П. Ю. ГАМБУРГ

ТАБЛИЦЫ И ПРИМЕРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Издание второе

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва 1961

Научный редактор—инж. Д. С. КАЦМАН

В книге приводятся таблицы для расчета трубопроводов систем водяного и парового отопления, а также горячего водоснабжения. В отличие от первого издания книга дополнена таблицами для расчета трубопроводов диаметром 10 и 159/4,5 *мм*, графиками для определения количества затекающей воды в нагревательные приборы, а также примерами расчетов нагревательных приборов и системы парового отопления высокого давления промышленного здания. Все примеры переработаны с учетом новых данных по коэффициентам местных сопротивлений.

Книга рассчитана на инженеров и техников, занимающихся проектированием систем отопления и горячего водоснабжения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава I. **Течение среды в трубопроводах** 5
1. Состояние течения . . . . . —
2. Падение давления от трения в прямолинейной трубе . . . . . —
3. Шероховатость стальных труб 13
4. Методика построения таблиц 14

Глава II. **Расчет сети трубопроводов водяного отопления** 19

1. Основные принципы гидравлического расчета трубопроводов . . . . . —
2. Вспомогательное оборудование 28
3. Расчет двухтрубных систем водяного отопления 31
4. Расчет однотрубных систем водяного отопления 47

Глава III. **Расчет трубопроводов парового отопления и конденсатопроводов** 73

1. Расчет системы парового отопления низкого давления с центральным регулированием . . . . . —
2. Расчет системы парового отопления высокого давления 75
3. Расчет конденсатопроводов 86

Глава IV. **Нагревательные приборы** 90

1. Определение поверхности нагрева отопительных приборов . . . . . —
2. Определение коэффициентов теплоотдачи нагревательных приборов 91

Расчетные таблицы 97

I. Расчет трубопроводов водяного отопления при $\Delta t=1°$, $t_{воды}=95°$ и $K=0{,}2$ *мм* 98
II. Расчет трубопроводов водяного отопления при $\Delta t=1°$, $t_{воды}=130°$ и $K=0{,}2$ *мм* 110
III. Потери давления z в *кг/м²* в местных сопротивлениях при расчете трубопроводов водяного отопления ($\gamma_{ср}=983{,}2$ *кг/м³*) 120
IV. Расчет трубопроводов парового отопления низкого давления при $K=0{,}2$ *мм* 124
V. Потери давления z в *кг/м²* в местных сопротивлениях при расчете трубопроводов парового отопления низкого давления 130
VI. Расчет трубопроводов парового отопления высокого давления при $K=0{,}2$ *мм* 132
VII. Значения эквивалентных длин (в *м*) местных сопротивлений при расчете трубопроводов парового отопления высокого давления при $K=0{,}2$ *мм* 148
VIII. Значения вспомогательных величин $\frac{R'l}{1\,000}=\frac{p_1-p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* для расчета парового отопления при давлении от 0,8 до 9 *ат* . . . . .
IX. Значения $\frac{R'l}{1\,000}=\frac{p_1-p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* при давлении от 3 до 3,5 *ат* 149
X. Значения $\frac{R'l}{1\,000}=\frac{p_1-p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* при давлении от 2,5 до 3 *ат* 150
XI. „ . . . . . от 2 до 2,5 *ат* 151
XII. „ . . . . . „ 1,5 „ 2 „ 152
XIII. Значения $\frac{R'l}{1\,000}=1\,000\,\gamma_{ср}$ *кг/м²* при давлении от 1 до 1,5 *ат* 153
XIV. Значения $\frac{R'l}{1\,000}=\frac{p_1-p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* при давлении от 0,64 до 1 *ат* 154
XV. „ от 0,2 до 0,6 *ат* 155
XVI. Расчет напорных конденсатопроводов при $K=0{,}5$ *мм* 156
XVII. То же, при $K=1$ *мм* 164
XVIII. Расчет трубопроводов горячего водоснабжения при $K=1$ *мм* 172
Приложения 180

ПРЕДИСЛОВИЕ

Во втором издании «Таблиц и примеров для расчета трубопроводов отопления и горячего водоснабжения» учтены замечания некоторых организаций и отдельных читателей о необходимости дополнения таблиц рядом данных, связанных с расчетом систем отопления.

В связи с изложенным книга дополнена:

1) расчетными таблицами для трубопроводов диаметром 10 и 159/4,4 *мм*, что даст возможность лучше увязывать давления между отдельными кольцами систем отопления;

2) графиками для определения количества затекания воды в нагревательные приборы однотрубных систем водяного отопления с учетом новых коэффициентов местных сопротивлений;

3) расчетом шайб, устанавливаемых на замыкающих участках, что дает возможность увеличить количество затекающей воды в нагревательные приборы и этим сократить их поверхность нагрева;

4) примером расчета системы парового отопления высокого давления для промышленного здания;

5) методом расчета нагревательных приборов в *экм* с обязательным учетом теплоотдачи трубопроводов систем отопления, проложенных открыто в отапливаемых помещениях, и с примерами расчета нагревательных приборов;

6) таблицами для определения теплоотдачи гладких трубопроводов, наполненных водой и паром;

7) примерами расчетов редукционного клапана, компенсатора, конденсатоотводчика и конденсационного бака.

Все примеры первого издания переработаны с учетом новых коэффициентов местных сопротивлений по данным Научно-исследовательского института санитарной техники Академии строительства и архитектуры СССР и других организаций; исключена таблица из расчета систем водяного отопления с перепадом температур $\Delta t = 25°$, так как при расчетах можно пользоваться таблицей с перепадом температур $\Delta t = 1°$.

Приношу свою благодарность доценту В. Н. Богословскому за ценные указания при рецензировании работы и выражаю свою признательность инженерам Д. С. Кацману за его большой труд при редактировании работы и Л. М. Зусмановичу за помощь по подбору данных для коэффициентов местных сопротивлений.

Замечания и отзывы по второму изданию прошу направлять по адресу: Москва К-12, Рыбный пер. 3, Госстройиздат.

Глава I

ТЕЧЕНИЕ СРЕДЫ В ТРУБОПРОВОДАХ

1. СОСТОЯНИЕ ТЕЧЕНИЯ

Течение среды в трубопроводе может быть двоякого вида:

а) параллельно-струйное или, как его принято называть, ламинарное;

б) беспорядочное, вихревое, или турбулентное.

При течении среды в прямом трубопроводе переход от одного состояния течения к другому происходит внезапно (скачкообразно). Состояние, при котором происходит изменение течения, называется критическим состоянием.

Изменение характера движения для каждой среды зависит не только от скорости течения, но и от диаметра трубы, по которой среда движется. С увеличением диаметра в два раза критическое состояние наступает при вдвое меньшей скорости. Кроме того, некоторое влияние на характер движения оказывают плотность и абсолютная вязкость движущейся среды.

Многочисленные исследования показали, что критическое состояние наступает, когда значение числа Рейнольдса достигает примерно 2 300.

Безразмерная величина числа Рейнольдса определяется формулой

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu}, \qquad (1)$$

где w — скорость течения среды в *м/сек*;

d — диаметр трубопровода в *м*;

ν — кинематическая вязкость среды в $м^2/сек$;

ρ — плотность среды в $кг\ сек^2/м^4$;

μ — динамическая вязкость среды в $кгсек/м^2$.

2. ПАДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ОТ ТРЕНИЯ В ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ТРУБЕ

Рассматривая течение среды на отрезке прямолинейной трубы, можно наблюдать, что в силу наличия трения о стенки давление, под которым происходит течение среды, постепенно уменьшается по мере удале-

ния от начала трубопровода. Разность между начальным и конечным давлениями выражается формулой

$$R = \frac{p_1 - p_2}{\Sigma l} \text{ кг/м}^2, \qquad (2)$$

где R — падение давления вследствие трения о стенки на 1 *пог. м* трубы в *кг/м²*;
p_1 — начальное давление в *кг/м²*;
p_2 — конечное давление в *кг/м²*;
Σl — общая длина трубопровода в *м*.

В гидравлике принято величину потерь давления вследствие трения в трубопроводах определять по уравнению

$$R = \lambda \frac{w^2}{2g} \cdot \frac{\gamma}{d} l \text{ кг/м}^2, \qquad (3)$$

где λ — безразмерный коэффициент сопротивления вследствие трения о стенки трубопроводов;
w — скорость течения среды в *м/сек*;
g — ускорение силы тяжести в *м/сек²*;
γ — объемный вес среды в *кг/м³*;
d — диаметр трубопровода в *м*;
l — длина трубопровода в *м*.

Численное значение коэффициента трения λ зависит от состояния внутренней поверхности стенок трубопровода, физических свойств транспортируемой среды и условий ее течения.

В результате исследований гидравлического сопротивления труб с искусственной зернистой шероховатостью И. Никурадзе установил, что коэффициент сопротивления этих шероховатых труб $\lambda_ш$ зависит от числа Рейнольдса и относительной шероховатости труб $\frac{k}{d}$ (отношение высоты выступов шероховатости к диаметру трубы). Эта зависимость разделяется на три характерные области.

В первой области, соответствующей начальной стадии развития турбулентной формы течения, зарождающейся в центральной части потока, $\lambda_ш$ не отличается от $\lambda_{гл}$ (для гладких труб). В этой стадии течения турбулентное ядро потока еще не захватывает наружных слоев последнего, и выступы шероховатости на стенках трубопровода остаются погруженными в тонкий слой среды, сохраняющий состояние ламинарного движения и играющий роль гладкой стенки для остального потока.

В этих условиях шероховатость стенок трубы не сказывается на величине коэффициента $\lambda_ш$. Последний остается только функцией значения числа Рейнольдса, т. е.

$$\lambda_ш = \lambda_{гл} = f(\mathrm{Re}).$$

Таким образом, в данной области режима движения шероховатые трубы ничем не отличаются от гладких.

На основании многочисленных исследований установлены следующие закономерности гидравлического сопротивления технически гладких труб:

1) в интервале $\mathrm{Re} = 0 \div 2300$

$$\lambda_{гл} = \frac{64}{\mathrm{Re}}; \qquad (4)$$

2) в интервале Re=2300 ÷ 125 000 по формуле Блазиуса

$$\lambda_{гл} = \frac{0{,}3164}{Re^{0{,}25}}; \qquad (5)$$

3) при величине Re более 125 000 по формуле Никурадзе

$$\lambda_{гл} = 0{,}0032 + \frac{0{,}221}{Re^{0{,}237}}. \qquad (6)$$

Применение формул (5) и (6) создает большие неудобства при переходе от одной формулы к другой, так как при графическом изображении получается искусственный перегиб кривой $\lambda_{гл} = f(Re)$. Во избежание этого инж. Г. А. Муриным предложена обобщающая формула для определения $\lambda_{гл}$ при турбулентном течении, хорошо согласующаяся с опытными данными:

$$\lambda_{гл} = \frac{1{,}01}{(\lg Re)^{2{,}5}}. \qquad (7)$$

Однако вследствие того, что в системе отопления количество шероховатых труб, работающих в первой области, весьма ограничено, более удобно при построении расчетных таблиц пользоваться формулой (5).

Во второй области, связанной с возрастанием скорости течения среды, толщина пограничного ламинарного слоя уменьшается, и он перестает перекрывать выступы шероховатости. Таким образом, последние воздействуют на турбулентное ядро потока и оказывают основное влияние на величину линейных потерь давления в трубопроводе.

В этой области $\lambda_{ш}$ зависит от числа Re и относительной шероховатости $\frac{k}{d}$, т. е.

$$\lambda_{ш} = f\left(Re; \frac{k}{d}\right). \qquad (8)$$

С увеличением числа Re влияние последнего на величину $\lambda_{ш}$ заметно уменьшается.

Вторая область является переходной от гидравлически гладких труб к гидравлически шероховатым. В переходной области для труб с однородной шероховатостью при больших значениях $\frac{k}{d}$ наблюдается возрастание коэффициента трения $\lambda_{ш}$ по мере увеличения Re до некоторой постоянной величины, характеризующей область, подчиненную квадратичному закону сопротивления. В трубах с малым значением $\frac{k}{d}$ величина $\lambda_{ш}$ вначале понижается с ростом Re, а затем возрастает, переходя постепенно к значению, находящемуся в области квадратичного закона сопротивления.

Вследствие сказанного на кривой $\lambda_{ш} = f(Re)$, как известно, получается характерное углубление (рис. 1).

В третьей области гидравлического режима течения среды при больших значениях Re величина потерь на трение в трубопроводах зависит только от шероховатости труб и становится пропорциональной квадрату скорости движения потока.

Значение коэффициента трения $\lambda_ш$ в этой области определяется по формуле

$$\lambda_ш = \frac{1}{\left(1{,}74+2\lg\frac{r}{k}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}14+2\lg\frac{d}{k}\right)^2}, \qquad (9)$$

где r — радиус трубы в *м*.

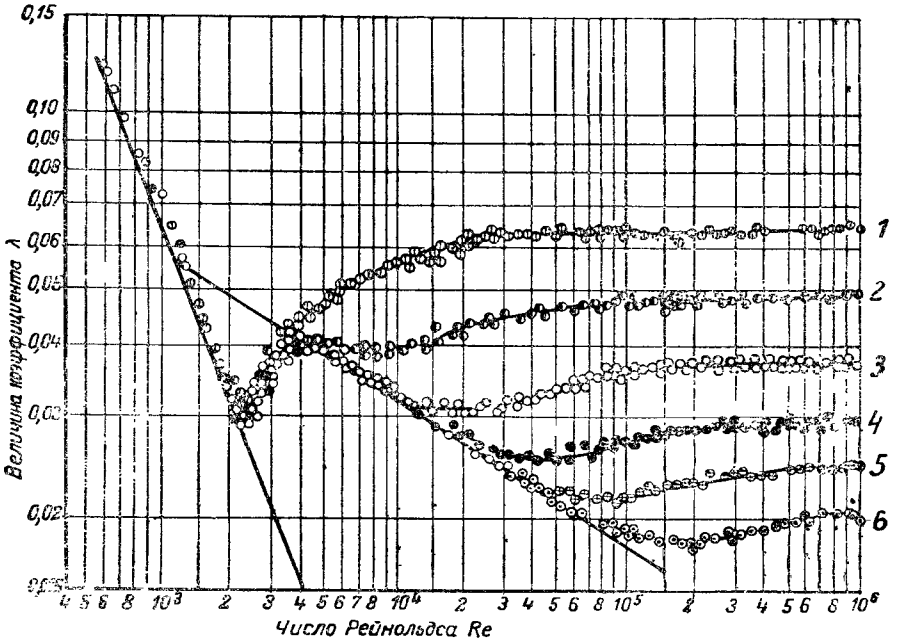


Рис. 1. График зависимости коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса

1 — $\frac{r}{k} = 15$; *2* — то же, 30,6; *3* — то же, 60; *4* — то же, 126; *5* — то же, 252; *6* — то же, 507

Предельное число $Re_{пр}$ определяет условия перехода гидравлически гладких труб из второй области в третью, т. е. условия, при которых средняя величина шероховатости труб больше толщины ламинарного слоя. Значение $Re_{пр}$ определяется по формуле

$$Re_{пр} = 18{,}6\frac{r}{k}\left(1{,}74 + 2\lg\frac{r}{k}\right). \qquad (10)$$

Гидравлический режим в трубопроводах, по которым движется вода, соответствует преимущественно первой и второй областям закона сопротивления движению среды. Лишь некоторая часть трубопроводов систем водяного отопления по своему режиму относится к третьей области квадратичного закона.

Для подтверждения изложенного в табл. 1 приводятся минимальные $q_{мин}$ и максимальные $q_{макс}$ расходы воды при различных диаметрах труб для переходной области режима течения воды. Таким образом, только при больших скоростях течения воды в трубопроводах порядка 1 *м/сек* эти трубопроводы по своему гидравлическому режиму попадают в третью область квадратичного закона. Паропроводы попадают

преимущественно в третью область, так как скорости движения пара в них достаточно велики.

Никурадзе И. производил опыты на стальных трубах с искусственно созданной шероховатостью из просеянного песка. Результаты ряда исследований гидравлического сопротивления стальных труб с естественной шероховатостью при турбулентном потоке также показывают (аналогично опытам И. Никурадзе) наличие трех областей сопротивления (гладкой, переходной и квадратичной), однако зависимость $\lambda_ш = f(\mathrm{Re})$ в переходной области имеет совершенно другой вид. Причина различного характера зависимостей $\lambda_ш = f(\mathrm{Re})$ для труб с естественной и искусственной шероховатостью заключается в том, что естественная шероховатость в обычных стальных трубах неоднородна по форме и весьма неравномерно распределена, чем она и отличается от искусственной. Поэтому закон сопротивления, примененный И. Никурадзе для труб с искусственно созданной шероховатостью, не может быть распространен на определение гидравлических потерь в обычных стальных трубах с естественной шероховатостью.

Для получения более точных данных по гидравлическому сопротивлению стальных труб отечественного изготовления с естественной шероховатостью Всесоюзный теплотехнический институт имени Ф. Э Дзержинского (ВТИ) провел многочисленные опыты по изучению распределения скоростей и падения давления в весьма большом интервале чисел Рейнольдса. В двух сериях опытов было испытано 49 стальных труб различного сортамента (цельнотянутые, газо-водопроводные и сварные дымогарные) (как новых, так и бывших в работе) диаметром условного прохода от 40 до 160 *мм*, а также одна медная (гладкая) труба внутренним диаметром 50 *мм*.

Испытания труб в области малых значений чисел Рейнольдса производились на холодной воде, а при больших значениях чисел

Таблица 1

Минимальные ($q_{мин}$) и максимальные ($q_{макс}$) расходы воды при различных диаметрах труб для переходной области режима течения воды

Внутренний диаметр труб в *мм*	12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	70
$q_{мин}$ в *л/час*	33	55	84	107	164	172	279	531	602
$w_{мин}$ в *м/сек*	0,074	0,082	0,065	0,051	0,045	0,036	0,036	0,041	0,043
$q_{макс}$ в *л/час*	350	541	1 163	1 970	3 325	4 546	8 634	14 693	15 793
$w_{макс}$ в *м/сек*	0,737	0,797	0,898	0,961	0,92	0,957	1,088	1,124	1,14

Продолжение табл. 1

Внутренний диаметр труб в *мм*	76	82,5	94,5	100	106	119	125	131	143
$q_{мин}$ в *л/час*	770	927	1 372	1 609	1 906	2 539	2 889	3 355	4 208
$w_{мин}$ в *м/сек*	0,046	0,049	0,054	0,056	0,059	0,063	0,065	0,068	0,072
$q_{макс}$ в *л/час*	18 309	19 573	28 866	33 931	35 570	47 094	51 415	59 458	71 415
$w_{макс}$ в *м/сек*	1,104	1,03	1,131	1,176	1,099	1,177	1,164	1,207	1,218

Рейнольдса на холодной и горячей воде с принудительной циркуляцией (центробежным насосом).

Способ определения средней абсолютной шероховатости труб k при помощи индикатора весьма затруднителен и вряд ли может дать надежный результат вследствие неравномерного распределения шероховатости на внутренней поверхности труб. Поэтому ВТИ принял в качестве основной меры шероховатости эквивалентную (однородную зернистую) шероховатость $k_э$, определение которой гидравлическим способом не вызывает особых затруднений.

Инж. Г. А. Мурин выразил абсолютную шероховатость труб через эквивалентную (зернистую) и получил на основе формулы (9) уравнение, действительное для квадратичной области сопротивления:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_ш}} = 2\lg\frac{d}{k_э} + 1{,}14,$$

откуда

$$k_э = d \cdot 10^{0{,}57 - \frac{1}{\sqrt{\lambda_ш}}}. \qquad (11)$$

Таким образом, определение $k_э$ для стальных труб гидравлическим путем сводится к нахождению по данным ее испытания в квадратичной области $\lambda_ш$ и подстановке найденного значения в формулу (11):

$$H = Rl = \lambda_ш \frac{w^2}{2g} \cdot \frac{\gamma}{d} l \ кг/м^2,$$

откуда

$$\lambda_ш = Rl \frac{2g}{W^2} \cdot \frac{d}{\gamma l}. \qquad (12)$$

Указанным методом инж. А. Г. Мурин определил значения $k_э$ для всех исследованных стальных труб. По результатам испытания ВТИ стальных труб с различной относительной шероховатостью построена номограмма (рис. 2) для определения коэффициента сопротивления в зависимости от числа Re и характеристики трубопровода $\frac{d}{k_э}$.

Номограмма дана для интервала чисел Re от $4 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ и $\frac{d}{k_э}$ от 100 до 15 000 и может применяться без дополнительного учета сопротивления сварных труб.

Как это видно из номограммы (рис. 2), испытания ВТИ подтвердили наличие трех областей режимов течения среды. Однако зависимость коэффициента трения в переходной области для труб с естественной шероховатостью, как и предполагалось, получилась совершенно другая, чем для труб с искусственной шероховатостью (см. рис. 1).

С увеличением числа Рейнольдса происходит постепенное падение величины $\lambda_ш$ до некоторого постоянного значения, соответствующего квадратичной области. Во всей переходной области значение $\lambda_ш$ для стальных труб с естественной шероховатостью всегда больше, чем в квадратичной области (рис. 2), в то время как для труб с равномерной шероховатостью (см. рис. 1) значение $\lambda_ш$ в переходной области меньше, чем в третьей области квадратичного закона сопротивления. Начало третьей области отмечено на номограмме (рис. 2) пунктирной кривой. Предельное значение числа Рейнольдса может быть определено по формуле инж. Г. А. Мурина:

$$Re_{пр} = \left(120 \frac{d}{k_э}\right)^{1{,}125}. \qquad (13)$$

В работе инж. Г. А. Мурина не приводится обобщающей расчетной формулы для переходной области, поэтому для определения величины коэффициента трения $\lambda_{ш}$ нами использована номограмма с дополнительной проверкой результатов, получаемых по формулам ЦНИПСа (эти формулы выведены на основании математической обработки данных ВТИ). При обработке данных испытаний и их экстраполяции все трубы разделены на две группы:

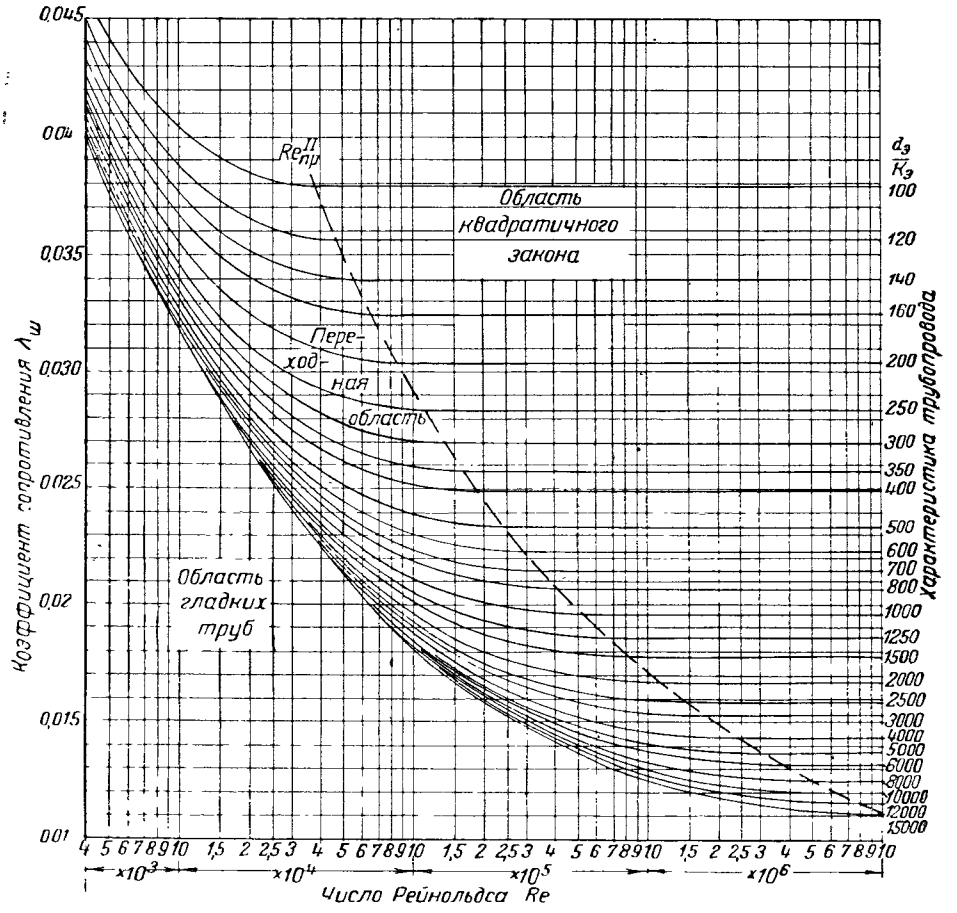


Рис. 2. График зависимости коэффициента сопротивления стальных труб от числа Рейнольдса и характеристики трубопровода (по данным ВТИ)

1) трубы диаметром до 200 *мм* с расчетной формулой

$$\lambda_{ш_1} = \frac{0{,}343}{\left(\frac{d}{k_э}\right)^{0{,}125} \mathrm{Re}^{0{,}17}}; \qquad (14)$$

2) трубы диаметром от 200 до 1000 *мм* с расчетной формулой

$$\lambda_{ш_1} = \frac{0{,}1824}{\left(\frac{d}{k_э}\right)^{0{,}087} \mathrm{Re}^{0{,}134}}. \qquad (15)$$

Ниже, в табл. 2, приведены значения коэффициентов трения для некоторых трубопроводов.

Таблица 2

Значения коэффициентов трения $\lambda_ш$ по данным ВТИ и ЦНИПСа

$\frac{d}{k_э}$	Re	По данным ВТИ $\lambda_ш$	По формулам ЦНИПСа (14) и (15)		$\frac{d}{k_э}$	Re	По данным ВТИ $\lambda_ш$	По формулам ЦНИПСа (14) и (15)	
			$\lambda_ш$	разность в процентах по отношению к данным ВТИ				$\lambda_ш$	разность в процентах по отношению к данным ВТИ
100	5 000	0,044	0,0452	+2,5	500	6 000	0,0365	0,0355	—3
	10 000	0,0405	0,0415	+2,5		25 000	0,0274	0,0281	+2,5
						50 000	0,0251	0,0251	0
	25 000	0,0381	0,0343	—11		200 000	0,0234	0,0197	—18,8
120	4 000	0,045	0,0458	+1,9	700	6 000	0,0363	0,0343	—5,8
	6 000	0,0415	0,0422	+1,9		25 000	0,0267	0,027	+1,2
	10 000	0,0388	0,0382	—1,8		50 000	0,0238	0,0241	+1,3
	25 000	0,036	0,0348	—3,4		70 000	0,023	0,0226	—1,7
						150 000	0,0218	0,02	—9
						200 000	0,0215	0,01895	—13,5
140	4 000	0,0438	0,045	+2,5	1 000	12 000	0,03	0,0284	—5,5
	6 000	0,0401	0,0418	+4,2		30 000	0,025	0,0251	+0,4
	10 000	0,0376	0,0385	+2,4		70 000	0,0219	0,0223	+1,6
	25 000	0,0348	0,033	—5,5		200 000	0,0203	0,0195	—4
	40 000	0,034	0,0313	—9		300 000	0,0198	0,184	—7,6
						400 000	0,0197	0,0178	—10,6
160	4 000	0,043	0,0442	+2,8	2 000	25 000	0,025	0,0244	—2,5
	10 000	0,0366	0,0378	+3,1		100 000	0,0196	0,0202	+2,7
	25 000	0,0336	0,0322	—4,3		200 000	0,0182	0,0184	+1,1
	40 000	0,0327	0,03	—9		400 000	0,0172	0,0168	—2,4
	—	—	—	—		900 000	0,0167	0,0118	—42
200	4 000	0,0424	0,043	+1,25	3 000	30 000	0,0247	0,0227	—8,5
	10 000	0,0355	0,0369	+3,8		200 000	0,0173	0,0176	+1,9
	20 000	0,0325	0,0327	+0,3		300 000	0,0165	0,0165	0
	40 000	0,031	0,0292	—6,2		1 000 000	0,0154	0,0142	—8,4
300	4 000	0,0418	0,0412	—1,4	5 000	60 000	0,0204	0,0197	—3,5
	10 000	0,034	0,0352	+3,25		500 000	0,0149	0,0148	—0,7
	30 000	0,0288	0,0292	+1,5		2 000 000	0,0137	0,0124	—10,5
	60 000	0,0276	0,0259	—6,5		—	—	—	—
	100 000	0,027	0,0239	—13		—	—	—	—
400	5 000	0,0375	0,0417	+10	10 000	100 000	0,018	0,0175	—2,9
	10 000	0,033	0,0349	+5,3		1 000 000	0,0133	0,0128	—1,5
	40 000	0,0267	0,0276	+3,2		3 000 000	0,0113	0,011	—1
	100 000	0,0252	0,0237	—6,2		—	—	—	—
	150 000	0,025	0,022	—13,6		—	—	—	—

Данные наших подсчетов показывают, что по номограмме ВТИ получаются более точные результаты; это вполне закономерно, так как трудно подобрать точную формулу для полученной кривой линии. Авторы формул (14) и (15) оценивают эти расхождения в пределах ±3% (а по табл. 2 эти расхождения в отдельных случаях составляют более

10%), так как они охватывают не полностью всю переходную область, а только часть ее.

Для переходной области в дальнейшем некоторыми исследователями были предложены следующие формулы для определения коэффициента трения λ:

формула Кольбрука

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left(\frac{k_э}{3{,}7d} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}}\right); \qquad (16)$$

формула А. Альтшуля[1]

$$\lambda = 0{,}1\left(\frac{k_э}{d} + \frac{100}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25}; \qquad (17)$$

формула Б. Н. Лобаева[2]

$$\lambda = \frac{1{,}42}{\left(\lg \mathrm{Re}\,\frac{d}{k_э}\right)^2}. \qquad (18)$$

Формулы (14) и (15) менее удобны, чем формулы (16), (17) и (18), так как по ним коэффициент трения λ определяется решением одного уравнения вместо двух. Однако и в этом случае, по расчетам проф. Б. Н. Лобаева, получаются значительные расхождения до $\pm 7{,}5\%$, а в отдельных случаях и более.

