кислых вод . . . . .                       | K8  |
| » щелочных вод . . . . .                     | K9  |
| » кислотоупорных вод . . . . .               | K10 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Канализация цианосодержащих вод . . . . .                                             | K11 |
| » хромосодержащих вод . . . . .                                                       | K12 |
| Трубопровод горячей воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения: подающий . . . . . | T3  |
| циркуляционный . . . . .                                                              | T4  |
| Трубопровод горячей воды для технологических процессов: подающий . . . . .            | T5  |
| обратный . . . . .                                                                    | T6  |

Примечания: 1. В том случае, когда хозяйственно-питьевой или производственный водопровод является одновременно и противопожарным, ему присваивают обозначение хозяйственно-питьевого или производственного водопровода, а назначение разъясняют на чертежах.  
2. Для трубопроводов систем водопровода и канализации, не предусмотренных здесь, следует принимать обозначение с порядком нумераций в продолжение указанных.  
3. Если требуется показать, что участок сети канализации является напорным, буквенно-цифровые обозначения дополняются прописной буквой «Н» (например, K4Н).

Установкам систем дается обозначение, состоящее из номера установки в пределах системы и обозначения системы (например, 1В5, 2В5).

В наименованиях ввода водопровода и выпусков канализации на планах и схемах необходимо указывать обозначение системы и номер ввода (выпуска) в пределах

Таблица 78. Основные показатели по чертежам водопровода и канализации

| Наименование системы | Потребный напор на вводе, м | Расчетные расходы |      |     |                     | Установочная мощность электродвигателей, кВт | Примечания |
|----------------------|-----------------------------|-------------------|------|-----|---------------------|----------------------------------------------|------------|
|                      |                             | м³/сут            | м³/ч | л/с | при по-<br>жаре л/с |                                              |            |
|                      |                             |                   |      |     |                     |                                              |            |

системы, например: ввод В1-1; ввод В1-2; выпуск К1-1; выпуск К1-2, стояки систем обозначают маркой СТ с добавлением обозначения системы и порядкового номера системы, например: СТ.В1-1, СТ.В1-2.

В необходимых случаях проставляются номера санитарных приборов (независимо от назначения и типа прибора) пожарных и поливочных кранов, водосточных воронок или указываются на схемах систем позиционные обозначения, приведенные в спецификации систем. Буквенно-цифровое обозначение трубопроводов проставляется в разрывах линий.

Допускается при необходимости проставлять буквенно-цифровое обозначение на полках (линий-выносок).

Обозначения диаметра трубопровода наносятся на полке линии-выноски.

В том случае, когда на полке линии-выноски наносится буквенно-цифровое обозначение трубопровода, диаметр трубопровода указывается под полкой линии выноски.

Количество проставляемых буквенно-цифровых обозначений трубопроводов должно быть минимальным, но обеспечивающим понимание чертежа и удобство пользования им.

Заглавный лист проекта должен включать следующие общие данные:

основные показатели по чертежам водопровода и канализации по форме 2 ГОСТ 21601—79 (см. табл. 78);

данные по производственному водопотреблению и водоотведению, которые выполняются по форме ГОСТ 21.601—79 (см. табл. 79);

общие указания, в которых ссылаются на строительные нормы и правила (СНиП) и другие нормативные документы, по которым произведен расчет систем водопровода и канализации; приводят характеристики установок систем и требования к изготовлению, монтажу, окраске и изоляции трубопроводов; спецификацию систем, составленную по ГОСТ 21.104—79.

Таблица 79. Данные по производственному водопотреблению и водоотведению

| Намер потребителя по плану | Потребитель | Количество потреби-<br>телей | Количество часов<br>работы в сутки | Водопотребление                 |                                                 |                            |                                                 |                                                        |      |     |                                                 |      |     |  |
|----------------------------|-------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------|-----|-------------------------------------------------|------|-----|--|
|                            |             |                              |                                    | Требования к качест-<br>ву воды | Потребный напор у<br>потребителя, м вод.<br>ст. | Режим водопотреб-<br>ления | Расход воды на од-<br>ного потребителя,<br>м³/ч | из хозяй-<br>ственно-<br>питьевого<br>водопро-<br>вода |      |     | из произ-<br>водствен-<br>ного водо-<br>провода |      |     |  |
|                            |             |                              |                                    |                                 |                                                 |                            |                                                 | м³/сут                                                 | м³/ч | л/с | м³/сут                                          | м³/ч | л/с |  |
|                            |             |                              |                                    |                                 |                                                 |                            |                                                 |                                                        |      |     |                                                 |      |     |  |