Для третьей области опыты ВТИ подтвердили правильность формулы (9), которая и принята при расчете и составлении таблиц.

3. ШЕРОХОВАТОСТЬ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

По данным ВТИ, новые стальные трубы, недолго хранившиеся в открытом складе, имели среднюю предельную шероховатость $k_э$ порядка 0,06 *мм*. Следовательно, можно считать, что если в процессе работы внутренняя поверхность труб не подвергается особым изменениям вследствие коррозии и отложений, то $k_э$ новых стальных труб остается неизменной. Стальные трубы, не бывшие в употреблении, но длительно (более года) хранившиеся в открытом складе и подвергавшиеся атмосферному влиянию (коррозии), имели среднюю предельную шероховатость около 0,2 *мм*. Примерно эта же величина получилась для труб, эксплуатируемых в течение 5 лет для районного теплоснабжения. Наибольшее значение $k_э$, близкое в среднем 1 *мм*, получилось при испытаниях старых труб, служивших около 6 лет в качестве конденсатопроводов. Эти трубы имели сильно поврежденную коррозией поверхность, причем высота отдельных выступов достигала 3—4 *мм*.

В некоторых тепловых сетях величина $k_э$ достигала 1—3 *мм*, а в редких случаях и 5 *мм*, что объясняется недостатками эксплуатации, главным образом отсутствием деаэрации и химической очистки подпиточной воды. Все это показывает, что для сохранения внутренней поверхности труб имеют большое значение условия эксплуатации. Однако и при правильной эксплуатации неизбежны некоторая внутренняя коррозия и возрастание шероховатости в пределах 0,2 *мм*.

---

[1] Альтшуль А., Обобщенная зависимость гидравлического расчета трубопроводов. «Гидротехническое строительство» № 6, 1952.

[2] Лобаев Б. Н., Новые формулы для расчета труб в переходной области. Новое в строительной технике. Издательство Академии архитектуры УССР, 1954.

В табл. 3 приведены осредненные значения $k_э$ для стальных трубопроводов, полученные в результате опытов по определению гидравлических сопротивлений стальных труб в лабораторных условиях и на производстве, проведенных ВТИ и рядом исследователей.

Таблица 3

Значения шероховатости $k_э$ для стальных трубопроводов[1]

Наименование трубопроводов	$k_э$ в *мм*
Паропроводы насыщенного пара и водяные теплопроводы при незначительных утечках воды (до 0,5%) и деаэрации подпиточной воды . . .	0,2
Паропроводы, работающие периодически (с простоями) и конденсатопроводы с открытой системой возврата конденсата	0,5
Конденсатопроводы, работающие периодически, водяные теплопроводы при отсутствии деаэрации и химической очистки подпиточной воды и при больших утечках из сети (до 1,5—3%)	1

[1] По данным ВТИ.

В табл. 4 приведены величины шероховатости $k_э$, принятые нами при составлении таблиц.

Таблица 4

Значения шероховатости $k_э$ для стальных трубопроводов

Наименование трубопроводов	$k_э$ в *мм*		
	по данным Промстройпроекта	по данным бывшего ЦНИПСа	принятые значения $k_э$ при составлении таблиц
Для трубопроводов водяных систем отопления вне зависимости от источника их питания (табл. I—II)	0,2	0,2	0,2
Для паропроводов насыщенного пара высокого и низкого давлений районных систем теплоснабжения (табл. IV, VI)	0,1	0,2	0,2
Для напорных конденсатопроводов (табл. XVI) . .	0,5	—	0,5
Для конденсатопроводов открытой системы, работающих периодически (табл. XVII)	—	1	1
Для трубопроводов систем горячего водоснабжения (табл. XVIII)	1	1	1

Принятые нами величины коэффициентов шероховатости на основе опытных данных ВТИ, которые совпадают с рекомендациями ЦНИПСа и данными Промстройпроекта, являются обоснованными, а таблицы, построенные по этим величинам, наиболее правильными.

4. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ТАБЛИЦ

Таблицы составлены для наиболее часто применяемых в практике строительства диаметров стальных трубопроводов (согласно действующим ГОСТам) по сечению с интервалом от 3 до 13 *мм* — для труб диаметром от 12,5 до 131 *мм* и от 12 до 47 *мм* — для труб диаметром от 143 до 404 *мм*.

В расчетных таблицах помещены величины падений давления R на 1 *пог. м* трубы в *кг/м*^{2}, диаметры труб (условный проход, внутренний и наружный диаметры), значения часовых количеств тепла, воды или

пара и скоростей. В таблицах принято, что величина падения давления изменяется в равных интервалах для всех диаметров трубы. Для этого пришлось все основные формулы, приведенные выше, преобразовать таким образом, чтобы скорость w явилась функцией от R, т. е. придать им вид

$$w = fR$$

Задавшись значением R и зная область течения, следовательно значение λ, определили величины скоростей и расходов воды в трубах. По известной скорости определили количество протекающей воды или пара.

Логарифмированием формулы (3) находили

$$2\lg w = \lg R - \lg \lambda_{ш} + \lg d - \lg \gamma + 1{,}2927. \qquad (19)$$

Ввиду того, что $\lambda_{ш}$ зависит от гидравлического режима движения среды в данном трубопроводе при данных конкретных условиях и определяется одной из приведенных выше формул (5), (8) и (9), составлялся ряд вспомогательных формул, а именно:

а) для первой области (гладких труб) логарифмированием формулы (5) получали

$$\lg \lambda_{ш} = \lg 0{,}3164 - 0{,}25 \lg \mathrm{Re};$$

$$\lg \lambda_{ш} = \overline{1}{,}50024 - 0{,}25 \lg w - 0{,}25 \lg d + 0{,}25 \lg \nu; \qquad (20)$$

б) для второй области (переходной) из номограммы (рис. 2) с дополнительным контролем по формулам (14) и (15) находили $\lambda_{ш}$, а по $\lambda_{ш}$ — $\lg \lambda_{ш}$;

в) для третьей области (квадратичной) логарифмированием формулы (9) находили

$$\lg \lambda_{ш} = -2 \lg \left(2 \lg \frac{d}{k_э} + 1{,}14\right); \qquad (21)$$

Расчетные таблицы для трубопроводов водяного отопления составлены для двух температурных перепадов теплоносителя: 95—70° (табл. I) и 130—70° (табл. II) при расчетных наружных отопительных температурах. Первый температурный перепад широко применяется для систем отопления в жилых и общественных зданиях.

В этих случаях параметры теплоносителя (воды) при средних температурных условиях будут равны 68—52°, т. е.

$$t'_{\text{ср.воды}} = \frac{68+52}{2} \approx 60°,$$

что соответствует объемному весу воды $\gamma_{+60} = 983{,}248$ *кг/м*^{3} и кинематической вязкости воды $\nu_{+60} = 0{,}479 \cdot 10^{-6}$ *м*^{2}*/сек.*

Следовательно:

$$\lg \gamma_{+60} = \lg 983{,}248 = 2{,}992664;$$

$$\lg \nu_{+60} = \lg 0{,}479 \cdot 10^{-6} = \overline{7}{,}68034.$$

В системах с параметрами воды 130—70° (обычно применяемых в производственных зданиях) приняты средние температурные параметры воды 88—52°, т. е. средняя температура воды будет равна

$$t'_{\text{ср.воды}} = \frac{88+52}{2} = 70°,$$

что соответствует объемному весу воды γ_{+70} =977,81 *кг/м*³ и кинематической вязкости $\nu_{+70}=0{,}415\cdot10^{-6}$ *м²/сек*, следовательно

$$\lg\gamma_{+70}=\lg 977{,}81=2{,}990254;$$

$$\lg\nu_{+70}=\lg 0{,}415\cdot10^{-6}=\bar{7}{,}61805.$$

При расчетных температурных перепадах воды 95—70° и 130—70° принятые средние расчетные параметры 60 и 70° дают запас давления в среднем в размере до 1,2%. Это справедливо в основном для обратной воды (130—70°), а для перепада температур 95—70° запас совсем ничтожный. Если исходить из точных температур воды, то необходимо было бы составить отдельные таблицы для каждой начальной температуры теплоносителя, что расширило бы объем таблиц и усложнило расчет при незначительной разнице в давлении. Кроме того, этот запас следует считать весьма рациональным при естественной циркуляции воды с учетом уменьшения давления за счет уменьшения разности объемных весов воды с повышением наружной температуры воздуха. Так, например:

а) естественное давление при расчетной наружной температуре (для Москвы $t_н=-26°$)

$$H=h(\gamma_0-\gamma_г)=3(977{,}81-961{,}92)=3\cdot15{,}89=47{,}67\ кг/м^2;$$

б) естественное давление при наружной температуре $t_н=-2°$ и температуре теплоносителя воды 68—52°;

$$H=3(987{,}15-978{,}94)=3\cdot8{,}21=24{,}63\ кг/м^2,$$

т. е. снижается на 50% против расчетного. Поэтому имеющийся запас в таблицах крайне рационален. В случае насосной циркуляции снижение потерь давления при расчетной наружной температуре по своей величине не имеет практического значения.

При расчетных температурных перепадах воды в системе 85—65° и 110—70° рекомендуем пользоваться расчетной табл. I, а при перепадах 120—70° и более — расчетной табл. II. В указанных случаях неточность расчета будет составлять ±1—2%, что не имеет практического значения.

При расчете таблиц применены основные формулы (3), (5) и (9) и вспомогательные (19), (20) и (21).

Табл. I и II для расчета трубопроводов водяного отопления при $\Delta t=1°$. Для первой области логарифмированием формулы (5) (при средней температуре $t_{ср}=60°$) получили

$$\lg\lambda_ш=\bar{1}{,}50024-0{,}25\lg w-0{,}25\lg d-\bar{2}{,}420085$$

или

$$\lg\lambda_ш=-0{,}25\lg w-0{,}25\lg d+\bar{3}{,}920325. \qquad (22)$$

Вставив в формулу (19) значение $\lg\lambda_ш$ из формулы (22), нашли

$$2\lg w=\lg R-(-0{,}25\lg w-0{,}25\lg d+\bar{3}{,}920325)+\lg d-$$

$$-\lg\gamma_{+60}+1{,}2927=\lg R+0{,}25\lg w+1{,}25\lg d-\bar{3}{,}920325-$$

$$-2{,}992664+1{,}2927$$

или окончательно

$$1{,}75\lg w=\lg R+1{,}25\lg d+0{,}379711. \qquad (23)$$

Аналогичным образом определили $\lambda_{ш}$ для средней температуры $t_{ср}=70°$ и получили окончательную формулу:

$$1{,}75 \lg w = \lg R + 1{,}25 \lg d + 0{,}3976935. \quad (24)$$

Для третьей области квадратичного закона по формуле (21) получили таким же образом следующие окончательные формулы:

а) для средней температуры $t_{ср}=60°$

$$2 \lg w = \lg R + 2 \lg \left(2 \lg \frac{d}{k_э} + 1{,}14\right) + \lg d + \bar{2},300036; \quad (25)$$

б) для средней температуры $t_{ср}=70°$

$$2 \lg w = \lg R + 2 \lg \left(2 \lg \frac{d}{k_э} + 1{,}14\right) + \lg d + \bar{2},302446. \quad (26)$$

Граница перехода между второй и третьей областями определена по формуле (10).

Для переходной области, как было указано, значения $\lambda_{ш}$ найдены по номограмме (рис. 2) с дополнительным контролем по формулам (14) и (15); составлены вспомогательные таблицы для определения величин скоростей w и потерь на трение R.

По найденным скоростям определено количество воды, протекающее по трубам:

$$q = w\alpha \ л/час. \quad (27)$$

Величина α определялась по формуле:

$$\alpha = \frac{F_{тр} \cdot 3\,600}{1\,000} \ л\ сек/м\ час, \quad (28)$$

где w — скорость воды в *м/сек*;

$F_{тр}$ — площадь сечения (просвета) трубы в $м^2$.

Табл. III и V для определения потерь давления в местных сопротивлениях составлены по общеизвестной формуле:

$$z = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \gamma \ кг/м^2.$$

Табл. VI для расчета трубопроводов парового отопления высокого давления. Начальное давление насыщенного пара принято $p_1=0{,}8$ *ат*; остальные параметры пара при этом давлении следующие: объемный вес $\gamma \approx 1$ *кг/м*^{3}; температура насыщения $t=116{,}3°$; теплота испарения $r=529{,}7$ *ккал/кг* и кинематическая вязкость $\nu = 21 \cdot 10^{-6}$ $м^2/сек$.

Значения скоростей w_6 в расчетной табл. VI найдены путем умножения значений w расчетной табл. I на переходный коэффициент.

Значения Q для расчетной табл. VI получаются умножением величины w на величину $\frac{3\,600}{1\,000} F_{тр}$. Метод нахождения переводных коэффициентов дан ниже. В дальнейшем нами приводятся только основные исходные данные по расчетным таблицам.

Расчетные величины шероховатости труб $k_э$ приняты по табл. 4.

Табл. IV для расчета трубопроводов парового отопления низкого давления. Давление насыщенного пара принято $p=0{,}1$ *ат*; остальные параметры при этом давлении будут: объемный вес $\gamma=0{,}6349$ *кг/м*^{3}; температура насыщения $t=101{,}7°$; теплота испарения $r=537{,}6$ *ккал/кг*; кинематическая вязкость $\nu = 21{,}1 \cdot 10^{-6}$ $м^2/сек$.

Таблицы XVI и XVII для расчета конденсационных трубопроводов. Температура воды принята $t=95°$; остальные параметры следующие:

объемный вес воды $\gamma = 961{,}92$ *кг/м*³; кинематическая вязкость $\nu = 0{,}309 \cdot 10^{-6}$ *м*²/*сек*.

Конденсационная вода может иметь и более высокую температуру, а следовательно, потери на трение должны уменьшиться примерно на 2% на каждые 10° повышения температуры. Однако мы не считаем необходимым приводить поправочные коэффициенты, так как для расчетов конденсационных трубопроводов такая неточность не имеет значения.

Табл. XVIII для расчета трубопроводов горячего водоснабжения. Температура воды принята $t = 60°$; остальные параметры следующие: объемный вес воды $\gamma = 983{,}248$ *кг/м*³; кинематическая вязкость $\nu = 0{,}479 \cdot 10^{-6}$ *м*²/*сек*.

В данной работе даются только таблицы для расчета трубопроводов систем горячего водоснабжения, но не приводятся примеры расчета этих систем, так как расчет последних не существенно отличается от расчета трубопроводов систем водяного отопления.

После подстановки в формулу (19) значений коэффициентов трения $\lambda_ш$ в зависимости от величины коэффициента шероховатости $k_э$, формула (19) примет вид

$$2 \lg w_n = \lg R - \lg \lambda_{ш\,n} + \lg d - \lg \gamma_n + 1{,}2927, \qquad (29)$$

где n представляет собой соответствующий номер расчетной таблицы.

Переводные коэффициенты представляют отношение w_n к w принятым в табл. 1, т. е.

$$A_n = \frac{w_n}{w}. \qquad (30)$$

Логарифмируя это выражение, получим

$$\lg A_n = \lg w_n - \lg w. \qquad (31)$$

Подставляя в формулу (31) значения $\lg w$ и $\lg w_n$ из формул (19) и (29), находим

$$\lg A_n = \frac{1}{2}(\lg R - \lg \lambda_ш + \lg d - \lg \gamma + 1{,}2927) -$$

$$- \frac{1}{2}(\lg R - \lg \lambda_{ш\,n} + \lg d + \lg \gamma_n + 1{,}2927).$$

Окончательно

$$\lg A_n = \frac{1}{2}(-\lg \lambda_ш + \lg \lambda_{ш\,n} - \lg \gamma + \lg \gamma_n). \qquad (32)$$

Определяя значение $\lambda_{ш\,n}$ подобно тому, как было найдено ранее значение $\lg \lambda_ш$, и подставляя из ранее составленных таблиц значение $\lg \lambda_ш$, а также значения $\lg \gamma$ и $\lg \gamma_n$, получаем значение $\lg A_n$ по формуле (32) и далее по логарифму, числу Рейнольдса и режиму движения среды находим величину A_n для каждого диаметра труб.

Умножая значения w из расчетной табл. 1 на соответствующий каждому диаметру труб переводный коэффициент A_n, получаем для данной таблицы значения w_n (30).

Глава II

РАСЧЕТ СЕТИ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ

Методика расчета трубопроводов одинакова как для систем водяного, так и парового отопления. Вследствие этого рассматриваются основы гидравлического расчета трубопроводов независимо от вида перемещающегося по трубопроводам теплоносителя.

Ход расчета наглядно иллюстрируется примером простейшего расчета системы отопления с естественной циркуляцией (рис. 3), состоящей из котла и одного нагревательного прибора.

Условно предположим, что изменение температуры воды будет происходить только в нагревательном приборе и котле, а в трубопроводах, подающем и обратном, температура остается неизменной согласно тем или другим принятым параметрам.

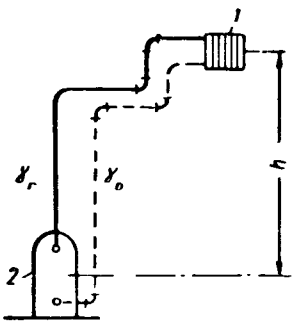


Рис. 3. Схема системы отопления с естественной циркуляцией воды

1 — нагревательный прибор; *2* — котел

Величина действующего естественного давления будет равна

$$H_е = h(\gamma_о - \gamma_г)\ кг/м^2, \qquad (33)$$

где $H_е$ — искомое действующее естественное давление в $кг/м^2$;

h — разность высот между серединами котла и нагревательного прибора в $м$;

$\gamma_г$ — удельный вес горячей воды в подающем трубопроводе в $кг/м^3$ при температуре $t_г$;

$\gamma_о$ — удельный вес охлажденной воды в обратном трубопроводе в $кг/м^3$ при температуре $t_о$;

Однако в действительности при движении воды по трубопроводам происходит охлаждение воды, несмотря на изоляцию трубопроводов, при неизменной разности температур Δt входа и выхода воды из нагревательного прибора. Последнее влияет на увеличение действующего давления, что имеет большое значение для систем с естественной циркуляцией воды. Таким образом, при расчете систем отопления с

естественной циркуляцией воды дополнительное давление от охлаждения воды в трубопроводах необходимо учитывать.

Общая величина действующего давления представляет собой сумму определенных по формуле (33) давлений и дополнительных давлений от охлаждения воды в трубопроводах:

$$H = h(\gamma_0 - \gamma_г) + \Delta H \ кг/м^2, \qquad (34)$$

где H — общее действующее давление в $кг/м^2$;

ΔH — дополнительное давление от охлаждения воды в трубопроводах в $кг/м^2$.

Определение величины охлаждения воды по участкам трубопровода производится по следующей формуле:

$$\Delta t = \frac{lfk\,(1-\eta)\left(\frac{t_{нач} + t_к}{2} - t_в\right)}{g} \text{ град.}, \qquad (35)$$

где Δt — охлаждение воды на участке в град;

l — длина участка в $м$;

f — наружная поверхность трубы в $м^2$;

k — коэффициент теплоотдачи неизолированной трубы в $ккал/м^2\ час\ град$, принимаемый по табл. 5;

η — к. п. д. изоляции в процентах;

$t_{нач}$ — температура воды при выходе из участка в град.;

$t_к$ — температура воды при выходе из участка в град.*;

$t_в$ — температура окружающего воздуха в град.;

g — количество воды, протекающей через участок, в $л/час$.

Температуру $t_в$ следует принимать:

1) при трубах, открыто проложенных,—равной температуре окружающего воздуха;
2) при трубах, изолированных и проложенных в закрытых стенных бороздах, $t_в$=35°**;
3) при трубах, неизолированных и проложенных в закрытых стенных бороздах, $t_в$=45°.

Значения коэффициентов теплоотдачи неизолированных труб приводятся в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициенты теплоотдачи

Трубы	Разность между средней температурой воды в трубах и температурой воздуха в помещении в град.					Пар давлением не более 0,7 $кгс/см^2$	Пар давлением 0,7—2 $кгс/см^2$
	40—50	50—60	60—70	70—80	высше 80		
Одна горизонтальная или вертикальная стальная труба с условным диаметром в *мм*:							
до 34	11	11,5	12	12,5	12,5	13	13,9
от 38 до 100	9,5	10	10,5	11	11,5	12,5	12,8
„ 125 „ 150	9,5	10	10,5	10,5	10,5	11,5	12,3
более 150	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	11,5	12,3

* $t_к$ нам неизвестно, но без большой погрешности в формуле (35) можно принимать $\frac{t_{нач} + t_к}{2} = t_{нач}$.

** Температура в бороздах принимается +35° при температуре теплоносителя до + 100°; при более высокой температуре теплоносителя температуру следует определять расчетом.

При более высоких температурах следует вводить повышающий коэффициент:

1) для воды при температуре 110—120°—1,12; при 121—130°—1,14 и при 131—150°—1,2;

2) для пара при давлении 4 *ат* — 1,15.

На коэффициент теплоотдачи неизолированной трубы следует вводить поправочные коэффициенты[1]:

для вертикальных участков труб	0,5
для горизонтальных труб, проложенных у потолка	0,25
для горизонтальных труб, проложенных у пола	0,75
для горячей и обратной подводок к нагревательному прибору	1

Расчет следует начинать с участка трубопровода, соединенного с выходным патрубком котла, причем, как правило, температуру воды в этом участке принимают равной высшей температуре воды в котле.

Определив по формуле (35), на сколько охладилась вода на первом участке, легко найти соответствующим вычитанием этой величины из начальной температуры воды участка температуру воды в конце участка, которая и будет начальной температурой воды следующего участка, и т. д.

Таким образом, температура воды в начале и конце каждого участка может быть определена, а следовательно, может быть определена и средняя температура для каждого участка:

$$t_{ср} = \frac{t_{нач} + t_к}{2}.$$

Зная среднюю температуру $t_{ср}$ рассматриваемого участка и температуру воды в соответствующем ему по высоте отрезке восходящего магистрального стояка, легко определить рабочее давление, возникающее на отдельном участке системы, по формуле

$$H_1' = \Sigma h_i (\gamma_{i-1} - \gamma_i)\ кг/м^2, \qquad (36)$$

где H_1' — давление в вертикальном отрезке трубы;

h_i — высота, равная величине вертикальной проекции рассматриваемого участка, в *м*;

γ_{i-1}, γ_i — объемные веса воды в $кг/м^3$ соответственно до и после рассматриваемого участка.

Охлаждение воды в обратных магистралях не следует учитывать, так как оно будет компенсироваться поступлением в обратную магистраль более горячей воды из других стояков, ближе расположенных к котлу.

Определение величины охлаждения воды в трубопроводах дается в примерах ниже; кроме того, эта величина может быть принята по приложению 1.

Для систем водяного отопления с насосной циркуляцией воды располагаемое давление определяется по формуле:

$$H_п = H_е + \Delta H + H_н\ кг/м^2, \qquad (37)$$

где $H_п$ — полное действующее давление в $кг/м^2$;

$H_н$ — давление, создаваемое насосом, в $кг/м^2$.

В насосных системах водяного отопления[1] с открыто проложенными трубопроводами не рекомендуется учитывать естественное циркуляционное давление, возникающее от охлаждения воды в трубопроводах, так как оно незначительно по отношению к полному давлению и будет являться дополнительным запасом.

В насосных системах водяного отопления величину расчетного давления следует принимать:

а) для систем отопления, присоединяемых к тепловым сетям,— в зависимости от разности давления в сети у ввода в здание.

б) для систем отопления, работающих от местной котельной, при возможности присоединения их к тепловым сетям посредством элеваторов — не более 1 *м* вод ст. (без учета потерь давления в котельной и водоводах на участке от котельной до узла управления системой);

в) для систем отопления, которые не могут быть присоединены к тепловым сетям, — исходя из необходимости соблюдения допустимых скоростей движения воды в трубопроводах (табл. 6).

В насосных системах величину естественного циркуляционного давления от охлаждения воды в нагревательных приборах надлежит учитывать в размере 50% от максимальной величины естественного давления, так как последнее соответствует величине давления при более низких температурах теплоносителя.

Таблица 6

Допустимые скорости движения теплоносителя в *м/сек*

Диаметр труб в *мм*	Вода			Пар	
	в производственных и вспомогательных зданиях	в заводоуправлениях и химических лабораториях	в жилых и общественных зданиях	низкого давления	высокого давления
10	0,3	0,3	0,2	10	15
15	0,6	0,5	0,3	14	25
20	0,8	0,65	0,5	18	40
25	1	0,8	0,65	22	50
32	1,3	1	0,8	23	55
40	1,8	1,5	1	25	60
50	2	1,5	1,2	30	70
Более 50	3	1,5	1,2	30	80

Под действием давления H в сети трубопроводов устанавливается циркуляция воды. Скорость циркуляции возрастает до тех пор, пока не наступает установившееся состояние движения воды по трубопроводу, при котором сумма всех сопротивлений трения и местных сопротивлений будет равна располагаемому давлению.

Величину уклонов магистральных трубопроводов рекомендуется принимать:

а) для систем водяного отопления и парового, имеющего уклон по движению пара,—не менее $i=0{,}002$;

б) для паропроводов, имеющих уклон против движения пара,—не менее $i=0{,}005$;

в) для конденсатопроводов:

внутренних сетей $i=0{,}1 \div 0{,}005$;

наружных « $i=0{,}005 \div 0{,}002$.

К расчету диаметров трубопроводов отопления приступают следующим образом: распределяют тепловые нагрузки по отдельным участ-

[1] «Указания по проектированию отопления и вентиляции производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий» (СН7-57).

кам схемы трубопроводов (под участками схемы отопления подразумевают отдельные отрезки, на протяжении которых количество и скорость проходящего по ним теплоносителя — воды, пара — не изменяются, т. е. обычно отрезки от тройника до тройника). Затем приступают к расчету диаметров принятого наиболее неблагоприятного циркуляционного кольца. Это кольцо должно служить показателем допустимого расхода давления по всем остальным кольцам в системе отопления. В тупиковой системе таким считается кольцо через наиболее отдаленный стояк с наиболее низко расположенным (неболее 1,5 *м* над котлом) нагревательным прибором; для более низко расположенного нагревательного прибора естественного давления при двухтрубной схеме трубопроводов недостаточно, поэтому такие приборы устанавливаются в однотрубных системах или в системах с насосной циркуляцией воды. В расчетном кольце расходуется максимальное давление на трение и местные сопротивления. В выбранном кольце нужно рассчитать еще не менее двух стояков (порядок сравнения потерь давления по кольцам дается ниже и дополнительно в примерах). Затем в каждом последующем кольце нужно рассчитывать не менее трех стояков. В системах с попутным движением воды максимальное давление расходуется в центрально расположенном стояке кольца, так как к этому стояку подходят трубопроводы с меньшими диаметрами, а трубы меньших диаметров имеют бóльшие потери на трение по сравнению с бóльшими диаметрами труб при равных скоростях течения по трубопроводам. В системах с попутным движением воды, чтобы рассчитать все магистральные трубопроводы, нужно рассчитать средний, первый и последний стояки и, кроме того, рекомендуется рассчитывать не менее половины всех стояков, чтобы быть уверенным в правильном распределении теплоносителя по всем нагревательным приборам.

Все участки расчетного кольца схемы нумеруются, начиная от центра нагревательного прибора и далее по участкам обратных трубопроводов в направлении к котлу и затем по участкам горячих трубопроводов до центра рассматриваемого нагревательного прибора. Сумма длин всех участков дает величину Σl расчетного циркуляционного кольца. Рабочее давление определяется по формулам (33), (34) или (37). Предварительная величина падения давления на трение R на 1 *м* расчетного кольца определяется по формуле (38).

Затем по табл. 1 находят в графе падений давления величину R, соответствующую полученной или близкую ей, и определяют остальные значения Q или G (при $\Delta t=1°$), соответствующие нагрузке того или иного расчетного участка, и номинальные диаметры труб. Затем переходят к следующему участку и т. д. На основании полученных диаметров труб находят по таблицам фактические величины падения давлений по длине труб для каждого участка вследствие трения и местных сопротивлений.

Для этого определяют величины скоростей w, соответствующие данным нагрузкам и диаметрам участков, после чего находят окончательное значение R (действительное). Умножая величину R на длину участка, получают значение Rl участка[1]. Полученные результаты Rl для всех участков суммируют и находят общую потерю давления на трение ΣRl расчетного кольца в *кг/м*^{2}.

Величины местных сопротивлений могут быть вычислены лишь тогда, когда известны хотя бы ориентировочные диаметры трубопроводов. Поэтому весь расчет подразделяется на две части: предварительный

[1] Все данные записываются в специальную сводную таблицу.

расчет для определения диаметров труб по предварительным величинам R и окончательный расчет, заключающийся в уточнении диаметров труб с учетом влияния местных сопротивлений.

Для предварительного расчета принимают, что потери давления в местных сопротивлениях Σz составляют определенную долю (a) от общего давления H в зависимости от вида системы отопления, рода теплоносителя и места расположения котельной. Значения a принимаются по приложению 3.

Таким образом, величина Σz может быть выражена $\Sigma z = Ha$.

Тогда ориентировочные потери на трение учитываются следующей формулой:

$$H(1-a) = \Sigma Rl$$

или

$$R = \frac{H(1-a)}{\Sigma l} \; кг/м^2, \qquad (38)$$

где R — предварительная величина потерь давления на трение на 1 $м$ трубопровода в $кг/м^2$;

Σl — общая длина циркуляционного кольца в $м$.

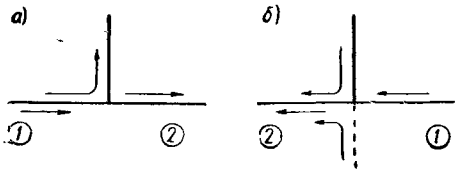


Рис. 4. Схема движения теплоносителя
а — в тройниках; *б* — в крестовинах

По величине предварительных потерь давления на трение R делается предварительный расчет сети трубопроводов в предположении, что падения давления от местных сопротивлений в системе не существует, но зато и действующее (располагаемое) давление в системе меньше фактического (см. приложение 3).

В системе водяного отопления часовое количество циркулирующей воды G легко определяется по заданной общей часовой теплоотдаче Q нагревательного прибора системы и разности температур воды в подающем и обратном трубопроводах по формуле.

$$G = \frac{Q}{t_г - t_о}. \qquad (39)$$

Принимая наиболее употребительные в отопительных системах жилых зданий температуры воды $t_г = 95°$ и $t_о = 70°$, получаем

$$G = \frac{Q}{95-70} = \frac{Q}{25} \; л/час.$$

Величина местных сопротивлений для тройников и крестовин относится к участкам, по которым проходит не полный поток, а только часть его. Например, величину местного сопротивления от тройника (рис. 4,*а*) необходимо отнести к участку *2* или при движении теплоносителя подающей магистрали (рис. 4, *б*) к участку *1*. Затем, выявив местные сопротивления по участкам, определяют единичные и суммарные значения $\Sigma\zeta$ для каждого участка по приложению *2*. После этого отыскивают в табл. III фактическое значение потерь давления на местные сопротивления z на каждом участке, исходя из скорости воды в заданном участке и соответствующей этому участку величины $\Sigma\zeta$. Величина z для каждого участка может быть также определена по формуле

$$z = \sum \zeta \frac{w^2}{2g} \gamma \; кг/м^2. \qquad (40)$$

Складывая найденные значения z всех участков, получают суммарное падение давления на местные сопротивления Σz.

В итоге $\Sigma (Rl + z)$ и есть то давление, которое фактически расходуется на трение и местные сопротивления в расчетном кольце при точном учете диаметров, длины труб и всех местных сопротивлений. Это давление должно равняться располагаемому давлению H в системе. Однако при монтаже систем отопления неизбежны некоторые незначительные отклонения от составленной расчетной схемы, поэтому потери давления $\Sigma (Rl+z)$ в расчетном кольце должны быть меньше располагаемого давления примерно на 8—10%.

Если по сделанному предварительному расчету (с учетом запаса) расходуемое давление в системе окажется бо́льшим или меньшим, чем требуется, то надлежит изменить диаметры труб на отдельных участках расчетного кольца в меньшую или бо́льшую сторону так, чтобы в итоге суммарное давление на трение и местные сопротивления всего кольца соответствовало указанному условию, т. е.

$$\Sigma (Rl + z) = (0{,}9 \div 0{,}92) H. \qquad (41)$$

Однако не по всем кольцам можно достигнуть такого равенства, поэтому допускается неувязка давления между отдельными кольцами: в однотрубных системах с тупиковой разводкой не более 15%, в двухтрубных системах с тупиковой разводкой не более 25%, в двухтрубных и однотрубных системах с попутным движением воды не более 5—7%.

Величина естественного давления в системах водяного отопления по этажам (без учета дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах) определяется по следующим формулам (покажем на примерах двухтрубной системы водяного отопления с верхней и нижней разводками).

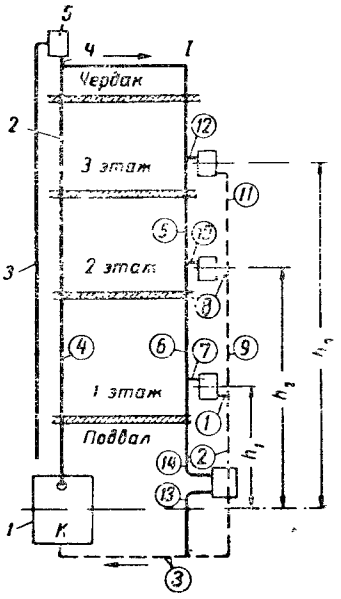


Рис. 5. Двухтрубная система водяного отопления с верхней разводкой и естественной циркуляцией воды

1 — котел; *2* — главный стояк; *3* — сигнальная труба; *4* — расширительная труба; *5* — расширительный сосуд

Система с верхней разводкой (рис. 5).

Для первого этажа

$$H_{e_1} = h_1(\gamma_0 - \gamma_г)\ кг/м^2.$$

Ориентировочные потери давления на трение в трубопроводах на участках *1—7* будут

$$R = \frac{H'_e\,(1-a)}{\Sigma\, l_{1-7}}\ кг/м^2.$$

Расходуемое давление на участках *1—7* будет

$$\Sigma (Rl + z)_{1-7} = (0{,}9 \div 0{,}92) H.$$

Для второго этажа

$$H_{e_2} = h_2(\gamma_0 - \gamma_г)\ кг/м^2.$$

Общие участки с первым кольцом во втором кольце — *2, 3, 4* и *5* и новые участки — *8, 9* и *10*. Расчет следует начинать со второго этажа и затем переходить к третьему и т. д., чтобы на участке *9* израсходовать максимально возможное давление; если же мы начали бы расчет третьего этажа, то диаметр трубы участка *9* был бы мал, так как располагаемое давление для этого этажа значительно больше, чем для второго.

Ориентировочные потери давления на трение R участков *8—10* второго кольца составят

$$R = \frac{[H_{e_2} - \Sigma (Rl+z)_{2-5}]\,(1-a)}{\Sigma\, l_{8-10}}\ кг/м^2.$$

Расходуемое давление на участках *8, 9* и *10* должно быть

$$\Sigma (Rl + z) = 0{,}9\,[H_{e_2} - \Sigma (Rl + z)_{2-5}]\ кг/м^2.$$

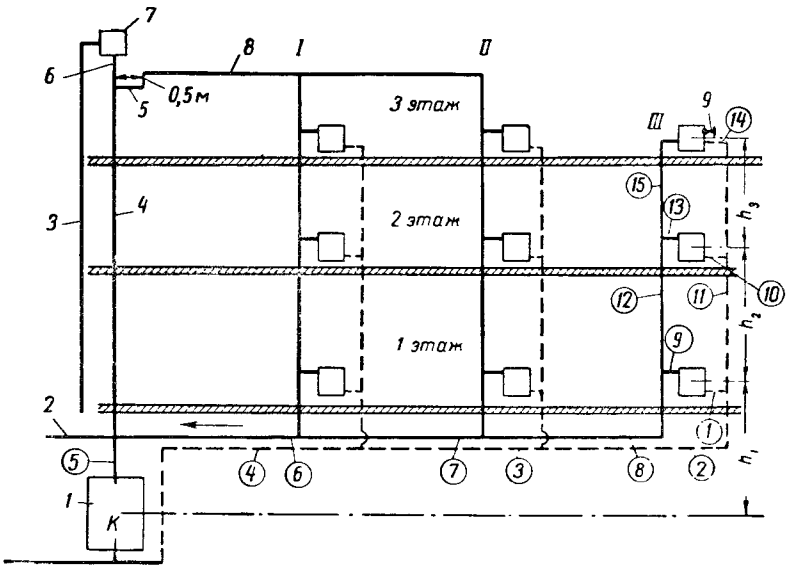


Рис. 6. Двухтрубная система водяного отопления с нижней разводкой и естественной циркуляцией воды

1 — котел; *2* — ответвление на вторую половину здания; *3* — сигнальная труба; *4* — главный стояк; *5* — воздушный мешок; *6* — расширительная труба; *7* — расширительный сосуд; *8* — воздушная линия, прокладываемая под потолком верхнего этажа; *9* — воздушный кран конструкции Маевского; *1, 2* и далее (в кружках) — номера участков; I, II — номера стояков

Если располагаемое давление не сможет быть израсходовано, то оно должно поглощаться краном двойной регулировки.

Для третьего этажа

$$H_{e_3} = h_3 (\gamma_0 - \gamma_г)\ кг/м^2.$$

Общие участки с вторым кольцом в третьем кольце — *2—4* и *9* и новые участки — *11* и *12*.

Возможные потери давления на трение R на участках *11* и *12* будут

$$R = \frac{[H_{e_3} - \Sigma (Rl+z)_{2-4\ и\ 9}]\,(1-a)}{\Sigma\, l_{11,\,12}}\ кг/м^2.$$

Расходуемое давление на участках *11* и *12* будет

$$\Sigma (Rl + z) = 0{,}9\,[H_{e_3} - \Sigma (Rl + z)_{2-4\ и\ 9}]\ кг/м^2.$$

Избыточное давление на участках *11* и *12* поглощается краном двойной регулировки.

Для нагревательного прибора, установленного в подвале, при двухтрубной системе водяного отопления отсутствует необходимое давление, поэтому определение располагаемого давления и расчет диаметров участков *13* и *14* производятся как для однотрубных систем водяного отопления.

Системы с нижней разводкой (рис. 6) и нижним распределением воды. Располагаемое естественное давление расходуется на преодоление всех потерь в магистральных трубопроводах и стояках (в пределах трубопроводов) только до высоты наиболее низко расположенного (по отношению к котлу) расчетного нагревательного прибора.

Все трубопроводы стояков и подводок к нагревательным приборам, расположенным выше первого этажа, должны рассчитываться исключительно на естественное давление, определяемое высотой расположения центра нижнего нагревательного прибора до центра стоящего выше рассматриваемого нагревательного прибора, сложенное с потерями давления в подводках к ниже расположенным нагревательным приборам расчетного стояка.

В этом заключается существенное отличие в расчете систем с нижним распределением воды от расчета систем с верхним распределением воды, при котором все нагревательные приборы стояка входят в общее кольцо, но при расчете следующего этажа потери в параллельных участках горячего стояка и подводок, рассчитанных нагревательных приборов, из располагаемого давления вычитаются. Ниже приводится пример расчета.

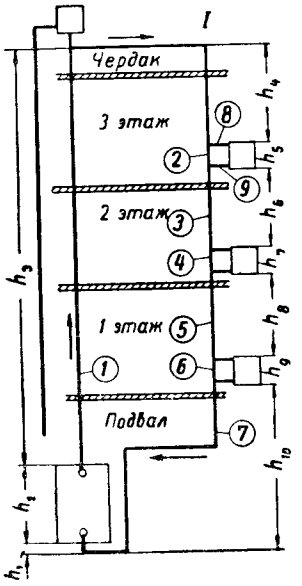


Рис. 7. Однотрубная система водяного отопления с естественной циркуляцией воды и замыкающими участками

1, 2 и далее (в кружках)— номера участков

Для первого этажа, как было указано выше, определение располагаемого давления на участках *1 — 9* производится аналогично двухтрубной системе с верхней разводкой.

Для второго этажа

$$H_{e_2} = h_2(\gamma_0 - \gamma_г) + \Sigma(Rl + z)_{1,9} \ кг/м^2.$$

Ориентировочные потери давления R на участках *10—13* будут

$$R = \frac{H_e(1-a)}{\Sigma l} \ кг/м^2.$$

Расходуемое давление на участках *10—13* будет

$$\Sigma(Rl + z)_{12-15} = 0{,}9\, H_{e_2},$$

если оно будет больше, то разница должна поглощаться краном двойной регулировки, установленным на подводке к нагревательному прибору.

Для третьего этажа

$$H_{e_3} = h_3(\gamma_0 - \gamma_г) + \Sigma(Rl + z)_{1,9,10,13} \ кг/м^2.$$

Далее расчет производится как для второго этажа.

Однотрубные системы водяного отопления с замыкающими участками. Особенности работы однотрубных систем (рис. 7) с замыкающими участками:

а) в каждый нижележащий нагревательный прибор вода входит с температурой, более низкой, чем в вышележащий;

б) по всем основным участкам стояка проходит постоянное количество воды, а по замыкающим участкам — различное по этажам;

в) средняя температура и разность температур воды в нагревательных приборах различны по отдельным помещениям одного этажа и по всем этажам в целом.

Располагаемое давление для всех этажей определяется по формуле:

$$H_e = \sum_1^n (h\gamma_{ст}) - (h_{г.с}\,\gamma_{г.с} + h_к\,\gamma_{ср.к})\ кг/м^2, \qquad (42)$$

где $\sum_1^n h$ — сумма высот участков стояка расчетного кольца в *м*;

$\gamma_{ст}$ — средние объемные веса воды на отдельных участках стояка расчетного кольца в *кг/м*^{3};

$h_{г.с}$ — вертикальная протяженность главного стояка в *м*;

$\gamma_{г.с}$ — объемный вес воды по выходе из котла в *кг/м*^{3};

$h_к$ — высота котла в *м*;

$\gamma_{ср.к}$ — средний объемный вес воды в котле в *кг/м*^{3}.

Кольцо проходит по замыкающему участку *6* мимо нагревательных приборов; вход воды в нагревательный прибор обеспечивается понижением ее температуры, разностью объемных весов горячей и несколько остывшей воды в приборе вследствие теплоотдачи его.

Потеря давления в малом циркуляционном кольце (участки *2*, *8* и нагревательный прибор)определяется по формуле:

$$\Sigma (Rl + z)_{зам.уч} + h_{пр}(\gamma_{ср.пр} - \gamma_{зам.уч})\ кг/м^2, \qquad (43)$$

где $\Sigma(Rl+z)_{зам.уч}$ — потеря давления в замыкающем участке в *кг/м*^{2};

$h_{пр}$ — высота нагревательного прибора в *м*;

$\gamma_{ср.пр}$ — средний объемный вес воды в нагревательном приборе в *кг/м*^{3};

$\gamma_{зам.уч}$ — объемный вес воды в замыкающем участке в *кг/м*^{3}.

2. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Расширительный сосуд. Расширительный сосуд в системах водяного отопления следует присоединять:

а) при естественной циркуляции воды и верхней разводке трубопроводов — к высшей точке подающей магистрали;

б) при насосной циркуляции воды — к обратному магистральному трубопроводу, преимущественно перед всасывающим патрубком циркуляционного насоса.

Емкость расширительного сосуда определяется по уравнению:

$$V_р = 0{,}0006\,(95 - 70)\,V_{сист} \cdot 3 = 0{,}045\,V_{сист}, \qquad (44)$$

где $V_р$ — полезный объем расширительного сосуда в *л*;

0,0006 — увеличение объема воды при нагревании на 1°;

95—70 — перепад температуры воды в системе отопления в град.;

$V_{сист}$ — объем воды в системе отопления в *л* (табл. 7);

3 — расчетный запас объема расширительного сосуда.

Таблица 7

Объем воды в элементах отопительной системы на 1000 *ккал/час*

Элементы системы отопления	Объем воды в *л* на 1 000 *ккал/час* при перепаде температур в град.	
	95—70	130—70
Радиаторы Н-132	10	7,5
Радиаторы Н-136	10	8
Радиаторы „Гамма" или „Польза"	25	19
Ребристые трубы	6,5	5
Пластинчатые калориферы	0,5	0,5
Трубопроводы с искусственной циркуляцией воды	8	6
Трубопроводы с естественной циркуляцией воды	16	—
Котлы чугунные	3	—
„ цилиндрические	30	—

Диаметры труб, присоединяемых к расширительному сосуду, рекомендуется принимать по табл. 8.

Таблица 8

Диаметры труб, присоединяемых к расширительному сосуду

Емкость расширительного сосуда в *л*	Диаметр труб в *мм*			
	расширительной	циркуляционной	контрольной	переливной
До 150	25	20	20	32
„ 400	25	20	20	40
Более 400	32	25	20	50

Расчет конденсационного бака. Расчет конденсационного бака производится по следующему уравнению:

$$V_б = З\frac{Q_r}{r}, \qquad (45)$$

где $V_б$ — объем конденсационного бака в *л*;

Q_r — тепловая мощность системы, обслуживаемой конденсационным баком, в *ккал/час*;

r — теплота парообразования пара в *ккал/час*;

$З$ — расчетный запас объема конденсационного бака.

Расход мощности на электромотор к насосу

$$N = \frac{60 H_o V_б}{3\,600 \cdot \gamma_к \cdot 5 \cdot 102\, \eta_н \cdot \eta_{р.п}} \; квт, \qquad (46)$$

где H_o — общие потери давления в *кг/м²*;

$\eta_н$ — к. п. д. центробежного насоса;

$\eta_{р.п}$ — к. п. д. ременной передачи;

$\gamma_к$ — объемный вес конденсата в *кг/м³*;

5 — надбавка на перекачку конденсата в течение 5 мин.

В сумму общих потерь давления H_o входят:

$$H_o = H_1 + H_2 + H_3 \; кг/м^2, \qquad (47)$$

где H_1 — потери давления на трение и местные сопротивления в трубах, равные $\Sigma\,(Rl + z)$, от конденсационного бака до котла в *кг/м²*;

H_2 — разность отметок между осью насоса и максимальным уровнем воды в котле в *кг/м²*;

H_3 — давление пара в котле в *кг/м²*.

Дно бака рекомендуется устанавливать выше оси насоса на 400—500 *мм*.

Конденсатоотводчики. В качестве конденсатоотводчиков в паровых системах отопления рекомендуется принимать: при давлении пара менее 0,5 *ат* — гидравлические затворы, а начиная с 0,5 *ат* и более, — конденсационные горшки с открытыми поплавками.

Высота гидравлического затвора определяется по формуле

$$h = 10(p_1 - p_2), \tag{48}$$

где h — высота гидравлического затвора в *м*;

p_1 — давление пара в точке присоединения гидравлического затвора в *ат*;

p_2 — давление в конденсатопроводе в *ат*.

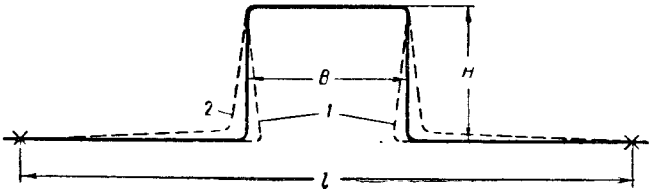


Рис. 8. П-образный компенсатор

1 — рабочее положение; *2* — монтажное положение

Если нет дополнительного давления в конденсатопроводе (конденсат сливается в открытый бак), то $p_2=0$.

Подбор конденсатоотводчиков следует производить по разности давления пара до и после конденсатоотводчика и по его производительности (согласно данным каталога).

Компенсаторы. Компенсация теплового удлинения трубопроводов в домовых системах водяного отопления при температурах теплоносителя 95—70°, а во многих случаях при паре низкого давления достигается за счет естественных изгибов трубопроводов, имеющихся в системе.

При параметрах теплоносителя выше 100° на магистральных трубопроводах устанавливаются преимущественно П-образные компенсаторы (рис. 8).

Расчет П-образного компенсатора может быть произведен по следующей формуле:

$$H = \sqrt{\frac{1{,}5\,E\Delta d_н}{2\sigma(3K+2)}}, \tag{49}$$

где H — вылет компенсатора в *см*;

E — модуль упругости $2 \cdot 10^6$ в *кг/см²*;

σ — допустимое напряжение, равное 700 *кг/см²*;

Δ — температурное удлинение трубопровода в *см*;

$d_н$ — наружный диаметр трубы в *см*;

K — отношение ширины B к вылету H компенсатора $\left(K=\frac{B}{H}\right)$, которое может быть принято равным $\sim$ 1,5.

Температурное удлинение Δ, определяется по формуле

$$\Delta = 0{,}0012\,l\,(t - 5)\ см, \tag{50}$$

где l — длина прямого участка трубопровода между мертвыми точками в *м*;

t — температура теплоносителя в град.

Подставляя известные величины, получим формулу для определения величины вылета компенсатора:

$$H = 46{,}1\sqrt{\frac{\Delta d_н}{3K+2}}\ см. \qquad (51)$$

Свободные опоры. Расстояние между свободными опорами в зависимости от диаметра труб рекомендуется принимать по табл. 9.

Таблица 9

Расстояние между свободнымн опорами

Днаметр трубопроводов в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70/76	82/89	100/108	125/133	158/168
Расстояние между опорами при изолированных трубопроводах в *м*	—	—	2	2	2,5	3	3	4	4	4,5	5	6
То же, при неизолированных трубопроводах в *м*	1,5	2,5	3	4	4	5	5	6	6	6,5	7	8

Примечание. Не рекомендуется трубы диаметром 10 и 15 *мм* прокладывать в таких местах, где они должны быть изолированы.

Тепловая изоляция. Изоляционный материал для изоляции трубопроводов можно выбирать по справочникам; ориентировочно толщину слоя материала рекомендуется принимать по табл. 10.

Таблица 10

Рекомендуемая толщина изоляции в зависимости от наружного диаметра трубопровода

Днаметр трубы в *мм*	Толщина изоляции в *мм*
До 25	30
25—50	40
76—108	50

Примечание. При бо́льших диаметрах толщина изоляции определяется расчетом.

3. РАСЧЕТ ДВУХТРУБНЫХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

К расчету трубопроводов системы отопления можно приступать лишь после того, как закончены в процессе проектирования следующие этапы:

а) определены теплопотери помещений;

б) выбраны типы нагревательных приборов; определены необходимые поверхности нагрева и произведено размещение нагревательных приборов на планах здания;

в) выбрана система отопления и схема разводки магистралей;

г) определено расчетное циркуляционное кольцо;

д) указаны на схеме величины тепловых нагрузок нагревательных приборов в *ккал/час*; рядом с номерами участков проставлены значения величин тепловых нагрузок в *ккал/час* и длина участков в *м*;

е) размещены на планах и разрезах здания горячие и обратные стояки;

ж) обозначены римскими цифрами номера стояков и стрелками указано направление уклона трубопроводов (но не движение теплоносителя);

з) определены размер расширительного сосуда и его расположение в здании, размещены воздуховыпускные устройства.

Пример 1. Рассчитать двухтрубную систему водяного отопления с естественной циркуляцией и нижним распределением воды (нижняя разводка). При определении диаметров труб потери тепла трубопроводами и дополнительное давление от охлаждения воды в них не учитываются.

Схема отопления приведена на рис. 9. На схеме в числителе указывается количество поступающего тепла в *ккал/час*, а в знаменателе — длина расчетного участка в *м*.

Температура воды в трубопроводе равна: в подающем 95°, в обратном 70°.

Прежде чем перейти к расчету, заполняем в табл. 11 столбцы 1, 2, 3 и 4, выписываем количество тепла и длину участков, приведенных на схеме рис. 9. Затем последовательно производим вычисление предварительных диаметров труб и делаем подсчет потерь давления на трение и местные сопротивления. После этого заполняем графы 5—10. Находим величину z. Производим в окончательном расчете пересчет отдельных диаметров труб до получения необходимого результата.

Циркуляционное кольцо через стояк XIII и прибор первого этажа (участки *1—18*).

Самым неблагоприятным кольцом в системе являются стояк XIII, наиболее удаленный от котла, и прибор первого этажа, наиболее низко расположенный по отношению к котлу (участки *1—18*).

Величина естественного давления определяется по формуле (33):

$$H_1 = h_1(\gamma_0 - \gamma_г) = 3{,}4\,(977{,}81 - 961{,}92) = 3{,}4 \cdot 15{,}89 = 54\ кг/м^2.$$

Общая длина участков *1—18* расчетного кольца $\Sigma l = 83{,}5$ *м*. На местные сопротивления оставляем (по приложению 9) $a=0{,}5$; следовательно, предварительная величина падения давления на 1 *м* трубопровода будет

$$\frac{H_1(1-a)}{\Sigma l} = \frac{54\,(1-0{,}5)}{83{,}5} = 0{,}32\ кг/м^2.$$

По предварительной величине падения давления и количеству требуемого тепла на участках *1—18* находят по расчетной табл. 1 диаметры труб и записывают их в графу 5 табл. 11.

Для определения величины местных сопротивлений участков *1* и *18* должен быть известен способ присоединения нагревательных приборов к стояку. Полагаем, что при установке нагревательных приборов без ниш эти присоединения будут выполнены с утками при наличии ниш (утки можно не делать). Зная диаметры трубопроводов и выяснив, какие будут местные сопротивления по всем расчетным участкам, определяем величины местных сопротивлений по участкам расчетного кольца. Значения коэффициентов местных сопротивлений приводятся в приложении 2. Далее приводим величины местных сопротивлений по кольцу.

Участок *1*

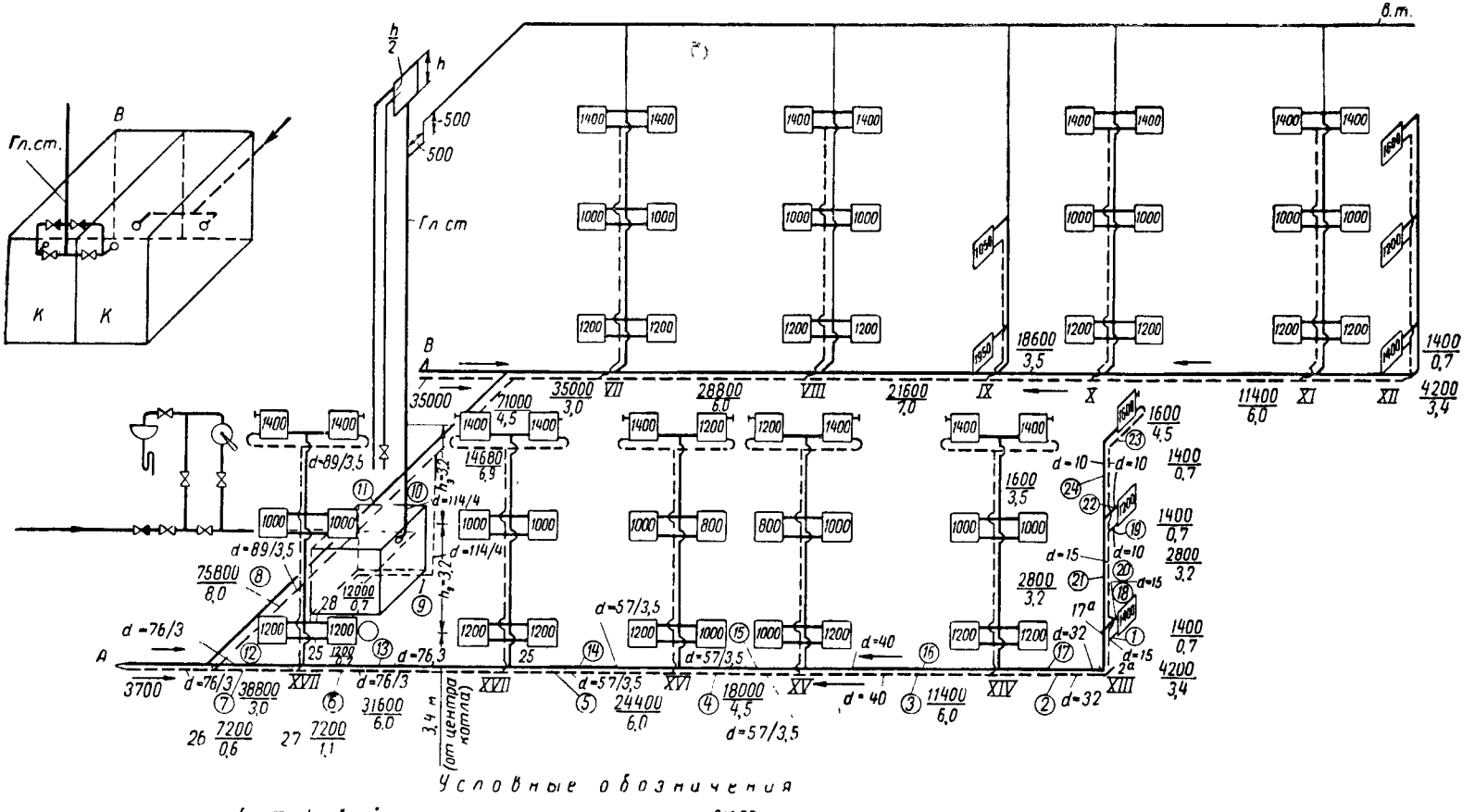
Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=0{,}85$
Два отвода, $d=15$ *мм* (для скорости движения воды $v=0{,}083$ *м/сек*) . $\zeta=1{,}4 \cdot 2 = 2{,}8$
Тройник при слиянии потока на ответвлении (§ 1 группа IV приложения 2) $\zeta=0{,}86$
$\Sigma\zeta=4{,}51$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{1400}{4200} = 0{,}33.$$

Участок *2*

Два отвода, $d=25$ *мм* . . . . . $\zeta=0{,}8 \cdot 2=1{,}6$
Тройник проходной (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta=4{,}5$
$\Sigma\zeta=6{,}1$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{4200}{11400} = 0{,}37.$$



Условные обозначения

Гл ст - Главный стояк

→ Уклон труб i=0,003

А и В Места разрывов схемы второй половины здания

1000 Нагревательный прибор с указанием количества тепла в ккал/час

31600 — Нагрузка участка

6 — Длина участка

⋈ — Обратный клапан

⋈ — Вентиль

①,② — Номера участков

— Кран для выпуска воздуха

Рис. 9. Двухтрубная система водяного отопления с нижним распределением воды (нижняя разводка)

Участок *3*

Тройник проходной . . . . . $\zeta=1,25$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{11\,400}{18\,000}=0,64.$$

Участок *4*

Тройник проходной . . . . . $\zeta=0,94$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{18\,000}{24\,400}=0,74.$$

Участок *5*

Тройник проходной . . . . . $\zeta=0,9$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{24\,400}{31\,600}=0,77.$$

Участок *6*

Тройник проходной . . . . . $\zeta=0,86$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{31\,600}{38\,800}=0,81.$$

Участок *7*

Тройник противоточный (§ 3 приложения 2) . . . . . $\zeta=4,9$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{38\,800}{75\,800}=0,51.$$

Участок *8*

Тройник противоточный . . . . . $\zeta=4,8$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{75\,800}{146\,800}=0,52.$$

Участок *9*

Четыре отвода, d=114/4 *мм* . . . . . $\zeta=0,2\cdot4=0,8$

Половина чугунного котла . . . . . $\zeta=1,25$

$\Sigma\zeta=2,05$

Участок *10*

Отвод, $d=114/4$ *мм* . . . . . $\zeta=0,2$

Скоба, $d=114/4$ „ . . . . . $\zeta=0,4$

$\Sigma\zeta=0,6$

Участок *11*

Крестовина при делении потока на повороте . . . . . $\zeta=4,7$

$$d_0=\frac{89}{114}=0,78;\qquad \frac{G_{отв}}{G_{ств}}=\frac{3\,032}{5\,872}=0,52.$$

Участок *12*

Тройник на ответвлении (§ 4 приложения 2) . . . . . $\zeta=6,3$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{38\,800}{75\,800}=0,51.$$

Участок *13*

Тройник проходной (§ 5) . . . . . $\zeta=0,86$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{31\,600}{38\,800}=0,81.$$

Участок *14*

Аналогично участку *5* . . . . . $\zeta=0,9$

Участок *15*

Аналогично участку *4* . . . . . $\xi=0,94$

Участок *16*

Аналогично участку *3* . . . . . $\zeta=1,25$

Участок *17*

Аналогично участку *2* . . . . . $\zeta=6,1$

Скоба, $d=25$ *мм* . . . . . $\zeta=0,7$

$\Sigma\zeta=6,8$

Участок *18*

Два отвода, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=1,4\cdot2=2,8$

Кран двойной регулировки, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=4$

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=0,85$

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 2, группа IV приложения 2) . . . . . $\Sigma\zeta=8,99$

$\zeta=1,34$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{1400}{2800}=0,5.$$

В табл. 11 заносятся последовательно данные, полученные из расчетной табл. 1. Так, например, в графе 6 проставляются скорости воды, в графе 7—величины падения давления на трение R, соответствующие принятому количеству тепла каждого участка; в графе 8 — произведение значений R из графы 7 на величину длины участка, взятую по графе 4; в графе 9 заносится сумма величин местных сопротивлений, полученная по расчету, приведенному выше; в графу 10 проставляются величины z — потери давления в местных сопротивлениях, взятые из табл. IV по найденным для каждого участка скоростям воды w и сумме единиц местных сопротивлений ζ.