| Характеристи-<br>ка сточных<br>вод | Режим<br>водоотве-<br>дения | В бытовую канализа-<br>цию |      |     | В производ-<br>ственную канализацию |      |     | Концентрация<br>загрязнений<br>сточных вод<br>после локаль-<br>ных очистных<br>сооружений,<br>мг/л | Примеча-<br>ние |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|-----|-------------------------------------|------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                    |                             | м³/сут                     | м³/ч | л/с | м³/сут                              | м³/ч | л/с |                                                                                                    |                 |
|                                    |                             |                            |      |     |                                     |      |     |                                                                                                    |                 |
|                                    |                             |                            |      |     |                                     |      |     |                                                                                                    |                 |

Пример оформления спецификации приведен в табл. 80.

Сводную спецификацию систем водопровода и канализации составляют по разделам: водопровод; горячее водоснабжение; канализация.

Названия и материалы в каждом разделе записываются по системам.

В каждой системе элементы систем и материалы заносятся по группам: оборудо-  
вание; приборы; арматура; трубопроводы по каждому диаметру и материалы.

Таблица 80. Сводная спецификация систем водопровода и канализации

| Марка, пози-<br>ция | Обозначение                    | Наименование                                                                                                            | Коли-<br>чество | Масса<br>едини-<br>цы, кг | Приме-<br>чание |
|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| В-1                 | Водопровод                     | хозяйственно-питьевой                                                                                                   |                 |                           |                 |
| 1                   | Ереванский насос-<br>ный завод | Насос центробежный 2КМ-20/30 с электродвигателем АОЛ 2-32-2 n = 2880 об/мин, N = 4 кВт                                  | 3               | 106                       | Комп-<br>лект   |
| 2                   | 30ч6бр                         | Задвижка параллельная с выд-<br>вижным шпинделем фланцевая<br>Ø100                                                      | 5               |                           |                 |
| 3                   |                                | Трубопровод из водогазопровод-<br>ных труб ГОСТ 3262—75 Ø15                                                             | 21              |                           | м               |
| К-3                 | 1                              | Канализация производственная<br>Трубопровод из чугунных кана-<br>лизационных труб ГОСТ 6942.<br>3—69 Ø50<br>То же, Ø100 | 43<br>78        |                           | м<br>м          |

В спецификации оборудование, приборы и арматура принимаются в шт. или компл.; трубопроводы — м; материалы изоляционные — м<sup>2</sup>; материалы покрытий или защиты — м<sup>2</sup>; другие материалы — кг.

Планы систем холодного и горячего водопровода, как правило, совмещают с системами канализации.

Трубопроводы, расположенные друг над другом, условно изображают параллельными линиями.

Оборудование систем (насосы, баки) на планах указывают в виде упрощенных графических изображений, другие элементы систем условными графическими изображениями.

Трубопроводы диаметром более 100 мм на фрагментах, выполняемых в масштабе 1:50, и узлах показывают двумя линиями.

Планы систем водопровода и канализации выполняют на архитектурно-строительных планах с указанным технологическим оборудованием, к которому подводят воду или отводят сточную воду, а также влияющее на прокладку трубопроводов.

На планы и их фрагменты и узлы наносят: размерные привязки установок систем; вводов водопровода и выпусков канализации, основных трубопроводов, стояков (на планах подвала, техподполья), санитарных приборов, пожарных кранов к координатным осям или элементам конструкций; диаметры трубопроводов, вводов водопровода и выпусков канализации; обозначение стояков систем.

На планах, кроме того, следует указывать наименование помещений и категорию производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности (в прямоугольнике размером 5 × 8 мм). Допускается помещения и категорию производств именовать в экспликации помещений. Примеры оформления планов и фрагмента систем приведены на рис. 56.

Схемы систем водопровода и канализации выполняют в аксонометрической фронтальной проекции, отдельно для каждой системы водопровода и канализации.

Допускается совмещать схемы систем хозяйственно-питьевого водопровода со схемами систем горячего водоснабжения.

Для жилых и общественных зданий взамен схем допускается выполнять разрезы систем канализации.

На схемах элементы систем изображают условными графическими обозначениями.

При большой протяженности или сложном расположении трубопроводов допускается изображать их с разрывом в виде пунктирной линии. Места разрывов трубопроводов обозначают строчными буквами.