Суммируем величины Rl и z всех участков циркуляционного кольца прибора первого этажа, внесенные в графы 8 и 10 табл. 11. В итоге получаем величину $\Sigma(Rl+z)=$ $=33,78+37,28=71,06$ *кг/м²*, которая значительно больше располагаемого давления. Поэтому необходимо увеличить диаметры труб на отдельных участках так, чтобы расходуемое на всех участках давление было на 10% меньше располагаемого. Наиболее рационально принимать такие диаметры, при которых может получиться наибольшая экономия металла. Увеличим диаметры труб на участках *1, 2, 7, 8, 11, 12, 17* и *18*. В этом случае расходуемое давление составит 48,5 *кг/м²*, что дает запас в размере 10% и не выходит за рамки допустимого [см. формулу (41)]:

$$\Sigma(Rl+z)=(0,9\div0,92)H.$$

Циркуляционное кольцо через прибор второго этажа и стояк XIII (участки *19—22*)

Величина естественного давления в кольце [см. формулу (33)]

$$H_2=h_2(\gamma_о-\gamma_г)=3,2(977,81-961,92)=51\ кг/м^2.$$

Потери давления на участках *1* и *18*

$$H=\Sigma(Rl+z)=0,16+0,5+0,16+0,78=1,6\ кг/м^2.$$

Располагаемое давление

$$H_р=H_2+H=51+1,6\approx52,6\ кг/м^2.$$

Общая длина участков *19—22* составляет $\Sigma l=7,8$ *м*.

Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* R составляет

$$R=\frac{H(1-a)}{\Sigma l}=\frac{52,6(1-0,5)}{7,8}=3,37\ кг/м^2.$$

Для данного кольца подбираем диаметры трубопроводов по участкам и величины местных потерь так же, как для первого кольца; результаты записываем в расчетный бланк. Ниже приводим величину местных сопротивлений по всему кольцу.

Участок *19*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=0,85$

Два отвода, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=1,4\cdot2=2,8$

Тройник при слиянии потока на ответвлении (§1, группа I приложения 2) $\zeta=1,05$

$\Sigma\zeta=4,7$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{1200}{2800}=0,43.$$

Участок *20*

Скоба, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=2,1$

Тройник проходной (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta=1,15$

$\Sigma\zeta=3,25$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{2800}{4200}=0,67.$$

Участок *21*

Тройник проходной (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta=1,15$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{2800}{4200}=0,67.$$

Участок *22*

Два отвода, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=1,4\cdot2=2,8$

Кран двойной регулировки, $d=15$ *мм* . . . . . $\zeta=4$

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=0,85$

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 2, группа I приложения 2) . . . . . $\zeta=3$

$\Sigma\zeta=10,65$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{1200}{1\,600}=0,75.$$

Проставляя соответствующие значения $\Sigma\zeta$ и z в табл. 11 и суммируя результаты граф 8, 10, 17 и 18, после необходимых исправлений получаем на участках *19—22* общее падение давления 43,44 *кг/м²*, что составляет запас 17% и находится в пределах допустимого, тем более что изменить диаметр труб на участках *20, 21* невозможно, так как будет перерасход потерь давления.

Циркуляционное кольцо через прибор третьего этажа и стояк XIII (участки *23, 24*)

Величина естественного давления в кольце [см. формулу (33)]

$$H_з=h_з(\gamma_о-\gamma_г)=3,2\,(977,81-961,92)=51\ кг/м^2.$$

Потеря давления на участках *1—18* и *19—22*

$$H=0,16+0,5+0,16+0,78+1,4+3,21+1,4+5,84=13,45\ кг/м^2.$$

Располагаемое давление

$$H_р=51+13,45=64,45\ кг/м^2.$$

Общая длина участков *23, 24* составляет $\Sigma l=8$ *м*.

Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* R составляет

$$R=\frac{H\,(1-a)}{\Sigma l}=\frac{64,45\,(1-0,5)}{8}=4\ кг/м^2$$

Ниже приводим величину местных сопротивлений по кольцу.

Участок *23*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=1$

Пять отводов, $d=10$ *мм* . . . . . $\zeta=2\cdot5=10$

Скоба, $d=10$ *мм* . . . . . $\zeta=4$

Тройник проходной (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta=1{,}6$

$\Sigma\zeta=16{,}6$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{1600}{2800}=0{,}57.$$

Участок *24*

Тройник проходной (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta=1{,}6$

Три отвода, $d=10$ *мм* . . . . . $\zeta=2\cdot3=6$

Кран двойной регулировки, $d=10$ *мм* . . . . . $\zeta=5$

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=1$

$\Sigma\zeta=13{,}6$

По предварительному расчету получили расход потерь давления меньше располагаемого давления $54{,}7<64{,}45$ *кг/м²*, что дает запас давления, близкий к норме — 15%. Изменять диаметры невозможно, так как приняты минимальные диаметры. При необходимости изменять диаметры одного участка, лучше изменить диаметр с охлажденной водой и только на всю длину, чтобы упростить монтаж.

Горизонтальные трубы не рекомендуется применять диаметром менее 20 *мм*, меньшие диаметры быстрее загрязняются и резко увеличиваются потери давления.

Циркуляционное кольцо через прибор первого этажа и стояк XVIII (участки *25—28*)

Величина естественного давления аналогична давлению в кольце через стояк XIII для первого этажа

$$H_р=54\ кг/м^2.$$

Общая длина участков *25—28* составляет $\Sigma l=3{,}1$ *м*.

Потеря давления в общих участках с первым кольцом *7—12*

$$\Sigma\,(Rl+z)_{7-12}=7{,}52+16{,}23=23{,}75\ кг/м^2\ .$$

Предварительная величина падения давления на 1 *м* трубопровода

$$R=\frac{(54-23{,}75)}{3{,}1\ (1-0{,}5)}=4{,}85\ кг/м^2.$$

Определяем величины местных сопротивлений в кольце.

Участок *25*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta=1$

Два отвода, $d=10$ *мм* . . . . . $\zeta=2\cdot2=4$

Крестовина при слиянии потока на ответвлении . . . . . $\zeta=1{,}5$

$\Sigma\zeta=6{,}5$

$$Q_{отв\,1}=Q_{отв\,2};$$

$$d_0=\frac{1}{20}=0{,}5;\quad \frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{1200}{7200}=0{,}17.$$

Участок *26*

Скоба, $d=20$ *мм* . . . . . $\zeta=1$

Отвод, $d=20$ *мм* . . . . . $\zeta=1{,}1$

Тройник при слиянии потока на ответвлении (§ 1, группа VII приложения 2) . . . . . $\zeta = 0{,}6$

$\Sigma\zeta = 2{,}7$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{7200}{38800} = 0{,}185.$$

Участок 27

Скоба, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1$

Отвод, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1$

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 2, группа VII приложения 2) . . . . . $\zeta = 1{,}1$

$\Sigma\zeta = 3{,}2$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{7200}{38800} = 0{,}185$$

Участок 28

Два отвода, $d = 10$ *мм* . . . . . $\zeta = 2 \cdot 2 = 4$

Кран двойной регулировки, $d = 10$ *мм* . . . $\zeta = 6$

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 1$

Крестовина при делении потока на ответвлении $\zeta = 9$

$\Sigma\zeta = 20$

$$d_0 = \frac{d_{отв}}{d_{ств}} = \frac{10}{20} = 0{,}5; \quad \frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{1200}{7200} = 0{,}17.$$

После изменения диаметров на отдельных участках получили запас давления 6%, т. е. в пределах допустимого. На всех горячих подводках к нагревательным приборам, кроме лестничной клетки, устанавливают краны двойной регулировки.

Аналогичным образом рассчитываются и остальные кольца по ответвлениям и стоякам, как было указано ранее.

Пример 2. Определить величину дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах в системе отопления с нижней разводкой (на основе данных примера 1). Главный стояк и магистральные трубопроводы изолированы, к. п. д. изоляции $\eta_{из} = 0{,}8$, все остальные трубопроводы не изолированы. Магистральные трубопроводы прокладываются в подпольном канале с температурой воздуха $t_в = +50°$.

По найденным диаметрам труб (см. пример 1) производим расчет охлаждения воды в трубопроводах и определяем фактическую величину действующего давления.

Расчет охлаждения воды в трубопроводах проводим, пользуясь формулой (35) или приложением 1, и по этим данным определяем падение температуры в отдельных участках кольца.

Результаты подсчетов заносим в табл. 12. В ней указаны объемные веса, соответствующие средней температуре воды на участках, а также протяженность вертикальных участков кольца h'. В остальном таблица составляется так же, как и табл. 11.

После того, как выявлено падение температуры воды по участкам трубопровода, определяется фактически действующее давление, создаваемое разностью весов горячей и охлажденной воды в соответствующих вертикальных участках рассматриваемого кольца

$$H = (h_п \gamma_{ср.п} + h_{2а}\gamma_{ср\,2а} + h_{9а}\gamma_{ср9а}) - (h_{17а}\gamma_{ср\,17а} + h_{10а}\gamma_{ср10а} + h_к \gamma_{ср.к}),$$

где $h_п$ — высота нагревательного прибора в *м*;

$h_к$ — высота котла в *м*;

$\gamma_{ср.п}$ и $\gamma_{ср.к}$ — средние объемные веса воды в нагревательном приборе и котле в *кг/м*^{3}; $h_{2а}, h_{17а}$... — высоты вертикальных отрезков труб соответствующих участков.

После подстановки получим

$$(0{,}5 \cdot 971{,}4 + 0{,}6 \cdot 979 + 3{,}2 \cdot 979{,}33) - (0{,}6 \cdot 962{,}40 +$$
$$+ 2 \cdot 961{,}92 + 1{,}7 \cdot 971{,}21) = 53{,}67\ кгс/м^2 \approx 54\ кг/м^2,$$

т. е. примерно равно принятому выше.

Таблица 11

Результаты расчета трубопроводов системы водяного отопления с нижним распределением воды

По схеме трубопроводов				По предварительному расчету						По окончательному расчету						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t = 25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	наружный диаметр трубы d в *мм*	скорость воды на участке w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	наружный диаметр трубы в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кольцо прибора первого этажа через стояк XIII. Общая длина кольца 83,5 м. Располагаемое давление $H=54$ кг/м². $R = 0{,}32$ кг/м²																	
1	1 400	56	0,7	15	0,083	0,85	0,6	4,51	1,54	20	0,044	0,22	0,16	4,85	0,5	—0,44	—1,04
2	4 200	168	3,4	25	0,082	0,6	2,04	6,1	2,14	32	0,047	0,13	0,44	5,1	0,55	—1,6	—1,59
3	11 400	456	6	40	0,094	0,4	2,4	1,25	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—
4	18 000	720	4,5	57,3,5	0,1	0,34	1,53	0,94	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—
5	24 400	975	6	50	0,13	0,5	3	0,9	0,77	—	—	—	—	—	—	—	—
6	31 600	1 264	6	76/3	0,093	0,2	1,2	0,86	0,37	—	—	—	—	—	—	—	—
7	38 800	1 552	3	76/3	0,112	0,28	0,84	4,9	3,1	83/3,5	0,095	0,18	0,54	4,9	2,22	—0,3	—0,88
8	75 800	3 032	8	89/3,5	0,163	0,45	3,6	4,8	6,35	102/4	0,122	0,22	1,76	4,8	3,55	—1,84	—2,8
9	146 800	5 872	6,9	114/4	0,178	0,4	2,76	2,05	3,15	—	—	—	—	—	—	—	—
10	146 800	5 872	2	114/4	0,178	0,4	0,8	0,6	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—
11	75 800	3 032	6,9	89/3,5	0,163	0,45	3,1	4,7	6,25	102/4	0,122	0,22	1,52	4,7	3,52	—1,58	—2,73
12	38 800	1 552	3	76/3	0,112	0,28	0,84	6,3	4	83/3,5	0,95	0,18	0,54	6,3	2,84	—0,3	—1,16
13	31 600	1 264	6	76/3	0,093	0,2	1,2	0,86	0,37	—	—	—	—	—	—	—	—
14	24 400	975	6	50	0,13	0,5	3	0,9	0,77	—	—	—	—	—	—	—	—
15	18 000	720	4,5	57,3,5	0,1	0,34	1,53	0,94	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—
16	11 400	456	6	40	0,094	0,4	2,4	1,25	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—
17	4 200	168	3,9	25	0,082	0,6	2,34	6,8	2,4	32	0,047	0,13	0,51	5,9	0,65	—1,83	—1,75
18	1 400	56	0,7	15	0,083	0,85	0,6	8,99	3,06	20	0,044	0,22	0,16	7,7	0,78	—0,44	—2,28
			$\Sigma l = 83{,}5$														

По предварительному расчету $\Sigma(Rl + z) = 33{,}78 + 37{,}28 = 71{,}06 > 54$ *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl + z) = 71{,}06 - (8{,}33 + 14{,}23) = 48{,}5$ *кг/м²*

Запас $100 - \frac{48{,}5}{54} : 100 = 10\%$

Продолжение табл. 11

По схеме трубопроводов				По предварительному расчету						По окончательному расчету						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t = 25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	наружный диаметр трубы d в *мм*	скорость воды на участке w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	наружный диаметр трубы в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кольцо прибора второго этажа через стояк XIII. Общая длина кольца 7,8 м. Располагаемое давление $H = 52{,}6$ кг/м². $R = 3{,}37$ кг/м²																	
19	1 200	48	0,7	15	0,069	0,7	0,49	4,7	1,4	10	0,102	2	1,4	6,1	3,21	+0,91	+1,81
20	2 800	112	3,2	15	0,164	4	12,8	3,25	4,43	—	—	—	—	—	—	—	—
21	2 800	112	3,2	15	0,164	4	12,8	1,15	1,56	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1 200	48	0,7	15	0,069	0,7	0,49	10,65	2,52	10	0,102	2	1,4	11,1	5,84	+0,91	+3,32
			$\Sigma l = 7{,}8$														

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z) = 26{,}58+9{,}91 = 36{,}49$ *кг/м²* $< 52{,}6$ *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z) = 36{,}49+1{,}82+5{,}13 = 43{,}44$ *кг/м²*

$$\text{Запас } 100-\frac{43{,}44}{52{,}6}\cdot 100 = 17\%$$

Кольцо прибора третьего этажа через стояк XIII. Общая длина кольца 8 м. Располагаемое давление $H = 64{,}45$ кг/м², $R = 4$ кг/м²

23	1 600	64	4,5	10	0,135	3,4	15,3	16,6	15,1	—	—	—	—	—	—	—	—
24	1 600	64	3,5	10	0,135	3,4	11,9	13,6	12,4	—	—	—	—	—	—	—	—
			$\Sigma l = 8$														

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z) = 27{,}2+27{,}5 = 54{,}7$ *кг/м²* $< 64{,}45$ *кг/м²*

$$\text{Запас } 100-\frac{54{,}7}{64{,}45}\cdot 100 = 15\%$$

Кольцо прибора первого этажа через стояк XIII. Общая длина кольца 3,1 м. Располагаемое давление $H = 54-24{,}15 = 29{,}85$ кг/м². $R = 4{,}85$ кг/м²

25	1 200	48	0,7	10	0,102	2	1,4	6,5	3,33	15	0,069	0,7	0,49	6,7	1,64	−0,91	−1,69
26	7 200	288	0,6	20	0,219	4,5	2,7	2,7	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—
27	7 200	288	1,1	20	0,219	4,5	5	3,2	7,75	—	—	—	—	—	—	—	—
28	1 200	48	0,7	10	0,102	2	1,4	20	10,54	15	0,069	0.7	0,49	13,7	3,4	−0,91	−7,14
			$\Sigma l = 3{,}1$														

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z) = 10{,}5+28{,}22 = 38{,}72 > 29{,}85$ *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z) = 38{,}72-(0{,}91+0{,}91+1{,}69+7{,}14) = 28{,}07$ *кг/м²*

$$\text{Запас } 100-\frac{28{,}07}{29{,}85}\cdot 100 = 6\%$$

Таблица 12

Расчетная ведомость дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах

№ участка	Количество протекающей воды G в *кг/час*	Длина участка l в *м*	Наружный диаметр трубы d в *мм*	Поверхность 1 *м* трубы f в $м^2$	Коэффициент теплоотдачи труб k в *ккал/м² час град*	Теплоотдача трубопроводами Uf_k в *ккал/час град*	Коэффициент уменьшения теплоотдачи трубы в зависимости от способа прокладки	Величина потерь тепла $(1-\eta)$	Температура воды в начале участка $t_н$	Температура окружающего воздуха $t_в$	Разность температур $t_н - t_в$	Падение температуры на участке [формула (35)] Δt	Конечная температура на участке $t_к$	Средняя температура на участке $t_{ср}$	Средний объемный вес воды на участке $\gamma_{ср}$ в $кг/м^3$	Протяженность вертикальных участков кольца h, в *м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10а	5 872	1,6	114/4	0,358	10,5	6	0,5	—	95	18	77	0,04	94,96	94,98	961,92	2
11	3 032	6,9	102/4	0,32	9,5	21	1	0,2	94,96	50	44,96	0,065	94,9	94,93	961,99	—
12	1 552	3	83/3,5	0,261	9,5	7,5	1	0,2	94,9	50	44,9	0,043	94,857	94,87	961,99	—
13	1 264	6	76/3	0,239	9,5	13,7	1	0,2	94,857	50	44,857	0,1	94,757	94,807	962,07	—
14	975	6	50	0,189	9,5	10,8	1	0,2	94,757	50	44,757	0,1	94,657	94,707	972,13	—
15	720	4,5	57/3,5	0,179	9,5	7,65	1	0,2	94,657	50	44,677	0,097	94,56	94,61	962,2	—
16	456	6	40	0,151	9,5	8,6	1	0,2	94,56	50	44,56	0,16	94,4	94,48	962,27	—
17а	168	0,6	32	0,133	11	0,86	0,5	—	94,4	18	76,4	0,2	94,2	94,3	962,4	0,6
18	56	0,7	20	0,084	12,5	0,74	1	—	94,2	18	76,2	1	93,2	93,7	962,82	—
Нагревательный прибор	56	0,5	—	—	—	—	—	—	93,2	В нагревательном приборе вода охлаждается на 25°			68,2	80,7	971,4	0,5
1	56	0,7	20	0,084	11,5	0,73	1	—	68,2	18	50,2	0,65	67,55	67,88	979	—
2а	4 200	0,6	32	0,133	9,5	0,77	0,5	—	67,55	18	49,55	—	—	67,88	979	0,6
9а	5 872	3,2	114/4	0,358	9,5	10,8	0,5	—	67,55	18	49,55	0,046	67,09	67,32	979,33	3,2
Котел	Температура воды в котле повышается от 67,09 до 95°								—	—	—	—	95	81,05	971,21	1,7

Примечание. Буква „а" у номеров участков обозначает, что рассматривается только вертикальная часть расчетных участков.

Таким образом, можно сделать вывод, что при нижней разводке отсутствует дополнительное давление от охлаждения воды в трубопроводах. Это объясняется тем, что в этих системах практически отсутствует главный стояк (он доходит только до первого этажа), горячая магистраль прокладывается в теплых каналах и вода поступает в прибор с температурой +93,2°, почти равной +95°.

Следует также учесть, что при нижней разводке трубопроводов в системе в верхних точках горячих стояков температура более низкая и она как бы препятствует подъему воды. В силу сказанного по старому ОСТ 90036—39 при нижней разводке добавочное давление от охлаждения воды в трубопроводах предлагалось не учитывать. Мы тоже (приложение 1) это не предусматриваем.

Пример 3. Требуется произвести расчет двухтрубной системы водяного отопления с естественной циркуляцией воды, верхней тупиковой разводкой и учетом потерь тепла трубопроводами.

Температура воды у выхода из котла равна +95°, температура обратной воды +70°. Температура воздуха на чердаке — 20°; главный стояк, магистральные трубопроводы и стояк на лестничной клетке изолированы; к. п. д. изоляции $\eta_{из}=0{,}8$. Все остальные трубопроводы не изолированы. Главный стояк проложен открыто; подающие магистрали проложены на чердаке, а обратные — в подвале. Присоединения нагревательных приборов и разводка трубопроводов показаны на рис. 10.

Определение предварительных диаметров труб начинают с самого неблагоприятно расположенного в отношении потерь давления циркуляционного кольца прибора *3* стояка *V* (участки *1—17*).

Естественное давление для первого этажа без учета дополнительного давления за счет потерь тепла трубопроводом

$$H_1 = h_1(\gamma_0 - \gamma_г) = 3{,}5 \cdot 15{,}89 = 55{,}61\ кг/м^2.$$

Дополнительное давление за счет охлаждения воды в трубопроводах (по приложению 1)* равно 31 *кг/м²*.

Располагаемое давление

$$H_р = 86{,}61\ кг/м^2.$$

Оставляем на местные сопротивления по приложению 3

$$a = 1 - 0{,}5.$$

Общая длина кольца, состоящего из участков *1—17*:

$$\Sigma l = 1 + 5 + 5{,}5 + 3{,}7 + 5 + 9{,}1 + 14{,}8 + 1{,}5 + 1{,}3 + 13{,}4 + \\ + 8 + 4{,}5 + 3{,}7 + 4{,}1 + 6{,}2 + 3 + 1 = 90{,}8\ м.$$

Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* трубопровода

$$R = \frac{86{,}61\,(1 - 0{,}5)}{90{,}8} = 0{,}48\ кг/м^2$$

R=0,48 *кг/м²* принимается для предварительного определения диаметров трубопроводов, которые заносятся в табл. 13.

По найденным диаметрам труб производим расчет охлаждения воды в трубопроводах, пользуясь формулой (35), по которой определяем падение температуры в отдельных участках кольца, или приложением 1. После этого определяем фактическую величину действующего давления.

Результаты подсчетов заносим в табл. 14.

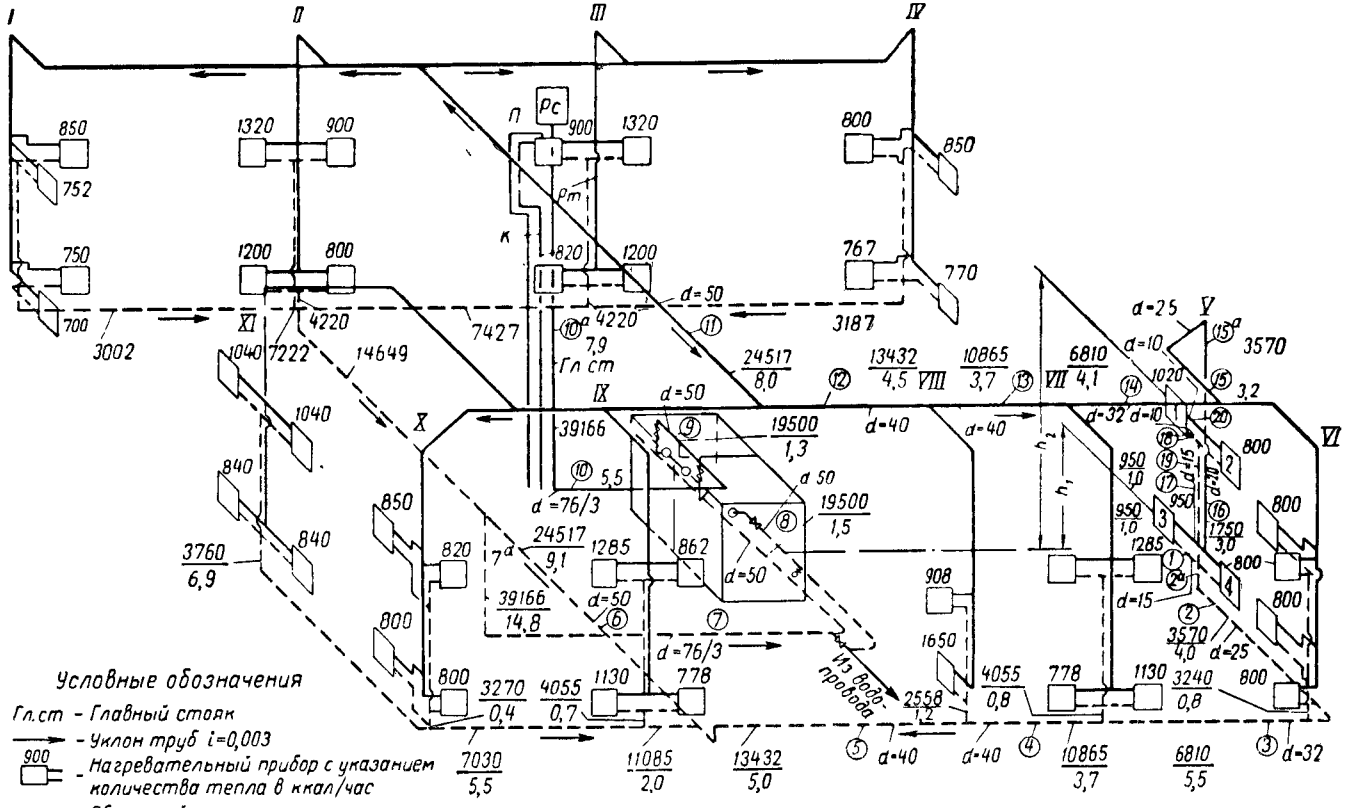
После того, как выявлена величина понижения температуры воды по расчетным участкам трубопровода, может быть определено фактически действующее давление, создаваемое разностью весов правого и левого столбов воды рассматриваемого кольца:

$$H = (h_{15а}\gamma_{ср\,15а} + h_{16}\gamma_{ср\,16} + h_{п}\gamma_{ср.п} + h_{2а}\gamma_{ср\,2а} + h_{7а}\gamma_{ср\,7а}) - \\ - (h_{10а}\gamma_{ср\,10а} + h_{к}\gamma_{ср.к} = (3{,}2 \cdot 964{,}29 + 3 \cdot 964{,}88 + 0{,}5 \cdot 974{,}41 + \\ + 1 \cdot 982{,}02 + 3{,}2 \cdot 982{,}05) - (9{,}2 \cdot 962{,}27 + 1{,}7 \cdot 972{,}67) = 85{,}93\ кг/м^2,$$

т. е. оно почти равно предварительно принятому. Далее определяем величины местных сопротивлений.

---

* Составлено автором.



Условные обозначения

Гл.ст - Главный стояк

→ - Уклон труб i=0,003

900 - Нагревательный прибор с указанием количества тепла в ккал/час

⋈ - Обратный клапан

⋈ - Вентиль

Р.с. - Расширительный сосуд

I, II, III... - Обозначение стояков

①, ② - Номера участков

24517 / 9,1 - Тепловая нагрузка участка / Длина участка

Рис. 10. Двухтрубная система водяного отопления с естественной циркуляцией воды и верхней тупиковой разводкой трубопроводов

Таблица 13

Результаты расчета трубопроводов двухтрубной системы водяного отопления с верхним распределением воды

Из схемы трубопроводов				Данные предварительного расчета						Данные окончательного расчета						Разница	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t=25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t=1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	диаметр трубы d в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря напора в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	диаметр трубы в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кольцо прибора 3, стояк V. Общая длина кольца 90,8 м. Располагаемое давление H=85,93 кг/м². R=0,48 кг/м²																	
1	950	38	1	15	0,054	0,45	0,45	6,3	0,96	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3 570	143	5	25	0,071	0,36	1,8	3,8	0,94	—	—	—	—	—	—	—	—
3	6 810	275	5,5	32	0,075	0,34	1,87	1,4	0,39	25	0,136	1,5	8,25	1,4	1,27	+6,37	+0,88
4	10 865	435	3,7	40	0,092	0,38	1,4	0,85	0,38	32	0,12	0,8	2,96	0,85	0,61	+1,09	+0,23
5	13 432	528	5	40	0,112	0,55	2,75	2	1,27	—	—	—	—	—	—	—	—
6	24 517	980	9,1	50	0,13	0,5	4,55	3,9	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—
7	39 166	1 565	14,8	76/3	0,112	0,28	4,15	1,1	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	19 500	780	1,5	50	0,102	0,32	0,48	3,65	1,93	—	—	—	—	—	—	—	—
9	19 500	780	1,3	50	0,102	0,32	0,42	3,65	1,93	—	—	—	—	—	—	—	—
10	39 166	1 565	13,4	76/3	0,112	0,28	3,75	2,6	1,64	—	—	—	—	—	—	—	—
11	24 517	980	8	50	0,13	0,5	4	2	1,69	—	—	—	—	—	—	—	—
12	13 432	528	4,5	40	0,112	0,55	2,48	6,3	4	—	—	—	—	—	—	—	—
13	10 865	435	3,7	40	0,092	0,38	1,4	0,85	0,38	32	0,12	0,8	2,96	0,85	0,61	+1,09	+0,23
14	6 810	275	4,1	32	0,075	0,34	1,4	1,4	0,39	25	0,136	1,5	6,15	1,4	1,27	+4,75	+0,88
15	3 570	143	6,2	25	0,071	0,36	2,23	2,8	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1 750	70	3	20	0,058	0,32	0,96	2,9	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—
17	950	38	1	15	0,054	0,45	0,45	1,39	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—
			Σl=90,8														

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)$=34,54+21,51=56,05<85,93 *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z)$=56,05+6,37+0,88+(1,09+0,23)2+4,75+0,88=71,67 *кг/м²*

$$\text{Запас } 100-\frac{71,67}{85,93}\cdot 100=16,5\%$$

Кольцо прибора 1, стояк V. Общая длина кольца 5м. Располагаемое давление H=135,22—85,93=49,29 кгс/м². R=5,2 кг/м²

18	1 020	41	1	10	0,086	1,3	1,3	9,5	3,44	—	—	—	—	—	—	—	—
19	1 820	73	3	10	0,156	4,5	13,5	7,6	9,15	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1 020	41	1	10	0,086	1,3	1,3	14,1	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z)$=16,1+17,89=33,99 *кг/м²*

$$\text{Запас } \frac{33,99}{49,29}\cdot 100=31\%$$

Таблица 14

Расчетная ведомость дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах с верхним распределением воды

№ участка	Количество протекающей воды G в *кг/час*	Длина участка l в *м*	Наружный диаметр трубы d в *м*	Поверхность 1 *м* трубы f в $м^2$	Коэффициент теплоотдачи труб k в *ккал/м² час град*	Теплоотдача трубопроводами lfk в *ккал/час град.*	Коэффициент уменьшения теплоотдачи трубы в зависимости от способа прокладки	Величина потерь тепла $(1-\eta)$	Температура воды в начале участка $t_н$	Температура окружающего воздуха $t_в$	Разность температур $t_н - t_в$	Падение температуры на участке [формула (35)] Δt	Конечная температура на участке $t_к$	Средняя температура на участке $t_{ср}$	Средний объемный вес воды на участке $\gamma_{ср}$ в $кг/м^3$	Протяженность вертикальных участков кольца h' в *м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	780	1,3	50	0,189	11,5	2,83	1	—	95	18	77	0,28	94,72	94,86	962,03	—
10	1 565	5,5	76/3	0,239	11,5	15,2	1	0,2	94,72	18	76,72	0,16	94,56	94,64	962,17	—
10a	1 565	7,9	76/3	0,239	11,5	21,7	0,5	0,2	94,56	18	76,56	0,1	94,46	94,51	962,27	7,9
11	980	8	50	0,189	11,5	17,3	1	0,2	94,46	—20	114,46	0,4	94,06	94,26	962,43	—
12	528	4,5	40	0,151	11,5	7,8	1	0,2	94,06	—20	114,06	0,34	93,72	93,89	962,66	—
13	435	3,7	40	0,151	11,5	6,4	1	0,2	93,72	—20	113,72	0,33	93,39	93,56	962,93	—
14	275	4,1	32	0,133	12,5	6,85	1	0,2	93,39	—20	113,39	0,56	92,93	93,21	963,17	—
15	143	3	25	0,105	12,5	3,95	1	0,2	92,93	—20	112,93	0,62	92,31	92,62	963,56	—
15a	143	3,2	25	0,105	12,5	4,2	0,5	—	92,31	18	74,31	1,09	91,22	91,54	964,29	3,2
16	70	3	20	0,084	12,5	3,15	0,5	—	91,54	18	73,54	1,66	89,88	90,72	964,88	3
17	38	1	15	0,067	12,5	0,84	1	—	89,88	18	71,88	1,58	88,3	89,09	966,01	—
Нагревательный прибор	—	—	—	В нагревательных приборах вода охлаждается на 25°						—	—	—	—	—	—	—
3	38	0,5	—	—	—	—	—	—	88,3	—	—	—	63,3	75,80	974,41	0,5
1	38	1	15	0,067	11	0,735	1	1	63,3	18	45,3	0,87	62,43	62,86	981,8	—
2a	143	1	25	0,105	11	1,16	0,5	1	62,43	18	44,43	0,18	62,25	62,34	982,02	1
7a	1 565	3,2	76/3	0,239	9,5	7,4	0,5	1	62,25	18	44,25	0,1	62,15	62,2	982,05	3,2
Котел	—	—	—	Температура воды в котле повышается от 62,25 до 95°						—	—	—	95	78,63	972,67	1,7
20	41	1	10	0,052	12,5	0,65	1	1	91,54	18	73,54	1,16	90,38	90,96	964,71	—
Нагревательный прибор	41	0,5		В нагревательный прибор вода входит с температурой 90,38				—	90,38	В нагревательном приборе вода охлаждается на 25°			65,38	77,88	973,14	0,5
18	41	1	10	0,052	11	0,57	1	1	65,38	18	47,38	0,66	64,72	65,05	980,56	—
19	73	3	10	0,052	11	1,72	0,5	1	65,05	18	47,05	0,55	64,5	64,78	980,72	3

Примечание. Буква „а" у номеров участков обозначает, что рассматривается вертикальная часть расчетных участков.

Участок *1*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 1{,}1$

Два отвода, $d = 15$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}5 \cdot 2 = 3$

Крестовина при слиянии потока . . . . . $\zeta = 2{,}2$

$$\Sigma \zeta = 6{,}3$$

$$d_0 = \frac{15}{25} = 0{,}6; \quad Q_1 = \frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{950}{3570} = 0{,}26.$$

$$Q_2 = \frac{Q_{отв\ 2}}{Q_{ств}} = \frac{800}{3570} = 0{,}23.$$

Участок *2*

Два отвода, $d = 25$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}8 \cdot 2 = 1{,}6$

Тройник на проходе (§ 5, приложение 2) . . . $\zeta = 2{,}2$

$$\Sigma \zeta = 3{,}8$$

$$\overline{Q}_{пр} = \frac{Q_{пр}}{Q_{ст}} = \frac{3\,570}{6\,810} = 0{,}52.$$

Участок *3*

Тройник на проходе . . . . . $\zeta = 1{,}4$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ст}} = \frac{6\,810}{10\,865} = 0{,}63.$$

Участок *4*

Тройник на проходе . . . . . $\zeta = 0{,}85$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ст}} = \frac{10\,865}{13\,432} = 0{,}81$$

и т. д.

Результаты записываем в табл. 13.

По окончательному расчету получаем запас 16,5%, что не выходит за пределы установленного.

Определяем диаметры труб стояка и подводок к нагревательным приборам второго этажа (нагревательный прибор *1*, стояк *V*, участки *18—20*).

Предварительное давление определяем по формуле (33) для второго этажа (от центра котла до центра прибора):

$$H_2 = h_2 (\gamma_о - \gamma_г) = 6{,}5 \cdot 15{,}89 = 103{,}5\ кг/м^2.$$

Дополнительное давление за счет охлаждения воды в трубопроводах составляет 31 *кг/м*^{2}. Следовательно, располагаемое давление

$$H_р = 134{,}5\ кг/м^2.$$

Общая длина расчетных участков *18—20* составляет

$$\Sigma l = 5\ м.$$

Общие участки с первым кольцом в этом кольце — *2—15;* с потерей давления

$$\Sigma (Rl + z)_{2-15} = 68{,}14\ кг/м^2.$$

Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* трубопроводов с учетом фактического расхода давления в первом кольце будет

$$\frac{\{134{,}5 - [(85{,}93 - 71{,}67) + 68{,}14]\}\ (1 - 0{,}5)}{5} = 5{,}2\ кг/м^2.$$

Фактическое давление после определения диаметров труб и падения температуры воды составляет (табл. 14)

$$H_2 = 85{,}93 + 3\ (980{,}72 - 964{,}29) = 135{,}22\ кг/м^2.$$

Как видно, охлаждение воды в верхних этажах имеет меньшее значение, так как охлаждаются параллельно горячий и обратный стояки и фактически перепад температур остается постоянным. Определяем величины местных сопротивлений.

Участок *18*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 1$

Два отвода, $d = 10$ *мм* . . . . . $\zeta = 2 \cdot 2 = 4$

Тройник на повороте (§ 3 приложения 2) . . . . . $\zeta = 4{,}5$

$\Sigma\zeta = 9{,}5$

$$\frac{Q_{\text{ств}}}{Q_{\text{ств}}} = \frac{1\,020}{1\,820} = 0{,}56.$$

Участок *19*

Скоба, $d_3 = 10$ *мм* . . . . . $\zeta = 4$

Крестовина на проходе при слиянии потока . . . $\zeta = 3{,}6$

$\Sigma\zeta = 7{,}6$

$$\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{ст}}} = \frac{1\,820}{3\,570} = 0{,}5.$$

Участок *20*

Два отвода, $d = 10$ *мм* . . . . . $\zeta = 2 \cdot 2 = 4$

Кран двойной регулировки, $d = 10$ *мм* . . . . . $\zeta = 6$

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 1$

Крестовина при делении потока на ответвлении $\zeta = 3{,}1$

$\Sigma\zeta = 14{,}1$

$$d_0 = \frac{10}{20} = 0{,}5; \quad \frac{Q_{\text{отв 1}}}{Q_{\text{ств}}} = \frac{1\,020}{1\,750} = 0{,}59;$$

$$\frac{Q_{\text{отв 2}}}{Q_{\text{ств}}} = \frac{800}{1\,750} = 0{,}46.$$

Общая потеря давления на участках *18—20* составляет 33,99 *кг/м*^{2}. Невязка давления 31%, но так как на участках *18—20* приняты минимальные диаметры труб, то остаток давления поглощается при помощи крана двойной регулировки. Следует еще раз отметить, что только благодаря диаметрам труб $d = 10$ *мм* можно поглотить столь большое давление, в противном случае в верхних этажах двухтрубной системы отопления с верхней разводкой вся регулировка возлагалась бы только на краны.

4. РАСЧЕТ ОДНОТРУБНЫХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Расчет однотрубных систем с замыкающими участками

Затекание воды в нагревательные приборы. Для расчета однотрубной системы водяного отопления могут быть использованы те же способы, которые применялись при расчете двухтрубной системы отопления как для предварительного, так и для окончательного расчетов трубопроводов. Затруднения возникают при определении количества воды, затекающей из однотрубного стояка в приборы и проходящей мимо приборов в замыкающие участки.

Распределение воды зависит от принятых диаметров труб ответвлений, замыкающего участка и тепловой нагрузки нагревательных приборов и стояка.

На основе работ Института санитарной техники Академии строительства и архитектуры СССР нами составлены графики величин коэффициентов затекания воды α в нагревательные приборы в зависимости от размеров тройников и крестовин (рис. 11), которые в итоге можно проверить по формуле (43). Значения коэффициентов местных сопро-

тивлений рекомендуется принимать по приложению 2 (как наиболее правильные).

Для расчета однотрубных систем с замыкающими участками применяются следующие формулы:

количество воды, проходящей по стояку:

$$G_{ст} = \frac{Q_{ст}}{\Delta t} \text{ л/час}; \tag{52}$$

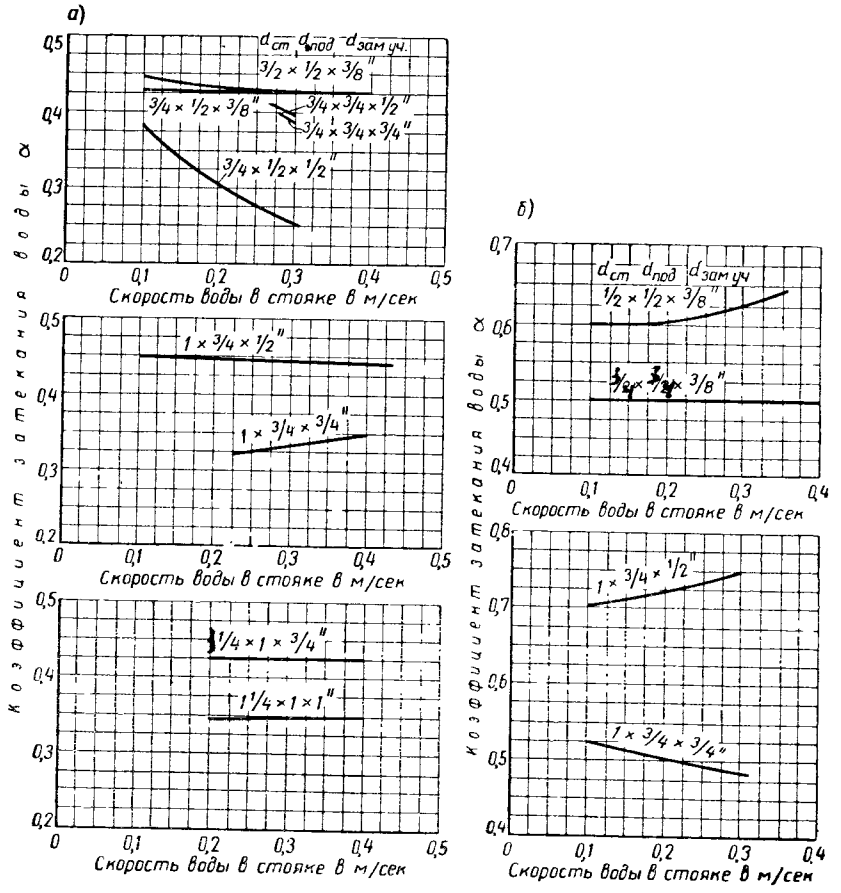


Рис. 11. Коэффициенты затекания воды в нагревательные приборы

а — при двустороннем присоединении с помощью крестовин (вода затекает в каждый нагревательный прибор); *б* — при одностороннем присоединении

количество воды, поступающей в нагревательный прибор:

$$G_{пр} = \alpha G_{ст} \text{ л/час}, \tag{53}$$

откуда

$$G_{ст} = \frac{G_{пр}}{\alpha} \text{ л/час}. \tag{54}$$

Перепад температур воды в нагревательном приборе

$$\Delta t_{пр} = \frac{Q_{пр}}{G_{пр}} = \frac{Q_{пр}}{\alpha G_{ст}} \text{ град}. \tag{55}$$

Температура выхода воды из нагревательного прибора

$$\Delta t_{пр} = t_{вх} - t_{вых} \text{ град}; \qquad (56)$$
$$t_{вых} = t_{вх} - \Delta t_{пр}$$

или

$$t_{вых} = t_{вх} - \frac{Q_{пр}}{\alpha G_{ст}} = t_{вх} - \frac{Q_{пр}}{G_{пр}}.$$

Температура смеси воды по отдельным участкам стояка

$$t_{см} = t_г - \frac{\sum_1^n Q_{пр}(t_г - t_0)}{Q_{ст}} \text{ град.}, \qquad (57)$$

где $G_{ст}$ — количество воды, проходящей по стояку, в *л/час*;

$Q_{ст}$ — количество тепла, которое должны отдать все нагревательные приборы, присоединенные к стояку, в *ккал/час*;

Δt — полный перепад температур воды в системе отопления в град.;

$G_{пр}$ — количество воды, поступающей в нагревательный прибор, в *л/час*;

α — коэффициент затекания воды в нагревательный прибор — безразмерная величина;

$\Delta t_{пр}$ — перепад температур воды в нагревательном приборе в град.;

$t_{вых}$ — температура воды, выходящей из нагревательного прибора, в град.;

$t_{вх}$ — температура воды, поступающей в нагревательный прибор, в град.;

$\sum_1^n Q_{пр}$ — суммарная теплоотдача всех нагревательных приборов, расположенных выше участка стояка, для которого производится определение температуры воды, в *ккал/час*;

$t_г$ — температура воды, поступающей в систему отопления, в град.;

t_0 — температура воды, выходящей из системы отопления, в град.

Независимо от способа определения коэффициента затекания воды, рекомендуется сделать проверку величины затекания воды в приборы гидравлическим расчетом ответвления трубопровода, используя для этого формулу (43).

Пример *1*. Рассчитать сеть трубопроводов однотрубной системы водяного отопления с замыкающими участками и попутным движением воды. При расчете необходимо учитывать потери тепла трубопроводами и дополнительное давление за счет охлаждения воды в них. Циркуляция воды в трубопроводах происходит за счет искусственного побуждения (насосная).

Теплоносителем служит вода, поступающая от теплосети; на вводе установлен элеватор; температура воды после элеватора составляет +95°; перепад температуры воды в системе 25° (температура обратной воды +70°). Подающая магистраль монтируется на чердаке, а обратная — в подпольных каналах. Стояки прокладываются открыто. Главный стояк и магистральные трубопроводы изолированы $\eta_{из} = 0{,}8$. Все остальные трубопроводы не изолируются. Присоединение нагревательных приборов и разводка труб производятся согласно рис. 12. Расчет начинаем с наиболее невыгодного циркуляционного кольца, т. е. кольца через стояк *X* (участки *1—22*).

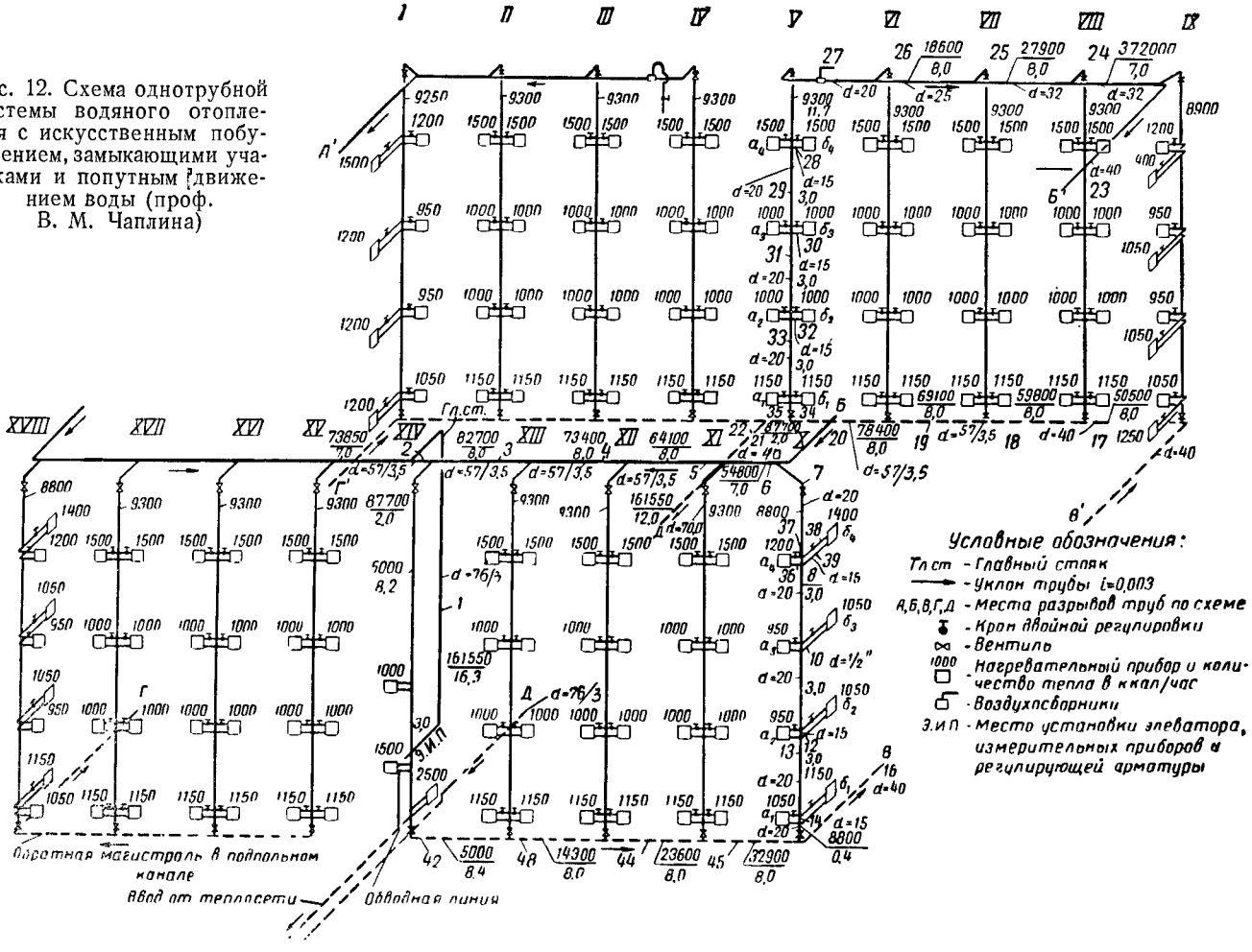


Рис. 12. Схема однотрубной системы водяного отопления с искусственным побуждением, замыкающими участками и попутным движением воды (проф. В. М. Чаплина)

Таблица 15

Результаты расчёта трубопроводов однотрубной системы водяного отопления с замыкающими участками

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета						Данные окончательного расчета						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t = 25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	диаметр трубы d в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	диаметр трубы в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кольцо через стояк X. Общая длина всех участков кольца 122,4 м. Располагаемое давление $H = 1179{,}77$ кг/м². $R = 6{,}22$ кг/м²																	
1	161 550	6 462	16,3	76/3	0,456	4	65,2	2,4	24,8	—	—	—	—	—	—	—	—
2	87 700	3 510	2	57/3,5	0,498	7	14	5,5	68	—	—	—	—	—	—	—	—
3	82 700	3 320	8	57/3,5	0,462	6	48	0,72	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—
4	73 400	2 930	8	57/3,5	0,416	5	40	0,76	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—
5	64 100	2 560	8	57/3,5	0,361	3,8	30,4	0,8	5,2	—	—	—	—	—	—	—	—
6	54 800	2 190	7	40	0,458	8	56	0,8	8,2	—	—	—	—	—	—	—	—
7	8 800	352	3,7	20	0,271	7	25,9	10,1	36,14	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	70	0,5	15	0,103	1,6	0,8	45,3	23,9	—	—	—	—	—	—	—	—
9	8 800	352	3	20	0,271	7	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	70	0,5	15	0,103	1,6	0,8	45,3	23,9	—	—	—	—	—	—	—	—
11	8 800	352	3	20	0,271	7	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	70	0,5	15	0,103	1,6	0,8	45,3	23,9	—	—	—	—	—	—	—	—
13	8 800	352	3	20	0,271	7	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	70	0,5	15	0,103	1,6	0,8	45,3	23,9	—	—	—	—	—	—	—	—
15	8 800	352	0,4	20	0,271	7	2,8	3	11	—	—	—	—	—	—	—	—
16	41 700	1 670	12	40	0,36	5	60	1,2	8,04	—	—	—	—	—	—	—	—
17	50 500	2 020	8	40	0,426	7	56	0,8	7,25	—	—	—	—	—	—	—	—
18	59 800	2 390	8	40	0,499	9,5	76	0,8	9,45	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 15

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета						Данные окончательного расчета						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t = 25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час*	длина участка *l* в *м*	диаметр трубы *d* в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение *R* в *кг/м²*	потеря давления на трение *Rl* в *кг м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях *z* в *кг м²*	диаметр трубы в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение *R* в *кг/м²*	потеря давления на трение *Rl* в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях *z* в *кг/м²*	*Rl*	*z*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	69 100	2 770	8	57/3,5	0,393	4,5	36	0,78	6	—	—	—	—	—	—	—	—
20	78 400	3 140	8	57/3,5	0,439	5,5	44	0,76	7,4	—	—	—	—	—	—	—	—
21	87 700	3 510	2	57/3,5	0,498	7	14	4,6	57,5	—	—	—	—	—	—	—	—
22	161 550	6 450	12	76/3	0,456	4	48	2,4	25	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma (Rl + z) = 681 + 393{,}58 = 1074{,}58$ *кг/м²*

$$\text{Запас } 100 - \frac{1074{,}58}{1179{,}77} \cdot 100 = 8{,}9\%$$

Кольцо через стояк V. Общая длина расчетных участков 56,6 м. Располагаемое давление $H = 656{,}7$ кг/м²

23	46 000	1 840	10,5	40	0,393	6	63	1,2	9,3	—	—	—	—	—	—	—	—
24	37 200	1 485	7	40	0,312	3,8	26,6	0,85	4,2	32	0,406	8	56	0,86	7	+29,4	+3,7
25	27 900	1 155	8	32	0,318	5	40	0,93	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—
26	18 600	745	8	25	0,359	9,5	76	1,16	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—
27	9 300	372	11,7	20	0,291	8	93,6	7,4	31,3	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	74	0,5	20	0,06	0,34	0,17	45,3	8,15	—	—	—	—	—	—	—	—
29	9 300	372	3	20	0,291	8	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	74	0,5	20	0,06	0,34	0,17	45,3	8,15	—	—	—	—	—	—	—	—
31	9 300	372	3	20	0,291	8	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	74	0,5	20	0,06	0,34	0,17	45,3	8,15	—	—	—	—	—	—	—	—
33	9 300	372	3	20	0,291	8	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	74	0,5	20	0,06	0,34	0,17	45,3	8,15	—	—	—	—	—	—	—	—
35	9 300	372	0,4	20	0,291	8	3,2	1	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 15

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета						Данные окончательного расчета						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t = 25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	диаметр трубы d в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	диаметр трубы в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

По предварительному расчету $\Sigma (Rl + z) = 375,08 + 93,8 = 468,88$ *кг/м²* $< 648,4$ *кг/м²*

По окончательному расчету $468,88 + 29,4 + 3,7 = 501,98$ *кг/м²*

Запас по кольцу $100 - \dfrac{501,98 + 518,30}{1\,075 + 120,36} \cdot 100 = 14,5\%$

Невязка давления между стояками V и X: $\dfrac{501,98 + (1\,075 + 120,38 - 1179,78)}{1074,58 - 518,3} \cdot 100 = +7\%$

Малое кольцо прибора через стояк X. Длина кольца 3 м. Располагаемое давление $H = 26,1$ кг/м²

36	—	141	1,5	20	0,113	1,3	1,95	8,7	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37	—	141	1,5	20	1,113	1,3	1,95	18,5	11,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma(Rl + z) = 3,9 + 17,2 = 21,1$ *кг/м²*

Запас давления $100 - \dfrac{21,1}{26,1} \cdot 100 = 19\%$

Малое кольцо прибора через стояк X. Длина кольца 4 м. Располагаемое давление $H = 26,35$ кг/м²

38	—	141	2	20	0,113	1,3	2,6	9,8	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	—	141	2	20	0,113	1,3	2,6	19,6	12,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma (Rl + z) = 5,2 + 18,95 = 24,15$ *кг/м²*

Перерасход $100 - \dfrac{24,15}{26,35} \cdot 100 = 8\%$

Малое кольцо прибора через стояк V. Длина кольца 2 м. Располагаемое давление $H = 10$ кг/м²

40	—	149	1	20	0,117	1,4	1,4	8,7	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	—	149	1	20	0,117	1,4	1,4	18,5	12,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

По расчету $\Sigma (Rl + z) = 2,8 + 18,75 = 21,55$ *кг/м²*

Перерасход давления $H = 21,55 - 10 = 11\ 55$ *кг/м²*

Предварительные температуры смеси воды по участкам стояка, необходимые для определения располагаемого давления, равны [см. формулу (57)]

$$t_{\text{см }9} = t_{\text{г}} - \frac{\sum_{1}^{n} Q\,(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})}{Q_{\text{ст}}} = 95 - \frac{2\,600\,(95-70)}{8\,800} = 87{,}6°;$$

$$t_{\text{см }11} = 95 - \frac{4\,600\,(95-70)}{8\,800} = 82°;$$

$$t_{\text{см }13} = 95 - \frac{6\,600\,(95-70)}{8\,800} = 76{,}2°;$$

$$t_{\text{см }15} = 95 - \frac{8\,800\,(95-70)}{8\,800} = 70°.$$

Располагаемое естественное давление предварительно без учета дополнительного давления за счет охлаждения воды в трубопроводе (это давление в однотрубных системах с насосной циркуляцией не имеет практического значения, что будет доказано ниже) составляет [см. формулу (42)]:

$$H = [(h_7+h_8)\gamma_{95} + (h_9+h_{10})\gamma_{87,6} + (h_{11}+h_{12})\gamma_{82} + (h_{13}+h_{14})\gamma_{76,2}+h_{15}\gamma_{70}] - h_1\gamma_{95}{}^{*} =$$

$$= [(3+0{,}5)\,961{,}92 + (3+0{,}5)\,966{,}95 + (3+0{,}5)\,970{,}57 + (3+0{,}5)\,974{,}16 + 0{,}4\cdot 977{,}81] - (13{,}5+0{,}9)\,961{,}92 = 97\ кг/м^2.$$

Давление после элеватора составляет 1 075 $кг/м^2$. Общее располагаемое давление

$$H_{\text{р}} = 97 + 1\,075 = 1\,172\ кг/м^2.$$

Общая длина кольца (участки *1—22*) составляет

$$\sum l = 16{,}3 + 2 + 8\cdot 3 + 7 + 3{,}7 + 0{,}5 + (3+0{,}5)\,3 + 0{,}4 + 12 + 8\cdot 4 + 2 + 12 = 122{,}4\ м.$$

На местные сопротивления в соответствии с приложением 3 оставляем 0,35. Предварительная величина падения давления на 1 *м* трубопровода будет

$$R = \frac{1\,172\,(1-0{,}35)}{122{,}4} = 6{,}22\ кг/м^2.$$

Количество воды, циркулирующей через стояк *X*, определяем по формуле (39):

$$G_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{ст}}}{t_2 - t_{\text{о}}} = \frac{8\,800}{95-70} = 352\ л/час.$$

После этого по величине *R* определяем предварительные диаметры магистральных трубопроводов и стояка, а, задаваясь диаметрами подводок к нагревательному прибору и диаметром замыкающего участка, по графику (рис. 11) определяем коэффициент затекания и соответственно потери давления. Все это заносится в табл. 15. В итоге, как было указано выше, эти расчеты подводок и замыкающего участка проверяются по формуле (43).