На схемах систем водопровода и канализации указывают: вводы (выпуски) с указанием диаметров и отметок осей (лотков) трубопроводов в местах пересечения их с осями наружных стен зданий (на системах канализации указывается также уклон и длина выпуска);

трубопроводы и их диаметры; отметки осей (лотков) трубопроводов; уклоны трубопроводов; размеры горизонтальных участков трубопроводов при наличии разрывов; нетиповые крепления с указанием на полке линии-выноски обозначения крепления, а под полкой обозначения документа; стояки систем с указанием на полке линии-выноски обозначения стояка и его диаметра;

на системах водопровода — запорно-регулирующую арматуру, оборудование, контрольно-измерительные приборы, пожарные и поливочные краны; на системах канализации — санитарные приборы, водосточные и сливные воронки, смотровые и ревизионные колодцы (внутри здания), прочистки, ревизии, гидрозатворы и другие элементы систем.

Примеры оформления схем систем водопровода и канализации показаны на рис. 57.

На планах, разрезах и узлах установок систем водопровода и канализации (насосных, очистки стоков, подготовки воды и др.) элементы установок изображают упрощенно.

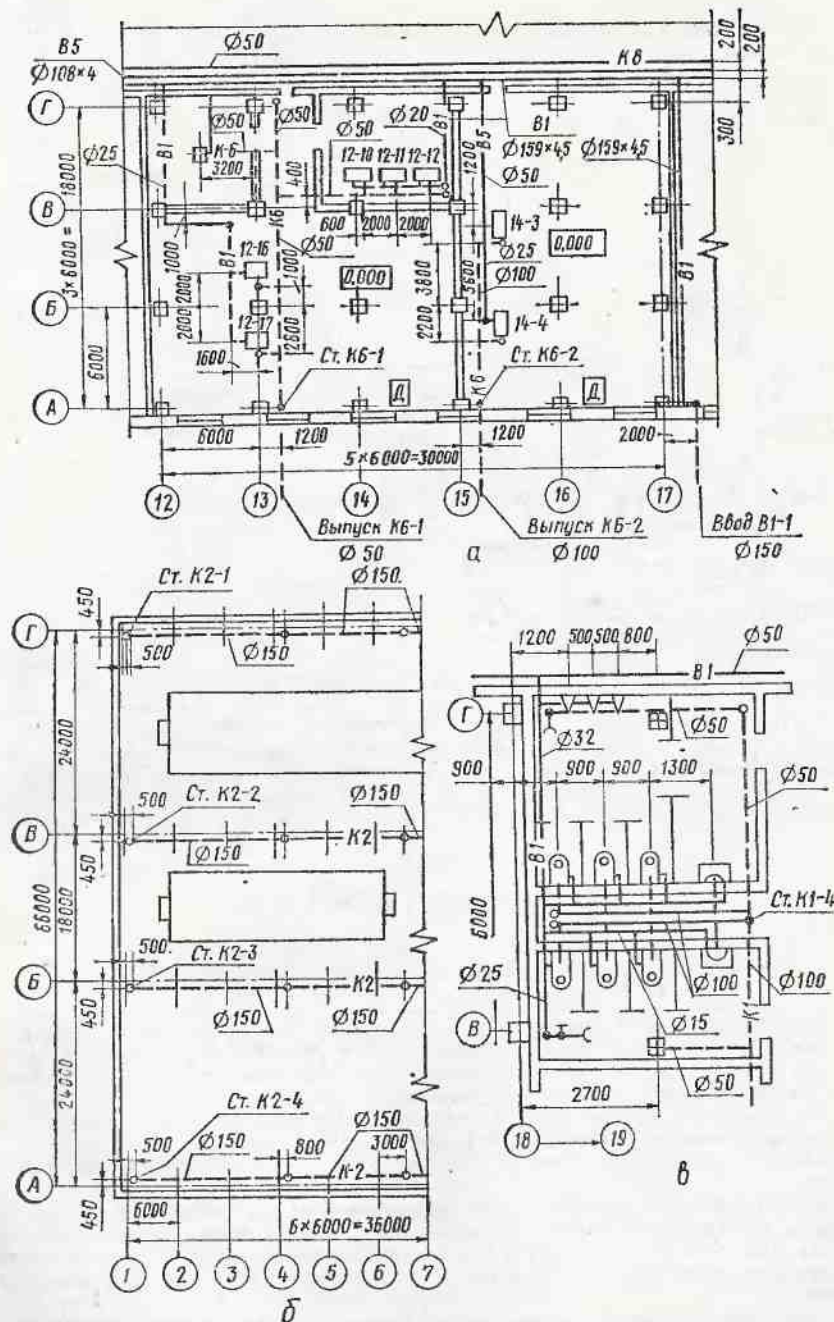


Рис. 56. Пример оформления планов систем водопровода и канализации: а — план на отм. 0.000; б — план кровли; в — фрагмент плана.