Стояк *X* и подводки к нагревательным приборам принимаются диаметром 20 *мм*, а замыкающий участок—15 *мм*.

По рис. 11 при скорости воды в стояке w=0,27 находим коэффициент затекания воды в нагревательные приборы α =0,4 и $G_{\text{пр}}$=352 · 0,4=141 *л/час* и в замыкающий участок $G_{\text{зам-уч.}}$ =352—141 · 2=70 *л/час*. После этого производим определение величин коэффициентов местных сопротивлений Σ расчетного кольца через стояк *X* по приложению *2*.

Участок *1*

Вентиль прямоточный, d=76/3 *мм*	ζ=2
Два отвода, d = 76/3 *мм*	ζ=2·0,2=0,4
	$\Sigma\zeta$=2,4

* Нами не учитывается, что вода в части трубопровода (до элеватора) имеет температуру 130°, что является некоторым запасом к полному располагаемому давлению.

Участок 2

Тройник на ответвлении (§ 4 приложения 2) . . . . . $\zeta=5{,}5$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{87\,700}{161\,550}=0{,}545.$$

Участок 3

Тройник на проходе (§ 5) . . . . . $\zeta=0{,}72$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{82\,700}{87\,700}=0{,}94.$$

Участок 4

Тройник на проходе (§ 5) . . . . . $\zeta=0{,}76$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{73\,400}{82\,700}=0{,}89.$$

Участок 5

Тройник на проходе (§ 5) . . . . . $\zeta=0{,}8$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{64\,100}{73\,400}=0{,}87$$

Участок 6

Тройник на проходе (§ 5) . . . . . $\zeta=0{,}8$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}=\frac{54\,800}{64\,100}=0{,}86.$$

Участок 7

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 2, группа V приложения 2) . . . . . $\zeta=6$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{8\,800}{54\,800}=0{,}16.$$

Отвод, $d=20$ *мм* . . . . . $\zeta=1{,}1$
Вентиль прямоточный, $d=20$ *мм* . . . . . $\zeta=3$
$\Sigma\zeta=10{,}1$

Участок 8

Крестовина при делении потока на проходе . . . . . $\zeta=20{,}6$

$$\frac{G_{пр}}{G_{ств}}=\frac{70}{352}=0{,}2.$$

Крестовина при слиянии потока на проходе . . . . . $\zeta=24{,}7$
$\Sigma\zeta=45{,}3$

$$\frac{G_{пр}}{G_{ств}}=\frac{70}{352}=0{,}2.$$

Участок *10, 12* и *14*

Аналогично участку *8* . . . . . $\zeta=45{,}3$

Участок *15*

Вентиль прямоточный, $d=20$ *мм* . . . . . $\zeta=3$
Тройник при слиянии потока на ответвлении (§ 1, группа V) . . . . . $\zeta=0$
$\Sigma\zeta=3$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}=\frac{8\,800}{41\,700}=0{,}21.$$

Участок *16*

Два отвода, $d = 40$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

Тройник на проходе (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta = 0{,}8$

$\Sigma\zeta = 1{,}2$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{41\,700}{50\,500} = 0{,}83.$$

Участок *17*

Тройник на проходе . . . . . $\zeta = 0{,}8$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{50\,500}{59\,800} = 0{,}84.$$

Участок *18*

Тройник на проходе . . . . . $\zeta = 0{,}8$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{59\,800}{69\,100} = 0{,}87.$$

Участок *19*

Тройник на проходе (§ 5 приложения 2) . . . . . $\zeta = 0{,}78$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{69\,100}{78\,400} = 0{,}88.$$

Участок *20*

Тройник на проходе . . . . . $\zeta = 0{,}76$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{78\,400}{87\,700} = 0{,}9.$$

Участок *21*

Тройник на противотоке (§ 3) . . . . . $\zeta = 4{,}6$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{87\,700}{161\,500} = 0{,}54.$$

Участок *22*

Два отвода, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

Вентиль прямоточный, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 2$

$\Sigma\zeta = 2{,}4$

Затем производим расчет величины охлаждения воды в трубопроводах (табл. 16) и окончательно определяем температуру воды. Расчет теплоотдачи трубопроводов и необходимой поверхности нагревательных приборов произведен для данной системы отопления в главе V «Нагревательные приборы».

После проведенных расчетов по определению падения температуры фактически действующее естественное давление [см. формулу (42)] будет

$$H = [0{,}4 \cdot 962{,}38 + 2{,}6 \cdot 962{,}5 + 0{,}5 \cdot 962{,}61 + 3 \cdot 967{,}61 + 0{,}5 \cdot 967{,}74 +$$
$$+ 3 \cdot 971{,}27 + 0{,}5 \cdot 971{,}4 + 3 \cdot 974{,}63 + 0{,}5 \cdot 974{,}65 + (0{,}1 + 0{,}3) \cdot 978{,}27] -$$
$$- (13{,}5 \cdot 961{,}92 + 0{,}9 \cdot 961{,}95) = 104{,}77 \text{ кг/м}^2.$$

Полное давление в системе отопления

$$H_р = 1\,075 + 104{,}77 = 1179{,}77 \text{ кг/м}^2,$$

что по отношению к принятому давлению для предварительного расчета составляет увеличение

$$100 - \frac{1179{,}77}{1\,172} 100 = 0{,}5\%.$$

По предварительному расчету кольца через стояк *X* израсходовано 1074,58 *кг/м*^{2} и запас составляет 8,9%, поэтому оставляет расчет без изменения.

Таблица 16

Расчетная ведомость дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах

№ участка	Количество протекающей воды G в *кг/час*	Длина участка l в *м*	Диаметр трубы d в *мм*	Поверхность 1 *м* трубы f в $м^2$	Коэффициент теплопередачи труб k в *ккал/м² час град.*	Общая теплоотдача lfk в *ккал/час град*	Коэффициент уменьшения теплоотдачи трубы в зависимости от способа прокладки	К. п. д. изоляции $1-\eta_{из}$	Температура воды в начале участка $t_н$	Температура окружающего воздуха $t_в$	Разность температур $t_н-t_в$	Падение температуры на участке Δt	Конечная температура на участке $t_к$	Средняя температура на участке $t_{ср}$	Средний объемный вес воды на участке $\gamma_{ср}$ в *кг/м³*	Протяженность вертикальных участков кольца h' в *м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
						Кольцо через стояк X										
1	6 450	13,5	76/3	0,239	11,5	37,26	0,5	0,2	95	18	77	0,05	94,95	94,98	961,92	—
1а	6 450	2,8	76/3	0,239	11,5	7,7	1	0,2	94,95	—20	114,95	0,03	94,92	94,94	961.95	—
2	3 540	2	57/3,5	0,179	11,5	4,15	1	0,2	94,92	—20	114,92	0,03	94,89	94,91	961,99	—
3	3 320	8	57/3,5	0,179	11,5	16,5	1	0,2	94,89	—20	114,89	0,115	94,77	95,84	962	—
4	2 930	8	57/3,5	0,179	11,5	16,5	1	0,2	94,77	—20	114,77	0,13	94,64	94,7	962,13	—
5	2 560	8	57/3,5	0,179	11,5	16,5	1	0,2	94,64	—20	114,64	0,15	94,49	94,57	962,22	—
6	2 190	7	40	0,151	11,5	12,2	1	0,2	94,49	—20	114,49	0,13	94,36	94,43	962,3	—
7	352	1,1	20	0,084	12,5	1,15	1	0,2	94,36	—20	114,36	0,07	94,29	94,33	962,38	0,4*
7а	352	2,6	20	0,084	12,5	2,72	0,5	—	94,29	18	76,29	0,29	94	94,15	962,5	2,6
8	70	0,5	15	0,067	12,5	0,42	0,5	—	94	18	76	0,28	93,72	93,86	962,61	0,5
9	352	3	20	0,084	12	3	0,5	—	86,7**	18	68,7	0,29	86,4	86,55	967,61	3
10	70	0,5	15	0,067	12	0,4	0,5	—	86,4	18	68,4	0,24	86,16	86,28	967,74	0,5
11	352	3	20	0,084	12	3	0,5	—	81	18	63	0,27	80,73	80,87	971,27	3
12	70	0,5	15	0,067	12	0,4	0,5	—	80,73	18	62,73	0,22	80,51	80,62	971,4	0,4
13	352	3	20	0,084	11,5	2,9	0,5	—	75,5	18	57,5	0,24	75,36	75,42	974,63	3
14	70	0,5	15	0,067	11,5	0,385	0,5	—	75,26	18	57,26	0,2	75,06	75,16	974,65	0,5
15	352	0,1	20	0,084	11,5	0,097	0,5	—	69,2	18	51,2	0,07	69,19	69,2	978,27	0,1
15а	352	0,3	20	0,084	11	0,28	1	0,2	69,19	35	34,19	0,01	69,18	69,2	978,27	0,3

* Высота за счет разности уклонов и вертикальной части стояка в пределах чердака.
** См. расчет в тексте (стр. 54).

Продолжение табл. 16

№ участка	Количество протекающей воды G в *кг/час*	Длина участка l в *м*	Диаметр трубы d в *м*	Поверхность 1 *м* трубы f в $м^2$	Коэффициент теплопередачи труб k в *ккал/м² час град*	Общая теплоотдача lfk в *ккал/час град*	Коэффициент уменьшения теплоотдачи трубы в зависимости от способа прокладки	К. п. д. изоляции $1-\eta_{из}$	Температура воды в начале участка $t_н$	Температура окружающего воздуха $t_в$	Разность температур $t_н-t_в$	Падение температуры на участке Δt	Конечная температура на участке $t_к$	Средняя температура на участке $t_{ср}$	Средний объемный вес воды на участке $\gamma_{ср}$ в *кг/м³*	Протяженность вертикальных участков кольца h' в *м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
						Кольцо через стояк V										
23	1 840	10,5	40	0,151	11,5	18,35	1	0,2	94,36	—20	114,36	0,23	94,13	94,25	962,54	—
24	1 485	7	40	0,151	11,5	12,3	1	0,2	94,13	—20	114,13	0,19	93,96	94,1	962,65	—
25	1 155	8	32	0,133	12,5	13,25	1	0,2	93,96	—20	113,96	0,26	93,7	93,83	962,75	—
26	745	8	25	0,105	12,5	10,5	1	0,2	93,7	—20	113,7	0,32	93,38	93,54	962,92	—
27	372	9,1	20	0,084	12,5	9,5	1	0,2	93,38	—20	113,38	0,58	92,8	93,07	963,23	0,4
27а	372	2,6	20	0,084	12,5	2,72	0,5	—	92,8	18	74,8	0,26	92,54	92,67	963,53	2,6
28	74	0,5	20	0,084	12,5	0,52	0,5	—	92,54	18	74,54	0,26	92,28	92,41	963,71	0,5
29	372	3	20	0,084	12	3	0,5	—	84,7	18	66,7	0,28	84,42	84,56	968,95	3
30	74	0,5	20	0,084	12	0,5	0,5	—	84,42	18	66,42	0,23	84,19	84,31	969,11	0,5
31	372	3	20	0,084	12	3	0,5	—	79,5	18	61,5	0,25	79,25	79,37	972,2	3
32	74	0,5	20	0,084	12	0,5	0,5	—	79,25	18	61,25	0,21	79,04	79,15	972,33	0,5
33	372	3	20	0,084	11,5	2,9	0,5	—	74,2	18	56,2	0,22	73,98	74,09	975,42	3
34	74	0,5	20	0,084	11,5	0,48	0,5	—	73,98	18	55,98	0,2	73,78	73,83	975,54	0,5
35	372	0,1	20	0,084	11,5	0,097	0,5	—	68	18	50	0,07	67,93	67,97	978,94	0,1
35а	372	0,3	20	0,084	11	0,28	1	0,2	67,97	35	32,97	—	67,97	67,97	978,94	0,3

Расчет циркуляционного кольца через стояк V (участки *23—35*)

Предварительная температура смеси воды по участкам:

$$t_{\text{см }23} = 95 - \frac{3000\,(95-70)}{9300} = 86{,}94°;$$

$$t_{\text{см }31} = 95 - \frac{5000\,(95-70)}{9300} = 81{,}54°;$$

$$t_{\text{см }33} = 95 - \frac{7000\,(95-70)}{9300} = 76{,}19°;$$

$$t_{\text{см }35} = 95 - \frac{9300\,(95-70)}{9300} = 70°.$$

Располагаемое естественное давление без учета дополнительного давления за счет охлаждения воды в трубопроводах, но с учетом, что система отопления насосная, составляет

$$H = [(3+0{,}5)\,961{,}92 + (3+0{,}5)\,967{,}4 + (3+0{,}5)\cdot 970{,}86 + (3+0{,}5)\,974{,}16 + \\ + 0{,}4\cdot 977{,}81] - 14{,}4\cdot 961{,}92 = 99{,}66\ кг/м^2 \approx 100\ кг/м^2.$$

Полное располагаемое давление

$$H_{\text{р}} = 1\,075 + 100 = 1\,175\ кг/м^2.$$

Расход давления на общих участках *1—6*, *21*, *22* составляет

$$H = 65{,}2 + 24{,}8 + 14 + 68 + 48 + 7{,}5 + 40 + 6{,}5 + 30{,}4 + 5{,}2 + \\ + 56 + 8{,}2 + 14 + 57{,}5 + 48 + 25 = 518{,}3\ кг/м^2.$$

Может быть израсходовано на новых участках *23—35* давления:

$$H = 1\,175 - 518{,}3 = 656{,}7\ кг/м^2.$$

Общая длина расчетного кольца (участка *23—35*) составляет

$$\Sigma l = 10{,}5 + 7 + 8\cdot 2 + 11{,}7 + (3+0{,}5)\,3 + 0{,}5 + 0{,}4 = 56{,}6\ м.$$

Предварительная величина падения давления на 1 *м* трубопровода

$$R = \frac{656{,}7\,(1-0{,}35)}{56{,}6} = 7{,}5\ кг/м^2.$$

Количество циркулирующей воды по стояку V

$$G_{\text{ст}} = \frac{9\,300}{95-70} = 372\ л/час.$$

Стояк V, подводки к нагревательным приборам и замыкающий участок принимаем диаметром 20 *мм*. Чтобы обеспечить затекание воды в каждый нагревательный прибор при $\alpha = 0{,}4$, на замыкающем участке устанавливаем шайбу, расчет которой будет приведен ниже.

Нами оставлена величина протекания воды через замыкающий участок, равная 0,2, так как при дальнейшем уменьшении резко возрастают коэффициенты местных сопротивлений на этом участке и возможен подъем воды, поэтому α меньше 0,18—0,2 принимать не следует (последнее относится только к крестовинам с большими местными сопротивлениями). По расходу металла на нагревательные приборы при таких отношениях коэффициентов затекания в нагревательные приборы и протекания теплоносителя по замыкающему участку однотрубные системы приближаются к двухтрубным. Следовательно:

$$G_{\text{пр}} = 372\cdot 0{,}4 = 149\ л/час;$$

$$G_{\text{зап}} = 372 - 149{,}2 = 74\ \text{„}\ .$$

Остальные расчеты производим в том же порядке, как и для кольца через стояк X. Величины местных сопротивлений в расчетном кольце — через стояк V.

Участок *23*

Два отвода, $d = 40$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

Тройник на проходе при делении потока (§ 5 приложения 2) . . . . $\zeta = 0{,}8$

$\Sigma\zeta = 1{,}2$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{46\,000}{54\,800} = 0{,}84.$$

Участок *24*

Тройник на проходе при делении потока . . . . . $\zeta = 0{,}85$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{37\,200}{46\,000} = 0{,}8.$$

Участок *25*

Тройник на проходе при делении потока . . . . . $\zeta = 0{,}93$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{27\,900}{37\,200} = 0{,}75.$$

Участок *26*

Тройник на проходе при делении потока (§ 5) . . . . . $\zeta = 1{,}16$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{18\,600}{27\,900} = 0{,}66.$$

Участок *27*

Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$

Вентиль прямоточный, $d = 20$ *мм* . . . $\zeta = 3$

Тройник на проходе при делении потока . . . . . $\zeta = 2{,}2$

$\Sigma\zeta = 7{,}4$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{9\,300}{18\,600} = 0{,}5.$$

Участок *28*

Крестовина при делении потока на проходе . . . . $\zeta = 20{,}6$

$$\frac{G_{пр}}{G_{ств}} = \frac{74}{372} = 0{,}2.$$

Крестовина при слиянии потока на проходе . . . . $\zeta = 24{,}7$

$\Sigma\zeta = 45{,}3$

$$\frac{G_{пр}}{G_{ств}} = \frac{74}{372} = 0{,}2.$$

Участки *30*, *32* и *34*

Аналогично участку *28* . . . . . $\zeta = 45{,}3$

Участок *35*

Вентиль прямоточный, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 3$

Тройник при смешивании потоков на ответвлении (§ 1, группа VI приложения 2) . . . . . $\zeta = -2$

$\Sigma\zeta = 1$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{9\,300}{87\,700} = 0{,}105.$$

Действительные величины температуры воды приведены в табл. 16.
Фактическое естественное давление

$$H = [0{,}4 \cdot 963{,}23 + 2{,}6 \cdot 963{,}53 + 0{,}5 \cdot 963{,}71 + 3 \cdot 968{,}95 +$$
$$+ 0{,}5 \cdot 969{,}11 + 3 \cdot 972{,}2 + 0{,}5 \cdot 972{,}33 + 3 \cdot 975{,}42 + 0{,}5 \cdot 975{,}54 +$$
$$+ (0{,}1 + 0{,}3)\, 978{,}94] - (14{,}4 \cdot 961{,}92) = 120{,}38 > 100 \text{ кг/м}^2.$$

Разница 120,38—100=20,38 *кг/м²* составляет величину значительную, но по отношению к общему давлению с учетом давления насоса — незначительную, а именно:

$$100 \cdot \frac{120{,}38 + 1\,075}{100 + 1\,075} - 100 = 0{,}8\%.$$

Таким образом, подтверждается, что в системах с искусственной циркуляцией воды дополнительное давление от охлаждения воды можно не учитывать. В системах с естественной циркуляцией дополнительное давление за счет охлаждения воды в трубопроводах значительно и его обязательно следует принимать во внимание.

Для учета теплоотдачи трубами на чердаке и расчета нагревательных приборов рекомендуется применять величину понижения температуры в магистральных трубопроводах 0,2° на 1 *м*. Теплоотдача труб, проложенных внутри помещения, должна учитываться расчетом.

Охлаждение воды в главном стояке можно не учитывать. Потери давления в кольце через стояк *V* после изменения одного участка дают запас давления 14,5%. Точно также допустимая невязка давлений между кольцами через стояки *X* и *V* составляет 7%, однако изменить диаметры трубопроводов не представляется возможным, так как будет перерасход давления.

Расчет малых колец через стояк *X*

Нагревательный прибор a_4.

Располагаемое давление определяется по формуле (43).

Температура выхода воды из нагревательного прибора [формула (56)]:

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} - \frac{Q_{\text{пр}}}{G_{\text{пр}}} = 94 - \frac{1\,200}{141} = 85{,}5^\circ \quad \text{и, следовательно,}$$

$$\gamma_{85{,}5} = 968{,}33 \text{ кг/м}^3,$$

откуда

$$H = \Sigma (Rl + z) + h_{\text{пр}} (\gamma_{\text{ср.пр}} - \gamma_{\text{зам.уч}}) = (0{,}8 + 23{,}9) +$$
$$+ 0{,}5 \left(\frac{962{,}5 + 968{,}33}{2} - 962{,}61 \right) = 26{,}1 \text{ кг/м}^2.$$

Далее определяем местные сопротивления.

Участок *36*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0{,}6$

Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$

Крестовина при слиянии потоков на ответвлении $\zeta = 5{,}9$

$\Sigma \zeta = 8{,}7$

$$\frac{G_{\text{отв}}}{G_{\text{ств}}} = \frac{141}{352} = 0{,}4; \quad d_0 = \frac{20}{20} = 1.$$

Участок *37*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0{,}6$

Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$

Кран двойной регулировки, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 2$

Крестовина при делении потока на ответвлении $\zeta = 13{,}5$

$\Sigma \zeta = 18{,}3$

$$\frac{G_{\text{отв}}}{G_{\text{ств}}} = \frac{141}{352} = 0{,}4; \quad d = \frac{20}{20} = 1.$$

Нагревательный прибор $б_4$

Температура выхода воды из нагревательного прибора

$$t_{вых} = 94 - \frac{1\,400}{141} = 84,1°$$

и, следовательно,

$$\gamma_{84} = 969,3\ кг/м^3,$$

откуда располагаемое давление

$$H = (0,8 + 23,9) + 0,5\left(\frac{962,5 + 969,3}{2} - 962,61\right) = 26,35\ кг/м^2.$$

Участок *38*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0,6$
Три отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1,1 \cdot 3 = 3,3$
Крестовина при слиянии потоков на ответвлении . $\zeta = 5,9$
$\Sigma\zeta = 9,8$

$$\frac{G_{отв}}{G_{пр}} = \frac{141}{352} = 0,4.$$

Участок *39*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0,6$
Три отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1,1 \cdot 3 = 3,3$
Кран двойной регулировки, $d = 20$ *мм* . . . . $\zeta = 2$
Крестовина при делении потока на ответвлении
(см. участок *37*) . . . . . $\zeta = 13,7$
$\Sigma\zeta = 19,6$

В итоге по прибору a_4 получился запас давления 26,1—21,1=5 *кг/м²*, или 19%, а по прибору $б_4$—26,35—24,15=2,2 *кг/м²*, или 8%. Эти величины запаса давления довольно значительны, но изменять диаметры трубопроводов невозможно; если предусмотреть большее затекание воды в нагревательный прибор только на 0,02, то резко возрастут местные потери в крестовинах замыкающего участка; если уменьшить диаметры подводок, то резко увеличатся потери давления и будут больше располагаемого давления. Поэтому наиболее целесообразно оставить расчет без изменения и даже нет необходимости в дополнительной регулировке системы, так как величина дополнительного затекания воды будет в пределах 1 *л/час*.

Неопределенность такого расчета настоятельно показывает, что применять проточные системы отопления необходимо с установкой трехходовых кранов для регулирования или шайб на замыкающих участках, что нами будет показано ниже.

Расчет малых колец стояка *V*

Нагревательный прибор a_4=$б_4$

Температура выхода воды из нагревательного прибора

$$t_{вых} = t_{вх} - \frac{Q_{пр}}{G_{пр}} = 92,54 - \frac{1\,500}{149} = 82,5°$$

и, следовательно,

$$\gamma_{82,5} = 970{,}25\ кг/м^3,$$

откуда

$$H = (0{,}17 + 8{,}15) + 0{,}5\left(\frac{963{,}53 + 970{,}25}{2} - 963{,}53\right) = 10\ кг/м^2.$$

Участок *40*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0{,}6$
Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$
Крестовина при слиянии потока на ответвлении . $\zeta = 5{,}9$
$\Sigma\zeta = 8{,}7$

$$\frac{G_{отв}}{G_{ств}} = \frac{149}{372} = 0{,}4; \quad d_0 = \frac{d_{отв}}{d_{ств}} = \frac{20}{20} = 1.$$

Участок *41*

Половина нагревательного прибора . . . . . $\zeta = 0{,}6$
Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$
Кран двойной регулировки, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 2$
Крестовина при делении потока на ответвлении . $\zeta = 13{,}7$
$\Sigma\zeta = 18{,}5$

$$\frac{G_{отв}}{G_{ств}} = \frac{149}{372} = 0{,}4; \quad d_0 = \frac{20}{20} = 1.$$

Перерасход давления $H_ш = H_{из} - H = 21{,}55 - 10 = 11{,}55$ *кг/м²*. По найденным значениям $H_ш$ и $G_{зам.уч}$ определяем диаметр шайбы по формуле:

$$d_{из} = 2\sqrt[4]{\frac{G^2_{зам.уч}}{H_ш}}\ * = 2\sqrt[4]{\frac{74^2}{11{,}55}} = 9{,}4\ мм$$

или по графику приложения 5.

На рис. 13 изображены два типа дроссельных шайб. Шайбы (рис. 13, *а*) изготовляются с коническим отверстием, шайбы (рис. 13, *б*) — с цилиндрическим. Выбор типа зависит от величины диаметра замыкающего участка, диаметра шайбы и может быть произведен на основании табл. 17.

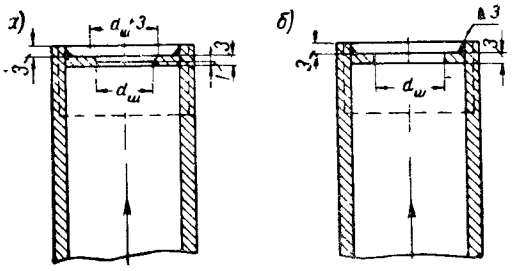


Рис. 13. Стальные дроссельные шайбы

Таким образом, установка шайбы не только упрощает монтаж, но и обеспечивает величину необходимого затекания воды в нагревательный прибор и не зависит от подбора давлений замыкающего участка и малого кольца.

* По данным Гипротиса Госстроя СССР.

Таблица 17

Вспомогательная таблица для выбора типа шайбы

$d_{зам.\ уч}$ в *мм*	$d_{ш}$ в *мм*									
	7	8	9	10	12	14	16	18	20	23
15	1	1	1	2	—	—	—	—	—	—
20	1	1	1	1	1	2	2	—	—	—
25	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. Цифра *1* в таблице соответствует типу шайбы, изображенной на рис. 13, *а* цифра *2*—типу шайбы, изображенной на рис. 13,*б*.

Расчет однотрубной проточной системы

В однотрубных проточных системах водяного отопления транспортируемая по стояку вода полностью протекает по присоединенным к нему нагревательным приборам каждого этажа. Для простоты расчета принимается, что при двух подводках к нагревательным приборам по каждому прибору протекает половина количества воды, транспортируемой по стояку.

В силу сказанного расчет однотрубной проточной системы водяного отопления значительно упрощается, что показано на примере.

Пример 2. Рассчитать сеть трубопроводов однотрубной проточной системы водяного отопления с тупиковой разводкой (рис. 14) с учетом потерь тепла трубопроводом и дополнительного давления от охлаждения в нем. Циркуляция воды — с искусственным побуждением.

Теплоноситель поступает из внутридомовой котельной с температурой +95°; остальные данные те же, что и в примере 1.

Присоединение нагревательных приборов и разводка трубопроводов показаны на рис. 14.

Расчет начинаем с циркуляционного кольца наиболее невыгодно расположенного стояка *IX* (участки *1—23*).

Предварительные температуры смеси воды по участкам стояка:

$$t_{см\,10} = t_г - \frac{\sum_{1}^{n} Q\,(t_г - t_о)}{Q_{ст}} = 95 - \frac{2\,600\,(95-70)}{8\,800} = 87{,}6°;$$

$$t_{см\,12} = 95 - \frac{4\,600\,(95-70)}{8\,800} = 81{,}92°;$$

$$t_{см\,14} = 95 - \frac{6\,600\,(95-70)}{8\,800} = 76{,}23°;$$

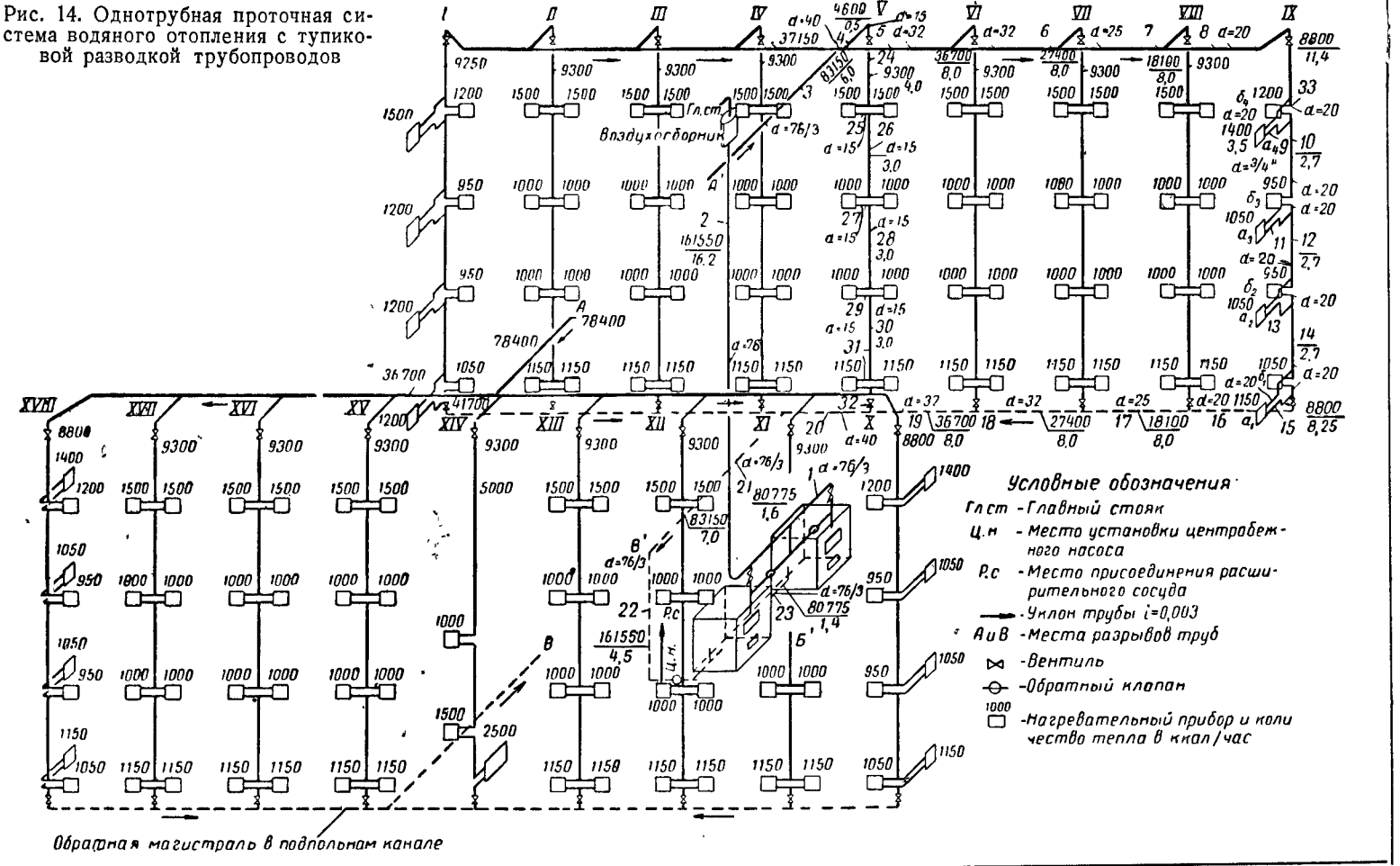
$$t_{см\,16} = 95 - \frac{8\,800\,(95-70)}{8\,800} = 70°.$$

Объем воды, протекающей:

по стояку

$$G_{ст} = \frac{8\,800}{95-70} = 352\ л/час,$$

Рис. 14. Однотрубная проточная система водяного отопления с тупиковой разводкой трубопроводов



по каждому нагревательному прибору

$$G_{\text{пр}} = \frac{352}{2} = 176\ л/час.$$

Предварительные конечные температуры в нагревательных приборах:

$$t_{\text{к}a_4} = 95 - \frac{1\,400}{176} = 87{,}05°;$$

$$t_{\text{к}б_4} = 95 - \frac{1\,200}{176} = 88{,}15°;$$

$$t_{\text{к}a_3} = 87{,}6 - \frac{1\,050}{176} = 81{,}64°;$$

$$t_{\text{к}б_3} = 87{,}6 - \frac{950}{176} = 82{,}2°;$$

$$t_{\text{к}a_2} = 81{,}92 - \frac{1\,050}{176} = 75{,}92°;$$

$$t_{\text{к}б_2} = 81{,}92 - \frac{950}{176} = 76{,}52°;$$

$$t_{\text{к}a_1} = 76{,}23 - \frac{1\,150}{176} = 69{,}72°;$$

$$t_{\text{к}б_1} = 76{,}23 - \frac{1\,050}{176} = 70{,}28°.$$

Естественное давление без учета дополнительного давления за счет охлаждения воды в трубопроводе

$$H = \left[h_8\gamma_{95} + h_9\left(\frac{\gamma_{95} + \gamma_{87,05}}{2}\right) + h_{10}\,\gamma_{87,6} + h_{11}\left(\frac{\gamma_{87,6} + \gamma_{81,64}}{2}\right) + \right.$$

$$+ h_{12}\,\gamma_{81,92} + h_{13}\left(\frac{\gamma_{81,92} + \gamma_{75,92}}{2}\right) + h_{14}\,\gamma_{76,23} + h_{15}\left(\frac{\gamma_{76,23} + \gamma_{69,72}}{2}\right) +$$

$$\left. + (h_{16} + h_2)\,\gamma_{70}\right] - \left[h_2\gamma_{95} + h_{\text{к}}\left(\frac{\gamma_{70} + \gamma_{95}}{2}\right)\right] =$$

$$= \left[(2{,}85 + 0{,}5)\,961{,}92 + 0{,}8\,\frac{961{,}92 + 967{,}31}{2} + 2{,}7 \cdot 966{,}95 + \right.$$

$$+ 0{,}8\,\frac{966{,}95 + 970{,}80}{2} + 2{,}7 \cdot 970{,}63 + 0{,}8\,\frac{970{,}63 + 974{,}35}{2} +$$

$$+ 2{,}7 \cdot 974{,}14 + 0{,}8\,\frac{974{,}14 + 977{,}98}{2} + (0{,}25 + 3)\,977{,}81\ \Big] -$$

$$- \left(16{,}20 \cdot 961{,}92 + 1{,}7\,\frac{961{,}92 + 977{,}81}{2}\right) = 135{,}9\ кг/м^2.$$

Давление, создаваемое насосом, принимаем равным 1 000 $кг/м^2$.
Общее располагаемое давление $H_{\text{р}} = 135{,}9 + 1\,000 = 1135{,}9\ кг/м^2$.
Общая длина кольца, состоящего из участков *1—23*, составляет

$$\Sigma\, l = 1{,}5 + 16{,}2 + 6 + 0{,}5 + 8 \cdot 3 + 11{,}4 + 1{,}65 \cdot 2 \cdot 4 +$$

$$+ 2{,}7 \cdot 3 + 8{,}25 + 8 \cdot 3 + 6{,}5 + 7 + 4{,}5 + 1{,}4 = 132{,}55\ м.$$

Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* трубопровода

$$R = \frac{1135{,}9\,(1 - 0{,}35)}{132{,}55} = 5{,}5\ кг/м^2.$$

По ориентировочному R находим из табл. 1 величины диаметров труб и скоростей воды в трубопроводах и заносим в табл. 18.

Величины местных сопротивлений расчетного кольца стояка *IX* принимаем по приложению 2.

Участок *1*

Половина чугунного котла . . . . . $\zeta = 1{,}25$

Вентиль прямоточный, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 2$

Два отвода, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

$\Sigma\zeta = 3{,}65$

Участок *2*

Отвод, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2$

Тройник при делении потока на проходе (§ 5 приложения 2) $\zeta = 2{,}2$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{80\,775}{161\,550} = 0{,}5.$$

$\Sigma\zeta = 2{,}4$

Участок *3*

Крестовина при делении потока на ответвлении . . . . $\Sigma\zeta = 5$

$$d_0 = \frac{d_{отв}}{d_{ств}} = \frac{76}{76} = 1; \quad \frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{83\,150}{161\,550} = 0{,}52.$$

Участок *4*

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 4) . . $\zeta = 5{,}5$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{46\,000}{83\,150} = 0{,}55.$$

Участок *5*

Тройник при делении потока на проходе (§ 5) . . . $\zeta = 0{,}85$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{36\,700}{46\,000} = 0{,}8.$$

Участок *6*

Тройник при делении потока на проходе $\zeta = 0{,}91$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{27\,400}{36\,700} = 0{,}76.$$

Участок *7*

Тройник при делении потока на проходе . . $\zeta = 1{,}17$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{18\,100}{27\,400} = 0{,}66.$$

Участок *8*

Два отвода, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$

Вентиль прямоточный $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 3$

Тройник при делении потока на проходе . . . . . $\zeta = 2{,}3$

$\Sigma\zeta = 7{,}5$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{8\,800}{18\,100} = 0{,}49.$$

Участок *9*

Восемь отводов, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1 \cdot 8 = 8{,}8$

Нагревательный прибор . . . . . $\zeta = 1{,}2$

Тройник при делении потока на ответвлении (§ 2, группа I приложения 2) . . $\zeta = 2{,}3$

$$\frac{G_{отв}}{G_{ств}} = \frac{176}{176} = 1.$$

Тройник при смешивании потока на ответвлении (§ 1, группа I) . . . . . $\zeta = 2$

$\Sigma\zeta = 14{,}3$

$$\frac{G_{отв}}{G_{ств}} = \frac{176}{352} = 0{,}5.$$

Участки *11*, *13* и *15*

Аналогично участку *9* . . . . . $\zeta = 14{,}3$

Участок *16*

Вентиль прямоточный, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 3$

Отвод, $d = 20$ *мм* . . . . . $\zeta = 1{,}1$

Тройник при смешивании потока на проходе (§ 5) . . . . . $\zeta = 2{,}3$

$\Sigma\zeta = 6{,}4$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{8\,800}{18\,100} = 0{,}49.$$

Участок *17*

Тройник при смешивании потока на проходе (§ 5) . . . $\zeta = 1{,}17$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{18\,100}{27\,400} = 0{,}66.$$

Участок *18*

Тройник при смешивании потока на проходе . . . $\zeta = 0{,}91$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{27\,400}{36\,700} = 0{,}76.$$

Участок *19*

Тройник при смешивании потока на проходе . . . $\zeta = 0{,}85$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{36\,700}{46\,000} = 0{,}8.$$

Участок *20*

Тройник при смешивании потока на ответвлении (§ 3) . . . $\zeta = 4{,}5$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{46\,000}{83\,150} = 0{,}55.$$

Участок *21*

Тройник при смешивании потока на ответвлении . . . $\zeta = 4{,}5$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{83\,150}{161\,550} = 0{,}52.$$

Участок *22*

Два отвода, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

Тройник при делении потоков на проходе (§ 5) . . $\zeta = 2{,}2$

$\Sigma\zeta = 2{,}6$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{80\,775}{161\,550} = 0{,}5.$$

Участок *23*

Два отвода, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$

Вентиль прямоточный, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 2$

Половина чугунного котла . . . . . $\zeta = 1{,}25$

$\Sigma\zeta = 3{,}65$

Результаты расчета охлаждения воды в трубопроводах приведены в табл. 19.

Фактические конечные температуры в нагревательных приборах:

$$t_{к a_4} = 93{,}02 - \frac{1\,400}{176} = 85{,}07°;$$

$$t_{к б_4} = 93{,}02 - \frac{1\,200}{176} = 86{,}17°;$$

$$t_{ср\,10} = \frac{85{,}07 + 86{,}17}{2} = 85{,}62°;$$

$$t_{к a_3} = 85{,}36 - \frac{1\,050}{176} = 79{,}4°;$$

$$t_{к б_3} = 85{,}36 - \frac{950}{176} = 79{,}96°;$$

$$t_{ср\,12} = \frac{79{,}4 + 79{,}96}{2} = 79{,}68°;$$

$$t_{к\,a_2} = 79{,}44 - \frac{1\,050}{176} = 73{,}44°;$$

$$t_{к\,б_2} = 79{,}44 - \frac{950}{176} = 74{,}04°;$$

$$t_{ср\,14} = \frac{73{,}44 + 74{,}04}{2} = 73{,}74°;$$

$$t_{к\,a_1} = 73{,}55 - \frac{1\,150}{176} = 67{,}04°;$$

$$t_{к\,б_1} = 73{,}55 - \frac{1\,050}{176} = 67{,}6°;$$

$$t_{ср\,16} = \frac{67{,}04 + 67{,}6}{2} = 67{,}32°.$$

Расчет нагревательных приборов производится аналогично расчету в однотрубной системе с замыкающими участками.

Фактическое естественное давление составляет

$$H = \left[0{,}5 \cdot 962{,}86 + 2{,}85 \cdot 963{,}16 + 0{,}8\,\frac{963{,}16 + 968{,}58}{2} + \right.$$

$$+ 2{,}7 \cdot 968{,}33 + 0{,}8\,\frac{968{,}33 + 972{,}2}{2} + 2{,}7 \cdot 972{,}11 + 0{,}8\,\frac{972{,}11 + 975{,}77}{2} +$$

$$\left. + 2{,}7 \cdot 975{,}68 + 0{,}8\,\frac{975{,}68 + 979{,}5}{2} + (0{,}25 + 3)\,979{,}33\right] -$$

$$- (16{,}2 \cdot 961{,}99 + 1{,}7 \cdot 971{,}11) = 157{,}75\ кг/м^2.$$

Разница (в сторону увеличения) по отношению к предварительно определенному общему располагаемому давлению равна

$$\frac{157{,}75 + 1\,000}{135{,}9 + 1\,000} \cdot 100 - 100 \approx 1{,}6\%,$$

т. е. примерно равна такой же величине, как и в системе с замыкающими участками. Остальной расчет стояков производится по аналогии с вышеприведенными.

Таблица 18

Результаты расчета трубопроводов однотрубной проточной системы водяного отопления

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета						Данные окончательного расчета						Разность величин по предварительному расчету	
№ участка	тепловая нагрузка при $\Delta t=25°$ в *ккал/час*	тепловая нагрузка при $\Delta t=1°$ в *ккал/час*	длина участка l в *м*	диаметр трубы d в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	диаметр трубы d в *мм*	скорость ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Расчет кольца через стояк IX. Общая длина кольца 132,55 м. Располагаемое давление $H=1135,9$ кг/м². $R=5,5$ кг/м²																	
1	80 775	3 230	1,5	76/3	0,233	1,1	1,65	3,65	9,87	—	—	—	—	—	—	—	—
2	161 550	6 460	16,2	76/3	0,456	4	65	2,4	21,12	—	—	—	—	—	—	—	—
3	83 150	3 326	6	76/3	0,244	1,2	7,2	5	15	—	—	—	—	—	—	—	—
4	46 000	1 840	0,5	40	0,393	6	3	5,5	42,35	—	—	—	—	—	—	—	—
5	36 700	1 468	8	32	0,406	8	64	0,85	7	—	—	—	—	—	—	—	—
6	27 400	1 095	8	32	0,301	4,5	34	0,91	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—
7	18 100	725	8	25	0,348	9	72	1,17	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8 800	352	11,4	20	0,271	7	79,8	7,5	27,4	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	176	3,3	20	0,135	1,8	6	14,3	13,05	—	—	—	—	—	—	—	—
10	8 800	352	2,7	20	0,271	7	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	176	3,3	20	0,135	1,8	6	14,3	13,05	—	—	—	—	—	—	—	—
12	8 800	352	2,7	20	0,271	7	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	176	3,3	20	0,135	1,8	6	14,3	13,05	—	—	—	—	—	—	—	—
14	8 800	352	2,7	20	0,271	7	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	176	3,3	20	0,135	1,8	6	14,3	13,05	—	—	—	—	—	—	—	—
16	8 800	352	8,25	20	0,271	7	57,5	6,4	23,8	—	—	—	—	—	—	—	—
17	18 100	725	8	25	0,348	9	72	1,17	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—
18	27 400	1 095	8	32	0,301	4,5	34	0,91	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—
19	36 700	1 468	8	32	0,406	8	64	0,85	7	—	—	—	—	—	—	—	—
20	46 000	1 840	6,5	40	0,393	6	39	4,5	35,2	—	—	—	—	—	—	—	—
21	83 150	3 326	7	76/3	0,244	1,2	8,4	4,5	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—
22	161 550	6 460	4,5	76/3	0,456	4	18	2,6	27	—	—	—	—	—	—	—	—
23	80 775	3 230	1,4	76/3	0,233	1,1	1,55	3,65	9,8	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)=702,1+313,64=1015,74$ *кг/м²*

Запас давления $100-\frac{1015,74}{1135,9}\cdot 100=10\%$

Малое кольцо через стояк IX, прибор $б_4$. Общая длина кольца 2 м. Располагаемое давление $H=19,05$ кг/м²

24	1 200	176	2	20	0,135	1,8	3,6	9,9	9	—	—	—	—	—	—	—	—

Невязка $100-\frac{12,6}{19,05}\cdot 100=32\%$

Таблица 19

Расчетная ведомость дополнительного давления от охлаждения воды в трубопроводах

№ участка	Количество протекающей воды G в *кг/час*	Длина участка l в *м*	Диаметр трубы d в *мм*	Поверхность 1 *м* трубы f в $м^2$	Коэффициент теплопередачи труб k в *ккал/час* $м^2$ *град*	Общая теплоотдача $l\,f\,k$ в *ккал/час град*	Коэффициент уменьшения теплоотдачи трубы в зависимости от способа прокладки	К. п. д. изоляции $1-\eta$	Температура воды в начале участка $t_н$	Температура окружающего воздуха $t_в$	Разность температур $t_н - t_в$	Падение температуры на участке Δt	Конечная температура на участке $t_к$	Средняя температура на участке $t_{ср}$	Средний объемный вес воды на участке $\gamma_{ср}$ в *кг/м*^{3}	Протяженность вертикальных участков кольца h' в *м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Кольцо через стояк IX																
1	3 230	1,5	76/3	0,239	11	3,95	1	—	95	18	77	0,094	94,91	94,95	961,95	—
2	6 460	16,2	76/3	0,239	11	42,2	0,5	0,2	94,91	18	76,91	0,05	94,86	94,89	961,99	16,2
3	3 326	6	76/3	0,239	11,5	16,45	1	0,2	94,86	—20	114,86	0,114	94,75	94,8	962,06	—
4	1 840	0,5	40	0,151	11,5	0,87	1	0,2	94,75	—20	114,75	0,01	94,74	94,74	962,1	—
5	1 468	8	32	0,133	12,5	13,3	1	0,2	94,74	—20	114,74	0,206	94,53	94,64	962,17	—
6	1 095	8	32	0,133	12,5	13,3	1	0,2	94,53	—20	114,53	0,28	94,25	94,39	962,34	—
7	725	8	25	0,105	12,5	10,5	1	0,2	94,25	—20	114,25	0,33	93,92	94,08	962,54	—
8	352	8,55	20	0,084	12,5	8,95	1	0,2	93,92	—20	113,92	0,58	93,34	93,63	962,86	0,5
8а	352	2,85	20	0,084	12,5	3	0,5	—	93,34	18	75,34	0,32	93,02	93,18	963,16	2,85
10	352	2,7	20	0,084	12	2,72	0,5	—	85,62	18	67,62	0,26	85,36	85,49	968,33	2,7
12	352	2,7	20	0,084	12	2,72	0,5	—	79,68	18	61,68	0,24	79,44	79,56	972,11	2,7
14	352	2,7	20	0,084	11,5	2,62	0,5	—	73,74	18	55,74	0,21	73,53	73,64	975,68	2,7
16	352	8,25	20	0,084	11	7,65	1	0,2	67,32	18	49,32	—	67,32	67,32	979,33	0,25
22	6 460	3	76/3	0,239	9,5	6,45	0,5	0,2	67,32	18	49,32	—	67,32	67,32	979,33	3
22а	6 460	1,5	76/3	0,239	9,5	3,23	1	—	67,32	18	49,32	0,025	67,32	67,32	979,33	—
12 Котел	Температура воды в котле повышается от 67,3 до 95°								—	—	—	—	—	81,15	971,11	1,7

Произведем расчет малых колец прибора $б_4$ стояка *IX*.
Располагаемое давление

$$H = \Sigma (Rl + z)_{a_4} = 6 + 13{,}05 = 19{,}05\ кг/м^2.$$

Расходуемое давление (табл. 18) составляет 12,6 $кг/м^2$ или запас в давлении равен

$$100 - \frac{12{,}6}{19{,}05} \cdot 100 = 33\%.$$

Уменьшить диаметр подводки до 15 *мм* не представляется возможным, так как в этом случае резко увеличиваются потери давления. При сохранении диаметра подводки 20 *мм* увеличивается расход воды в приборе $б_4$ на 8%, однако на теплопередаче это отразится незначительно ввиду изменения температуры выходящей воды $t_{вых}$.
Остальные подводки стояка *IX* рассчитываются подобным образом.

Глава III

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ И КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ

1. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Расчетное давление в котле или тепловом пункте следует принимать, исходя из потерь давления в паропроводе, на участке от центра до наиболее удаленного нагревательного прибора.

Очевидно, что чем бóльшую протяженность имеет система, считая от котла до наиболее отдаленного прибора, тем больше будут потери давления на трение и местные сопротивления и тем, следовательно, больше должно быть начальное давление пара в котлах.

По практическим данным, необходимое давление пара в котле устанавливают в зависимости от протяженности системы, а именно:

при протяженности системы до				50	*м*	давление принимают				0,05	*ат*
„	„	„	„	100	„	„	„	от 0,05	до	0,1	„
„	„	„	„	200	„	„	„	„ 0,1	„	0,2	„
„	„	„	„	300	„	„	„	„ 0,2	„	0,3	„

Для увязки давления между ответвлениями устанавливают шайбы. Диаметр отверстия шайбы рекомендуется принимать не менее 4 *мм*, а дополнительную разность давлений — погашать при помощи вентиля. Схема установки шайб и номограмма для их подбора приведены в приложениях 6 и 7.

Изменение величины давления пара в тепловом пункте или в котле в зависимости от наружной температуры может производиться в соответствии с табл. 20.

Пример. Рассчитать паропроводы системы парового отопления низкого давления с центральным регулированием. Давление пара в котле принять $p_{\text{расч}}=0{,}1$ *ат*, или 1 000 *кгс/см*^{2}. Разводка трубопроводов и присоединение нагревательных приборов показаны на рис. 15.

Предварительные потери на трение в трубопроводах на 1 *м* паровой магистрали составляют

$$R=\frac{(1\,000-200)(1-0{,}35)}{38{,}6}=13{,}4\ кгс/см^2.$$

Таблица 20

$\Delta t_{расч}=t_в-t_н$	Давление в котле в *ат* в зависимости от Δt
$\Delta t_{расч}$	$p_{расч}$=0,2; 0,15; 0,1
$0,9\Delta t_{расч}$	$0,81p_{расч}$=0,16; 0,12; 0,081
$0,8\Delta t_{расч}$	$0,64p_{расч}$=0,13; 0,1; 0,064
$0,7\Delta t_{расч}$	$0,49p_{расч}$=0,1; 0,074; 0,049
$0,6\Delta t_{расч}$	$0,36p_{расч}$=0,07; 0,054; 0,036
$0,5\Delta t_{расч}$	$0,25p_{расч}$=0,05; 0,038; 0,025
$0,4\Delta t_{расч}$	$0,16p_{расч}$=0,03; 0,024; 0,016
$0,3\Delta t_{расч}$	$0,09p_{расч}$=0,02; 0,014; 0,009
$0,2\Delta t_{расч}$	$0,04p_{расч}$=0,01; 0,006; 0,004

Примечание. При других расчетных давлениях пара в котле они определяются по $p_{расч}$ с соответствующим коэффициентом.

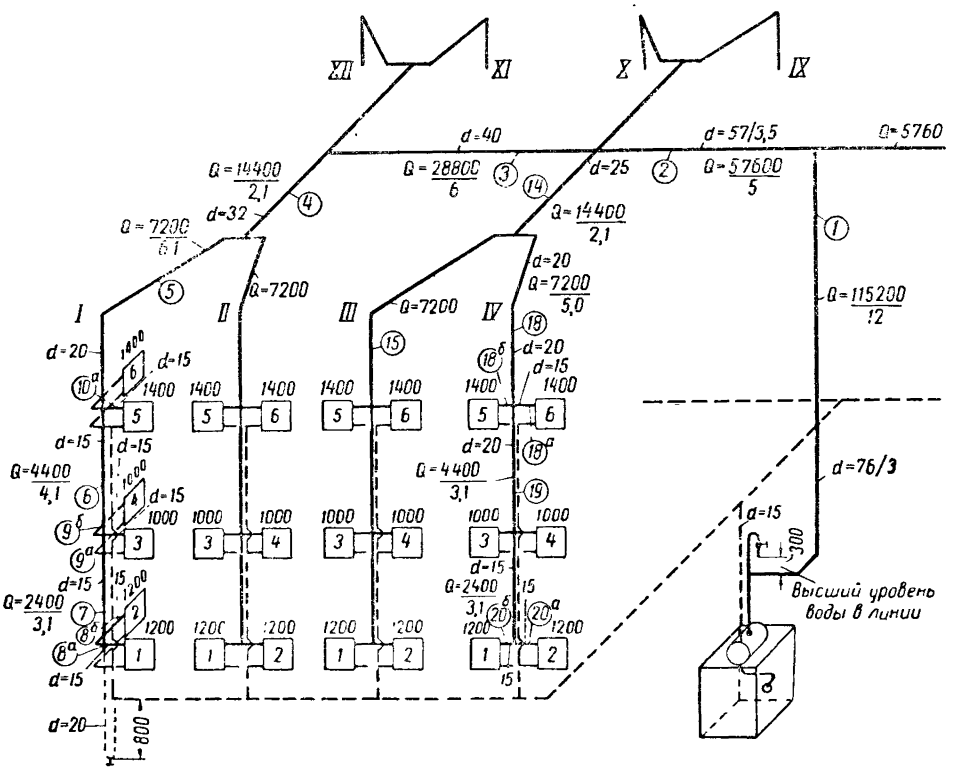


Рис. 15. Двухтрубная система парового отопления низкого давления с центральным регулированием

На потерю давления в вентиле и нагревательном приборе оставляется 200 *кгс/см*². Расчет паропроводов производим по расчетной табл. IV и приложению 2, результаты расчетов заносим в табл. 21.

По предварительному расчету расход давления составляет 861,26 *кгс/см*² (см. табл. 21), а по окончательному—719,51 *кгс/см*². Общий располагаемый расход давления с учетом потерь давления в нагревательном приборе

$$H_р = 719,51 + 200 = 919,51 \text{ кгс/см}^2.$$

Таким образом, запас составляет

$$100 - \frac{919{,}51}{1\,000} \cdot 100 = 8\%.$$

Определяем коэффициенты сопротивлений.

Участок *1*

Три отвода, $d = 76/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 3 = 0{,}6$.

Вентиль с вертикальным шпинделем $d = 76/3$ *мм* $\zeta = 7$

$\Sigma\zeta = 7{,}6$

Участок *2*

Тройник на повороте (§ 4 приложения 2) . . . . . $\zeta = 6{,}3$

$$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}} = \frac{57\,600}{115\,200} = 0{,}5$$

и так далее.

Расчет (табл. 21) показал, что невязка давлений между отдельными стояками составляет 11%. Невязка между отдельными приборами по этажам для каждого стояка равна примерно 80—85%, что в абсолютной величине составляет приблизительно 60—70 *кг/м*^{2}.

Для поглощения избыточного давления (77,86—13,6=64,26 *кгс/см*^{2}) на приборе *6* стояка *IV* потребуется установить в трубе шайбу с диаметром отверстия 7,5 *мм*. Расчет шайбы произведен по приложению *6*.

2. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

При расчете трубопроводов парового отопления высокого давления (выше 0,7 *ат*) или магистральных паропроводов сетей теплоснабжения обычно бывает известен перепад давлений $H = p_1 - p_2$ (в начале и конце паропровода), расходуемый на преодоление всех сопротивлений. Обычно p_1 соответствует давлению пара в котле или тепловом пункте (распределительная гребенка), а p_2 — в месте потребления (нагревательный прибор или агрегат).

Допустим, что сумма длин всех отдельных участков от котла или теплового пункта до наиболее удаленной расчетной точки составляет Σl. Падение давления, относящееся к доле местных сопротивлений в расчетном полукольце, полагаем равным a (приложение 3) от полной потери давления. Тогда ориентировочное падение давления на трение R будет равно

$$R = \frac{(p_1 - p_2)(1 - a)}{\Sigma l} \text{ кг/м}^2.$$

Однако при расчете систем парового отопления высокого давления величина R меняется, и для определения диаметров труб следует исходить не из расчетного значения R, а из вспомогательной величины R'.