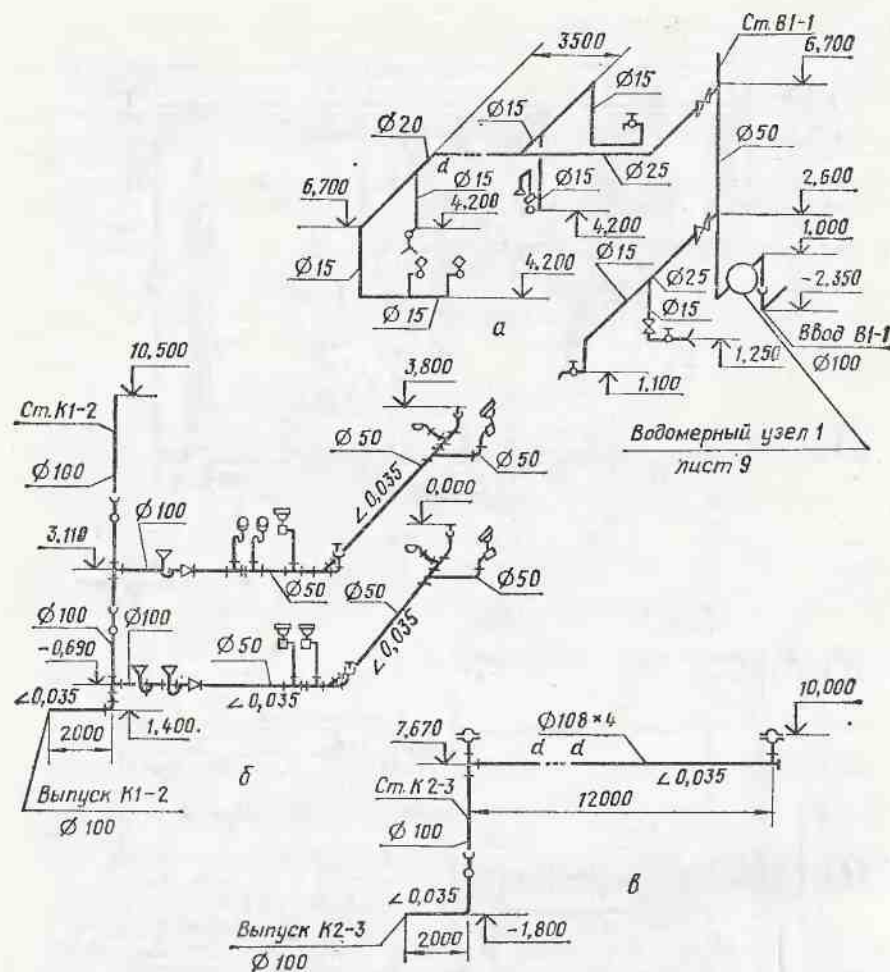


Рис. 57. Пример оформления схем систем водопровода и канализации:  
а — схема системы хозяйственно-питьевого водопровода; б — схема системы бытовой канализации; в — схема системы дождевой канализации.

При необходимости показа способов крепления составных частей установок или их соединения между собой соответствующие элементы изображают детально. На схемах элементы установок изображают условными графическими обозначениями (в аксонометрическом изображении).

На планах и разрезах установок систем следует указывать:  
координационные оси здания и расстояния между ними;  
основные размеры, отметки и привязки установок к координационным осям зданий.

Трубопроводы на планах и разрезах установок изображают одной линией при диаметре трубопровода до 100 мм и двумя линиями — при диаметре более 100 мм. На планах и разрезах, кроме элементов установок, указывают строительные конструкции и отборные устройства для установок контрольно-измерительных приборов.

Элементы установок систем следует присваивать позиционные обозначения, состоящие из обозначения установки и порядкового номера элемента в пределах установок, например: 1В5.1; 1В5.2; 2В5.1; 2В5.2.

Спецификацию установок систем помещают, как правило, на чертеже планов установок (см. табл. 81).

Таблица 81. Спецификация установок систем водопровода и канализации

| Марка | Обозначение              | Наименование                                                                                    | Количество | Масса единицы, кг | Примечание |
|-------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|------------|
| 1 КЧ  |                          |                                                                                                 |            |                   |            |
| 1КЧ.1 | Рыбинский насосный завод | Насос центробежный фекальный ФГ 57.5/9.5 с электродвигателем 4А100Л4 n = 1450 об/мин, N = 4 кВт | 2          | 145               | Комплект   |
| 1КЧ.2 | 30ч6бр                   | Задвижка параллельная с выдвижным шпинделем фланцевая Ø150                                      | 1          |                   | шт.        |
| 1КЧ.3 | Серия 3.901-8,1          | Затвор щитовой для лотка 200×300                                                                | 1          |                   | шт.        |

На чертежах установок систем, при необходимости, указывают технические требования к монтажу установок.

В наименовании установок систем дают обозначения установок.

В основной надписи наименование установок указывается полностью, например: «Установка систем 1В5, 1К3, 2К2».

Чертежи общих видов не типовых конструкций и нестандартизированного оборудования выполняют в объеме, необходимом для разработки рабочей документации, заводы-изготовители или строительно-монтажные организации.

На общих видах показывают конструкции и оборудование в упрощенном графическом изображении с основными размерами.

В текстовых указаниях приводятся нагрузки на конструкцию, требования к материалам и обработке поверхностей, данные о рабочей среде и др.

Нумерацию не типовых конструкций и нестандартизированного оборудования принимают сквозной в пределах каждого вида конструкции (оборудования).

Номер конструкции (оборудования) включается в ее наименование, например: «Отстойник 1», «Отстойник 2», «Бак 1».

## Раздел пятый

### Санитарно-техническое оборудование

#### Глава 15. ТРУБЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ К НИМ

Для соединения стальных труб, имеющих трубную резьбу, применяют следующие соединительные части (фитинги):

из ковкого чугуна — угольники (ГОСТ 8946—75; ГОСТ 8947—75), тройники (ГОСТ 8948—75; ГОСТ 8940—75; ГОСТ 8950—75), кресты (ГОСТ 8951—75; 8952—75; 8953—75); муфты (ГОСТ 8954—75; ГОСТ 8955—75; ГОСТ 8956—75; 8957—75); ниппели (ГОСТ 8958—75); гайки соединительные (ГОСТ 8959—75); футорки (ГОСТ 8960—75); контргайки (ГОСТ 8961—75); колпаки (ГОСТ 8962—75); пробки (ГОСТ 8963—75);

из стали — муфты (ГОСТ 8966—75), ниппели (ГОСТ 8967—75), контргайки (ГОСТ 8968—75), стоны (ГОСТ 8969—75) (табл. 82, 83).

Чугунные фасонные части, которые используются при монтаже чугунных труб, относятся к ГОСТ 5525—61. Сокращенное обозначение фасонных

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие                                                                        | 3   |
| <b>Раздел I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ</b>                                     | 5   |
| <b>Глава 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАКОНЫ</b>                                               | 5   |
| Физические свойства воды                                                           | 5   |
| Гидростатическое давление. Пьезометрическая высота. Вакуум                         | 8   |
| Движение жидкости                                                                  | 13  |
| Гидравлические сопротивления при напорном движении жидкости                        | 17  |
| Гидравлические сопротивления при безнапорном движении жидкости                     | 30  |
| Минимальные и максимальные допустимые средние скорости течения безнапорных потоков | 34  |
| Истечение жидкости из отверстий и насадков                                         | 36  |
| Требования, предъявляемые к качеству воды                                          | 39  |
| <b>Глава 2. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТИ</b>                                         | 41  |
| Методы и устройства для измерения расхода жидкости                                 | 41  |
| Выбор и расчет счетчиков                                                           | 55  |
| Водомерные узлы                                                                    | 55  |
| <b>Раздел II. ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b>                                                    | 56  |
| <b>Глава 3. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ</b>                          |     |
| Внутренний водопровод производственных и вспомогательных зданий                    | 56  |
| Внутренний водопровод жилых и общественных зданий                                  | 59  |
| Внутренний водопровод высотных зданий                                              | 61  |
| <b>Глава 4. ХОЛОДНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b>                                             | 62  |
| Устройство вводов                                                                  | 62  |
| Прокладка и крепление сетей и стояков. Изоляция трубопроводов                      | 64  |
| Защита трубопроводов от коррозии                                                   | 68  |
| Материал сетей внутреннего водопровода и арматура                                  | 70  |
| Свободные напоры и регулирование давления                                          | 72  |
| <b>Глава 5. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b>                                      | 74  |
| Противопожарное водоснабжение жилых, общественных и производственных зданий        | 74  |
| Противопожарное водоснабжение высотных зданий                                      | 77  |
| <b>Глава 6. ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b>                                              | 79  |
| Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения                                 | 79  |
| Определение расчетных расходов воды и тепла                                        | 86  |
| Устройство систем горячего водоснабжения                                           | 88  |
| Гидравлический расчет трубопроводов систем горячего водоснабжения                  | 90  |
| Расчет и подбор баков-аккумуляторов                                                | 94  |
| Тепловая изоляция трубопроводов                                                    | 97  |
| <b>Глава 7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА</b>               | 98  |
| Методика расчета                                                                   | 98  |
| Определение расчетных расходов                                                     | 101 |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Нормы водопотребления                                                                                          | 112 |
| Определение диаметров трубопроводов и потерь напора                                                            | 112 |
| <b>Глава 8. ПОВЫСИТЕЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>                                                | 113 |
| Проектирование и расчет повысительных установок                                                                | 113 |
| Насосные и пневматические повысительные установки                                                              | 115 |
| Водонапорные баки и резервуары                                                                                 | 117 |
| <b>Раздел III. ВОДООТВЕДЕНИЕ</b>                                                                               | 121 |
| <b>Глава 9. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДООТВЕДЕНИЯ</b>                                                      | 121 |
| Внутренняя канализация жилых и общественных зданий                                                             | 121 |
| Внутренняя канализация производственных зданий                                                                 | 125 |
| Внутренние водостоки                                                                                           | 128 |
| Требования, предъявляемые к системам водоснабжения и водоотделения в особых природных и климатических условиях | 129 |
| <b>Глава 10. ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ</b>                                                                        | 133 |
| Трубопроводы и фасонные части для устройства сетей внутренней канализации                                      | 133 |
| Прокладка и крепление труб и установка санитарно-технических приборов                                          | 134 |
| Санитарно-технические приборы и их установка                                                                   | 136 |
| Устройство выпусков                                                                                            | 138 |
| Локальные установки для очистки и перекачки сточных вод                                                        | 140 |
| Расчет канализационных сетей                                                                                   | 143 |
| Расчет канализационных стояков                                                                                 | 145 |
| <b>Глава 11. ВНУТРЕННИЕ ВОДОСТОКИ</b>                                                                          | 146 |
| Конструирование внутренних водостоков                                                                          | 146 |
| Расчет внутренних водостоков                                                                                   | 149 |
| <b>Раздел IV. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ</b>                             | 151 |
| <b>Глава 12. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b>                                                                     | 151 |
| <b>Глава 13. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ</b>                                                                              | 152 |
| Пример 1. Расчет санаторного комплекса                                                                         | 152 |
| Пример 2. Расчет предприятия общественного питания                                                             | 168 |
| Пример 3. Расчет бани                                                                                          | 170 |
| Пример 4. Расчет водоснабжения и водоотделения здания высшего учебного заведения                               | 177 |
| Пример 5. Расчет системы горячего водоснабжения 8 этажного жилого дома                                         | 183 |
| Пример 6. Расчет генератора местной установки горячего водоснабжения                                           | 190 |
| Пример 7. Расчет теплоизоляции трубопровода горячего водоснабжения                                             | 191 |
| Пример 8. Расчет водосточных систем                                                                            | 192 |
| <b>Глава 14. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ</b>                                                                           | 192 |
| <b>Раздел V. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>                                                            | 199 |
| <b>Глава 15. ТРУБЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ К НИМ</b>                                                            | 199 |
| <b>Глава 16. АРМАТУРА. САНИТАРНЫЕ ПРИБОРЫ И ДЕТАЛИ</b>                                                         | 212 |
| <b>Глава 17. НАСОСЫ</b>                                                                                        | 226 |
| Насосы центробежные типа К и КМ                                                                                | 226 |
| Вихревые насосы                                                                                                | 226 |
| Насосы фекальные марки «Ф»                                                                                     | 226 |
| Список литературы                                                                                              | 253 |