В табл. VI в графе 1 приводятся вспомогательные величины

$$R' = \frac{p_2 - p_2}{\Sigma l} \gamma'.$$

Расчетные таблицы для паропроводов высокого давления дают величины удельных потерь давления R' при перемещении по паропроводам различных весовых количеств пара с удельным весом $\gamma' = 1$ *кг/м*^{3}, соответствующим давлению $p = 0{,}8$ *ат*, или 800 *кгс/см*^{2}:

$$R' = \frac{p_1 - p_2}{\Sigma l} \cdot 1.$$

Результаты расчета трубопроводов парового отопления низкого давления Таблица 21

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета					Данные окончательного расчета						Разность потерь давления по предварительному и окончательному расчетам	
№ участка	тепловая нагрузка Q в *ккал/час*	длина участка l в *м*	диаметр d в *мм*	скорость пара ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	наружный диаметр d в *мм*	скорость пара ω в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Кольцо через стояк 1, прибор 1. Длина паровой магистрали 38,6 м. Располагаемое давление H=1 000 кг/м²																
1	115 200	12	76/3	24,1	7	84	7,6	150	—	—	—	—	—	—	—	—
2	57 600	5	57/3,5	23,8	10	50	6,3	121	—	—	—	—	—	—	—	—
3	28 800	6	40	17,4	7,5	45	1,6	16	57/3,5	11,8	2,6	15,6	1,6	7,5	—29,4	—8,5
4	14 400	2,1	32	11,85	4,5	9,5	6,3	29,6	—	—	—	—	—	—	—	—
5	7 200	6,1	20	16,6	16	97,6	8,5	75,2	—	—	—	—	—	—	—	—
6	4 400	3,1	15	19,05	32	99,2	2,6	30,7	20	9,85	6	18,6	2,3	7,45	—80,6	—23,25
7	2 400	3,1	15	10,3	9,5	29,5	3,4	11,6	—	—	—	—	—	—	—	—
8а	1 200	1,2	15	5,3	2,8	3,36	9,6	9	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)$=418,16+443,1=861,26 *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z)$=861,26—(29,4+80,6+8,5+23,25)=719,51 *кг/см²*

Запас давления $100-\frac{719{,}51+200}{1\,000}\,100\approx 8\%$

Кольцо через стояк 1, прибор 2

1—7	—	—	—	—	—	304,8	—	402,35	—	—	—	—	—	—	—	—
8б	1 200	0,8	15	5,3	2,8	2,24	8,5	8	—	—	—	—	—	—	—	—

Потеря давления в нагревательном приборе 200 *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)$+200=(307,04+410,35)+200=917,39 *кг/м²*=919,51 *кг/м²*

Кольцо через стояк 1, прибор 3

1—6	—	—	—	—	—	275,3	—	390,75	—	—	—	—	—	—	—	—
9а	1 000	1,2	15	4,35	1,9	2,3	9,5	6,3	—	—	—	—	—	—	—	—

$\Sigma(Rl+z)$=277,6+397,05=674,65 *кг/м²*

Потеря давления в нагревательном приборе 200 *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)$=674,65+200=874,65 *кг/м²*

Продолжение табл. 21

Невязка по отношению к первому прибору $100-\frac{874,65}{919,54}\cdot 100=4,5\%$

Кольцо через стояк I, прибор 4

1—6	—	—	—	—	—	275,3	—	390,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9б	1000	0,8	15	4,35	1,9	1,52	8,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$\Sigma(Rl+z)=276,82+396,25=673,07$ *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)=673,07+200=873,07\approx 873,35$ *кг/м²*

Кольцо через стояк I, прибор 5

1—5	—	—	—	—	—	256,7	—	383,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10а	1400	1,2	15	6,1	3,6	4,32	9,5	11,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$\Sigma(Rl+z)=261,02+394,44=655,45$ *кг/м²*

Потеря давления в нагревательном приборе 200 *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)=655,46+200=855,46$ *кг/м²*

Невязка по отношению к первому нагревательному прибору $100-\frac{855,46}{919,51}\cdot 100=7,5\%$

Кольцо через стояк IV, прибор 1

1—2	—	—	—	—	—	134	—	271	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	14800	2,1	25	20,7	20	42	7	101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	7200	5	20	16,6	16	80	8,5	75,12	25	10,7	5,5	27,5	8,5	32	—52,5	—43,12		
19	4400	3,1	20	9,85	6	18,6	2,4	7,82	—	—	—	—	—	—	—	—		
20	2400	3,1	15	10,3	9,5	29,5	4,1	14,7	—	—	—	—	—	—	—	—		
20а	1200	0,8	15	5,3	2,8	2,24	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—		

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)=306,34+474,64=780,98$ *кг/м²*

По окончательному расчету $\Sigma(Rl+z)=780,98-(52,5+43,12)=685,36$ *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)=685,36+200=885,36$ *кг/м²*

Невязка по отношению к стояку *I*: $100-\frac{885,36}{919,5}\cdot 100=3,5\%$

Кольцо через стояк IV, прибор 6

1—2	—	—	—	—	—	134	—	271	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14 и 18	—	—	—	—	—	69,5	—	133	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18б	1400	0,8	15	6,1	3,6	2,9	8,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)=206,4+414=620,4$ *кг/м²*

Общая потеря давления $\Sigma(Rl+z)=620,4+200=820,4$ *кг/м²*

Невязка по отношению к стояку *I*: $100-\frac{820,4}{919,5}\cdot 100=11\%$

Невязка по отношению к прибору *1* стояка *IV*: $100-\frac{12,9}{77,86}\cdot 100=83,4\%$

Примечание. Потеря давления на участке *18б* составляет 2,9+10=12,9 *кг/м²*; на участках *19, 20* и *20а*—18,6+7,82+29,5+14,7+2,24+ +5=77,86 *кг/м²*.

Для всякого другого давления действительная величина сопротивления при постоянном весовом количестве пара будет равна

$$R = \frac{p_1 - p_2}{\Sigma l} \gamma_{ср}, \tag{58}$$

где R — действительное падение давления в $кг/м^2$;

$\gamma_{ср}$ — средний объемный вес пара, перемещающегося по трубопроводам, в $кг/м^3$.

Таким образом, с увеличением давления потери давления на трение уменьшаются в основном вследствие уменьшения объема пара, а следовательно, скорости его движения в трубах.

Для нахождения фактической величины потерь давления на трение нами составлены вспомогательные таблицы VIII — XIV при различных начальных и конечных давлениях пара.

Таблицы составлены по преобразованной формуле (58):

$$\frac{R'l}{1\,000} = \frac{(p_1 - p_2)\,\gamma_{ср}}{1\,000}\ кг/м^2. \tag{59}$$

Знаменатель 1000 принят для получения в таблицах меньших значений цифр.

В целях упрощения расчета паропроводов высокого давления может быть рекомендован метод учета местных сопротивлений по их эквивалентным длинам, при этом производимое по общепринятой методике отдельное вычисление местных потерь давления отпадает.

Наличие местного сопротивления, характеризующегося коэффициентом сопротивления ζ, на участке постоянного диаметра d вызывает потерю давления, равновеликую с потерей на трение на прямолинейном участке трубы того же диаметра длиной

$$L_{экв} = \zeta \frac{d}{\lambda} = \zeta l_{экв}, \tag{60}$$

где $L_{экв}$ — суммарная эквивалентная длина, соответствующая потерям на местные сопротивления;

ζ — значение коэффициента местного сопротивления, принимаемое по приложению 2;

d — диаметр трубопровода в $м$;

λ — безразмерный коэффициент трения о стенки трубопровода;

$l_{экв}$ — эквивалентная длина, соответствующая единице местного сопротивления, при данном диаметре трубы.

Таким образом, величина полной потери давления на участке может быть сразу вычислена и подставлена в расчетную таблицу; вместо действительной длины участка l в $м$ подставляется фиктивная длина по формуле:

$$l' = l + \Sigma \zeta l_{экв}. \tag{61}$$

В расчетной табл. VII приводятся значения эквивалентных длин.

Для определения падения давления в прямом трубопроводе следует исходить из количества протекающего пара G. Это количество в начале участка больше, чем в конце, так как часть пара по пути конденсируется (если конденсат не перегрет) вследствие отдачи тепла трубопроводом в окружающую среду. При большой длине трубопроводов пренебрегать этой потерей тепла недопустимо. Так как часовое количество пара в конце участка задано, то нужно вычислить часовой расход пара в начале участка.

При дальнейшем расчете будем пользоваться средним весом пара на участке. Этот средний вес определяется при помощи формулы:

$$G_{ср} = G + \frac{ql}{2} \text{ кг/час},$$

где q — теплоотдача 1 *м* трубопровода в *ккал/час* (по приложению 4).

Пример 1. Определить диаметры труб наружной сети паропроводов, показанной на рис. 16.

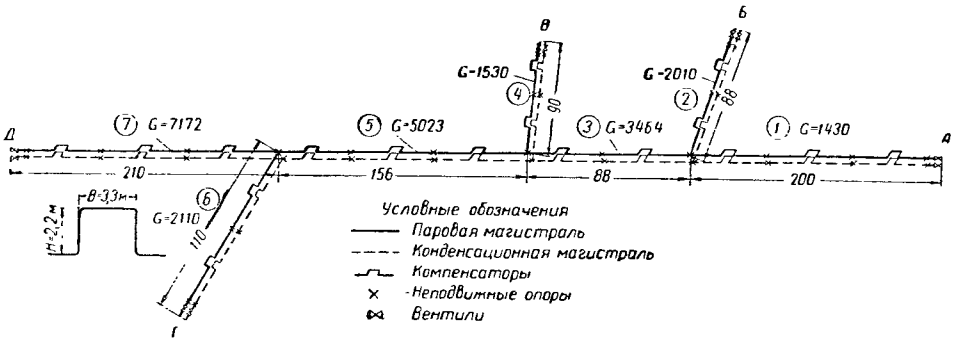


Рис. 16. Схема системы парового теплоснабжения

В зданиях *А*, *Б*, *В* и *Г* находятся тепловые распределительные пункты, а в *Д* — центральный распределительный пункт и котельная.

Давление пара в точке *Д* составляет 6 *ат* (*кгс/см*²), давление в точках *А*, *Б*, *В* и *Г* — 1,5 *ат*. Паропроводы изолированы (к. п. д. изоляции 0,8) и прокладываются в каналах; температура в каналах 30°; длины всех участков указаны в табл. 22.

Главная магистраль (участки *1*, *3*, *5* и *7*)

Для заданных давлений p_1 и p_2 по табл. VIII определяем среднюю вспомогательную величину

$$\frac{(p_1 - p_2)\,\gamma_{ср}}{1\,000} = 112 \cdot 10^3.$$

Общая длина главной магистрали равна 654 *м*.

Вспомогательная предварительная величина потерь на трение

$$R' = \frac{112 \cdot 1\,000\,(1 - 0{,}2)}{654} = 137 \text{ кгс/м}^2.$$

По полученной величине R' в расчетной табл. VI находим предварительные диаметры труб, которые и заносим в табл. 22.

Боковые ответвления (участки *2*, *4* и *6*)

Величина $R'l$, которую получили для участка *1* (от *А* до *Б*), будет такая же и для участка *2*, имеющего то же конечное давление и общее начальное давление (в точке *Б'*), поэтому

$$R'_2 l_2 = R'_1 l_1 = 137 \cdot 200 = 27{,}4 \cdot 10^3;$$

$$R'_4 l_4 = R' (l_1 + l_3) = 137\,(200 + 88) = 39{,}46 \cdot 10^3;$$

$$R'_6 l_6 = R' (l_1 + l_3 + l_5) = 137\,(200 + 88 + 156) = 60{,}83 \cdot 10^3.$$

Отсюда получаем вспомогательные величины для участков *2*, *4* и *6*:

$$R_2' = \frac{27{,}4 \cdot 10^3}{88} = 312;$$

$$R_4' = \frac{39{,}46 \cdot 10^3}{90} = 439;$$

$$R_6' = \frac{60{,}83 \cdot 10^3}{110} = 553.$$

Затем находим диаметры по табл. VI и заносим их значения в табл. 22.

После этого производим окончательный расчет, начиная с наиболее отдаленной точки *A*. Расчетные величины участков записываем в табл. 22. После этого определяем коэффициенты местных сопротивлений.

Участок *1*

Вентиль с вертикальным шпинделем, $d = 70/3$ *мм* . . . . . $\zeta = 7$

Двенадцать отводов на трех компенсаторах, $d = 70/3$ *мм* . . . $\zeta = 0{,}2 \cdot 12 = 2{,}4$

Тройник при делении потока на проходе (§ 5 приложения 2) . . . . $\zeta = 3{,}36$

$\Sigma\zeta = 12{,}76$

$$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}} = \frac{1\,430}{3\,440} = 0{,}415.$$

Это соответствует $L_{экв} = \Sigma\zeta\, l = 12{,}76 \cdot 2{,}6 = 33{,}2$ *м*.

Величина эквивалентных длин принимается по табл. VII в зависимости от диаметра трубы.

Теплоотдача трубопровода при разнице средней температуры 138—30=108° составит

$$q = 0{,}239 \cdot 12{,}5 \cdot 108\,(1 - 0{,}8) = 64 \text{ ккал/час } м,$$

где 0,239 — поверхность трубы в $м^2$;

12,5 — коэффициент теплопередачи (см. табл. 5).

Температура принята, согласно среднему давлению в участке *1*, примерно 2,5 *ат* (табл. 22).

Количество конденсата, выделяющееся при потере тепла 1 *м* трубы

$$g = \frac{q}{r} = \frac{64}{513{,}8} = 0{,}125 \text{ кг/час } м,$$

где r — полная теплота испарения в *ккал/кг*, принятая по табл. VIII.

Средний вес пара

$$G_{ср} = 1\,430 + \frac{0{,}125 \cdot 200}{2} = 1\,442{,}5 \text{ кг/час}.$$

Так как средний вес пара нам известен, то мы можем точно определить потерю давления на участке *1* и вычислить величину давления в начале участка. Ориентировочный внутренний диаметр трубы d=76/3 *мм*. Средний вес пара $G_{ср}$=1 442,5 *кг/час*. Давление пара в конце участка $p_2 = 25 \cdot 10^3$ *кгс/м²*.

Вспомогательная величина, полученная путем интерполяции для расхода пара, равна $R' = 150$ (табл. VI).

Общие потери на участке *1*.

$$R_1 l_1 = 150 \cdot 233{,}2 = 35 \cdot 10^3.$$

По p_2 и $R_1\, l_1'$ с помощью вспомогательной табл. VIII находим значение p_1 (путем интерполирования), равное $44 \cdot 10^3$.

Таким же образом производим окончательный расчет всех остальных участков.

Расчет целесообразнее начинать с участка потребителя пара, в данном примере с участка *1* с давлением p_1; в этом случае удобно увязывать давление по всем ответвлениям.

Проверочный расчет показал, что почти все предварительно принятые диаметры трубопроводов, кроме участков *2* и *3*, подобраны правильно и перерасчета не требуется.

В изолированных паропроводах потеря тепла не превышает 0,5—1%, поэтому вполне достаточно при расчетах ее принимать приближенно. Расчет конденсатопроводов будет приведен отдельно.

Таблица 22

Результаты расчета трубопроводов парового отопления высокого давления

№ участка	Длина участка l в $м$	Предварительный расчет			Окончательный расчет									
		вес пара на участке G в $кг/час$	значение R' (по табл. VII)	диаметр трубы d в $мм$	вес пара в начале участка G в $кг/час$	потеря конденсата на участке g в $кг/час$	средний вес пара на участке $G_2=G_1+g$ в $кг/час$	диаметр трубы в $мм$	эквивалентная длина местного сопротивления $\Sigma\xi\, l_{экв}$ в $м$	общая длина $l_2=l+\Sigma\xi\, l_{экв}$	давление пара в конце участка p_2 в $кг/м^2$	потеря давления на трение R' в $кг/м^2$	общая потеря давления на участке $R'\, l'$ в $кг/м^2$	давление пара в начале следующего участка p_1 в $кг/м^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	200	1 430	150	76/3	1 430	12	1 442	76/3	33,2	233,2	25 000	150	$35\cdot10^3$	$44\cdot10^3$
2	88	2 010	210	83/3,5	2 010	12	2 022	76/3	30,7	118,7	25 000	300	$35{,}6\cdot10^3$	$44\cdot10^3$
3	88	3 440	180	102/4	3 440	17	3 457	108/4	7,4	95,4	44 000	130	$12{,}4\cdot10^3$	$47\cdot10^3$
4	90	1 530	210	70	1 530	12	1 542	70	24	114	25 000	210	$24\cdot10^3$	$40\cdot10^3$
5	156	5 023	120	127/4	5 023	27	5 050	127/4	14	170	47 000	120	$20{,}6\cdot10^3$	$56\cdot10^3$
6	110	2 110	400	70	2 110	14	2 124	70	25	135	25 000	400	$53\cdot10^3$	$52\cdot10^3$
7	210	7 172	170	133/4	7 172	50	7 222	133/4	37,4	247,4	56 000	170	$43\cdot10^3$	$70\cdot10^3$

Примечание. Диаметры труб 70 *мм* не рекомендуется применять (в данном сучае они применены в конечных участках для увязки давления).

Пример 2. Рассчитать компенсатор, установленный на участке *7* паропровода (см. пример 1, рис. 16).

Диаметр трубопровода $d = 133/4$ *мм*; длина участка между двумя неподвижными опорами 70 *м*; температура теплоносителя $t = 138°$.

Удлинение трубопровода при повышении температуры определяется по формуле (50).

$$\Delta = 0{,}000012 \cdot 70 (138 - 5) = 0{,}112 \text{ м}.$$

Вылет H компенсатора при отношении ширины к вылету $K = \frac{B}{H} = 1{,}5$ определяется по формуле (51):

$$H = 46{,}1 \sqrt{\frac{11{,}2 \cdot 13{,}3}{3 \cdot 1{,}5 + 2}} = 220 \text{ см}, \text{ или } 2{,}2 \text{ м}.$$

Ширина вылета

$$K = \frac{B}{H} = 1{,}5 = \frac{B}{2{,}2}; \quad B = 2{,}2 \cdot 1{,}5 = 3{,}3 \text{ м}.$$

Пример 3. Рассчитать трубопровод системы парового отопления высокого давления, устроенной в промышленном здании. Магистральные трубопроводы прокладываются у наружных стен: паропроводы над окнами, конденсатопроводы у пола. Около колонн паропроводы и конденсатопроводы прокладываются на высоте около 7 *м* от пола с целью избежания устройства дорогостоящих подпольных каналов; паропроводы не изолируются.

Давление пара на вводе равно 6 *ат* (*кгс/см*^{2}), после редукционного клапана — 2 *ат*. Количество пара равно теплоотдаче в *ккал/час*, деленной на скрытую теплоту парообразования $\frac{Q}{r}$. По приложению *8* эта величина равна 517,7 *ккал/час*. Давление перед агрегатом должно быть не менее 0,2 *ат*, но учитывая потери при поднятии конденсата в трубопровод, в вентиле и агрегатах мы оставляем 1 *ат*.

Главная магистраль (участки *1*, *3*, *5*, *8*, *12* и *13*) (рис. 17)

Для заданных давлений p_1 и p_2 по табл. VIII находим среднюю вспомогательную величину $(p_1 - p_2)\ \gamma_{ср} = 8{,}4 \cdot 10^3$. Общая длина главной магистрали 75,4 *м*.

Вспомогательная предварительная величина потерь на трение

$$R' = \frac{8\,400 (1 - 0{,}2)}{75{,}4} = 89 \text{ кг/м}^2.$$

Однако в зданиях нельзя принимать диаметры трубопроводов по средней потере давления, так как в этом случае невозможно увязывать участки в отдельных небольших ответвлениях; рекомендуется поэтому на более отдаленных участках от ввода допускать меньшие потери на трения, а на более близких к вводу — большие. Величины теплоотдачи трубопроводов принимаем по приложению 4.

Количество конденсата, выделяющееся на всех участках

$$g = \frac{160 \cdot 15}{532{,}2} = 4{,}5 \text{ кг/час}.$$

Средний вес пара в начале участка

$$G_{ср} = 132{,}5 + \frac{4{,}5}{2} = 134{,}7 \text{ кг/час}.$$

Определяем коэффициенты местных сопротивлений.

Участок *1*

Отвод, $d = 32$ *мм*	$\zeta = 0{,}2$
Тройник при делении потока на проходе	$\zeta = 2{,}2$
	$\Sigma\zeta = 2{,}4$

$$\frac{G_{пр}}{G_{ств}} = \frac{132{,}5}{265} = 0{,}5.$$

Это соответствует $L_{экв} = \Sigma \zeta l = 2{,}4 \cdot 1{,}1 = 2{,}64$ *м*.

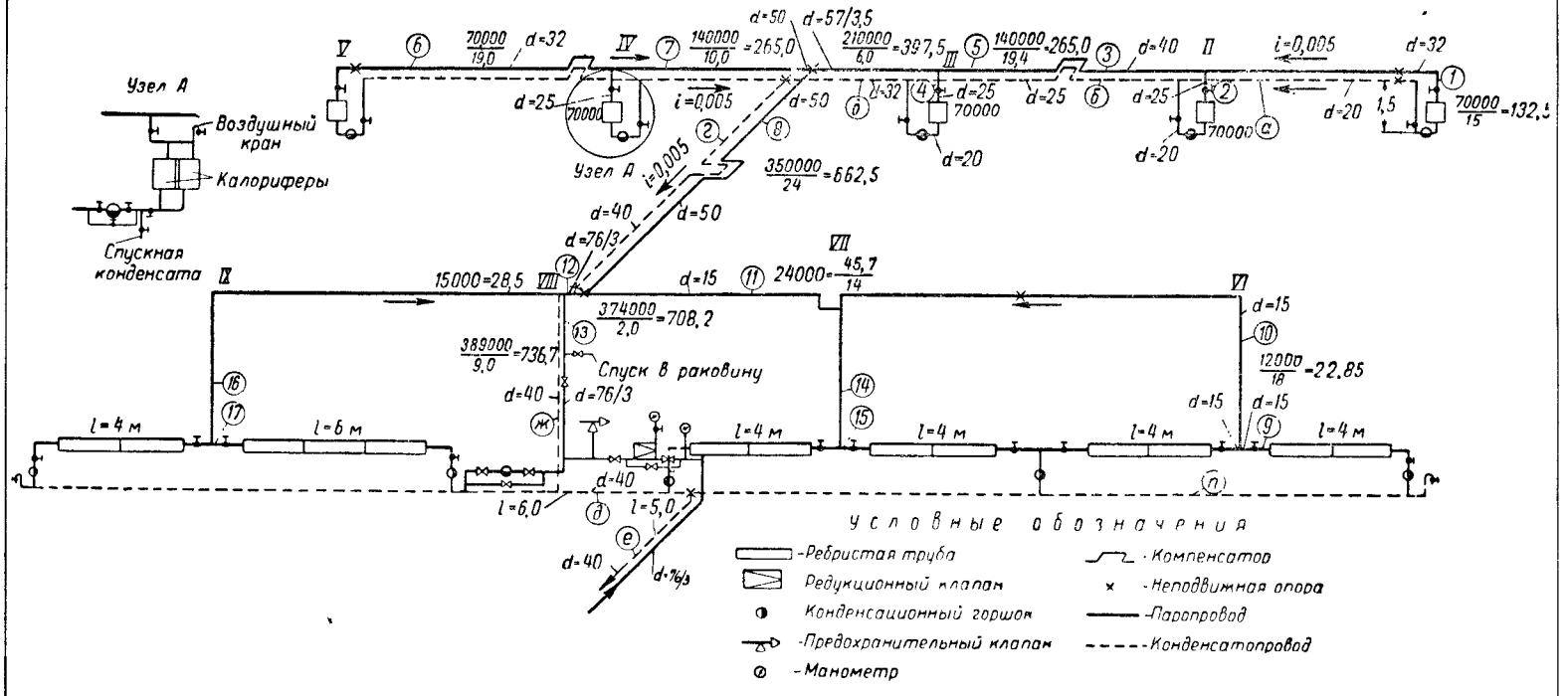


Рис. 17. Двухтрубная система парового отопления высокого давления промышленного здания

Общие потери давления на участке *1*

$$R'l' = 50 \cdot 17{,}64 = 880 \text{ кг/м}^2.$$

Аналогичным образом подсчитаны все остальные участки и увязаны между собой все ответвления, кроме тех, которые не могут быть приняты диаметром меньше 15 *мм* (участки *14—16*). Все расчетные величины заносятся в табл. 23.

При учете теплоотдачи трубопроводов следует соответственно уменьшать теплоотдачу агрегатов и нагревательных приборов. В примере сказано, что после редуктора необходимо иметь давление 2 *ат*, а в результате расчета получили 1,87 *ат*, т. е. величину, близкую заданной, поэтому на этом расчет заканчиваем.

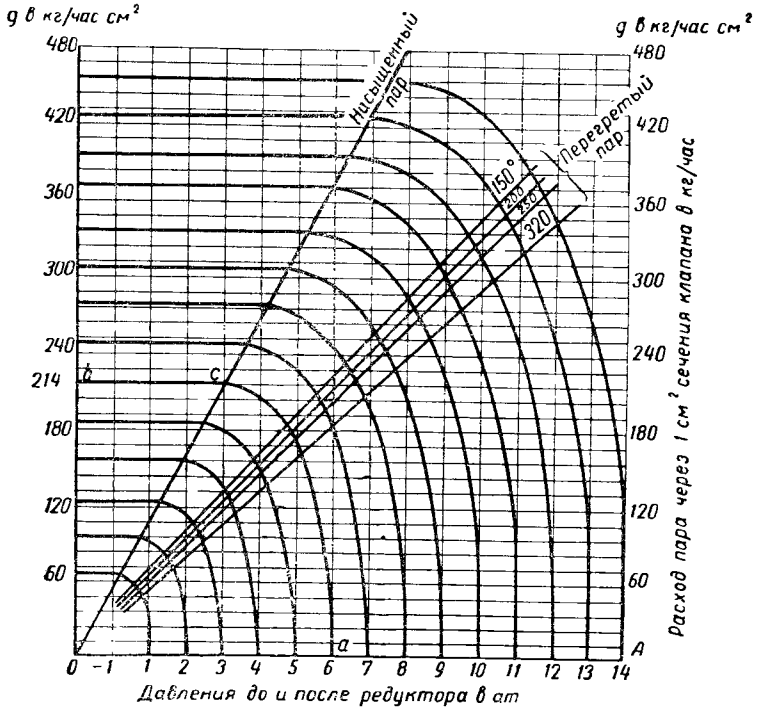


Рис. 18. Номограммы для расчета редукционного клапана системы „Струбе"

Пример 4. Рассчитать редукционный клапан (рис. 18). Расход насыщенного пара составляет 757,2 *кг/час*. Начальное давление $p_н$=6 *ат*, а после редуктора — 2 *ат*.

На линии *0A* (рис. 18) находим точку *a*, соответствующую начальному давлению 6 *ат*; из точки *a*, двигаясь по кривой эквидистантно прочим кривым, находим точку *c* и на горизонтали *cb* расход пара, равный 214 *кг/час см*². Считая коэффициент расхода m=0,6, получим необходимую площадь отверстия

$$f = \frac{757{,}2}{214 \cdot 0{,}6} = 5{,}9 \text{ см}^2.$$

Принимаем к установке редуктор «Струбе» диаметром 50 *мм* (приложение 9).

Подбор конденсатоотводчиков «Рапид». Если после конденсатоотводчика конденсат объемным весом γ должен быть поднят на некоторую высоту h, а сопротивление напорной конденсационной линии равно $\Sigma (Rl + z)$ *кг/м*², то конечное давление будет равно

$$p_2 = 0{,}0001 \left[(h\gamma + \Sigma (Rl + z)\right] ат. \qquad (62)$$

Таблица 23

Результаты расчета трубопроводов парового отопления высокого давления

№ участка	Длина участка l в *м*	Предварительный расчет			Окончательный расчет									
		вес пара на участке G в *кг/час*	значения R^1 (по табл. VI)	диаметр трубы в *мм*	вес пара в конце участка G_1 в *кг/час*	потеря конденсата на участке g в *кг/час*	средний вес пара в начале участка $G_{ср}=G_2=G_1+g$ в *кг/час*	диаметр трубы в *мм*	эквивалентная длина местного сопротивления $\Sigma\zeta\, l_{экв}$ в *м*	общая длина $l^1=l+\Sigma\zeta\, l_{экв}$	давление пара в конце участка p_2 в *кг/м²*	потеря давления на трение R^1 в *кг/м²*	общая потеря давления на участке $R^1 l^1$ в *кг/м²*	давление пара в начале участка p_1 в *кг/м²*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	15	132,5	50	32	132,5	2,2	134,7	32	2,64	17,64	20 000	50	$0,88\cdot10^3$	$2,08\cdot10^3$
2	0,8	132,5	240	25	132,5	—	132,5	25	1,5	2,3	20 000	240	$0,552\cdot10^3$	$2,05\cdot10^3$
3	19,4	267,2	90	40	267,2	3,5	270,7	40	2,6	22	20 800	90	$1,8\cdot10^3$	$2,24\cdot10^3$
4	0,8	132,5	240	25	132,5	—	132,5	25	3,4	4,2	20 000	240	$1\cdot10^3$	$2,1\cdot10^3$
5	6	403,2	70	57/3,5	403,2	1	404,2	57/3,5	9	15	22 400	70	$1,05\cdot10^3$	$2,32\cdot10^3$
6	19	132,5	50	32	132,5	2,7	135,2	32	3,9	22,9	20 000	50	$1,14\cdot10^3$	$2,1\cdot10^3$
7	10	267,7	90	40	267,7	1,8	269,5	40	6,2	16,2	21 000	90	$1,46\cdot10^3$	$2,22\cdot10^3$
8	24	673,7	150	50	673,7	5	678,7	50	6,3	30,3	23 200	150	$4,55\cdot10^3$	$2,8\cdot10^3$
9	0,8	11,43	30	15	11,43	—	11,43	15	2,4	3,2	20 000	30	$0,09\cdot10^3$	$2,01\cdot10^3$
10	18	22,85	120	15	22,85	1,15	24	15	2,5	20,5	20 100	120	$0,46\cdot10^3$	$2,23\cdot10^3$
11	14	46,85	400	15	46,85	1	47,85	15	1,1	15	22 300	400	$6\cdot10^3$	$2,7\cdot10^3$
12	2	726,55	38	76/3	726,55	—	726,55	76/3	7,3	9,3	28 000	38	$0,35\cdot10^3$	$2,82\cdot10^3$
13	9	755,2	40	76/3	755,2	2	757,2	76/3	18	27	28 200	40	$0,72\cdot10^3$	$2,87\cdot10^3$

Учитывая сопротивление самих конденсатоотводчиков, величину p_2 не следует принимать более 0,4 p_1.

Давление пара до конденсатоотводчика p_1 следует принимать равным 0,95 от давления перед отопительным прибором, за которым он установлен. Если конденсатоотводчик установлен в конце конденсационной линии системы, то давление p_1 принимают равным 0,7 от давления пара перед последним отопительным прибором. Если конденсатоотводчик служит для дренажа паропроводов, то p_1 принимают равным давлению пара в дренирующей точке паропровода. Давление пара p_2=0, если конденсат из конденсатоотводчика сливается в бак через трубопроводы, работающие самотеком.

Таблица 24

Диаметры отверстий клапанов конденсатоотводчиков с открытым поплавком

№ конденсатоотводчика	Диаметр отверстия клапана в *мм*
00	3
0	4
1	4,5
2	6
3	8
4	10

Формула для подбора конденсатоотводчика «Рапид»:

$$d = 0{,}18\sqrt{\frac{G}{\sqrt{p_1 - p_2}}}\ мм,$$

где d — диаметр отверстия регулирующего клапана в *мм*;
G — количество отводимого конденсата в *л/час*.

Пример 5. Отводится конденсат в количестве 135 *л/час*. Давление перед агрегатом $p_1 = 1$ *ат*, после агрегата — $1 \cdot 0{,}95 = 0{,}95$ *ат*. Высота подъема конденсата 1,5 *м* и потеря давления 15 *кгс/см*^{2}.

Отсюда по формуле (62)

$$p_2 = 0{,}0001\,(1{,}5 \cdot 950 + 1{,}5 \cdot 10) \approx 0{,}15\ ат,$$

откуда диаметр конденсатоотводчика

$$d = 0{,}18\sqrt{\frac{135}{\sqrt{0{,}95 - 0{,}15}}} = 2{,}2\ мм.$$

Пользуясь табл. 24, подбираем конденсатоотводчик N00.

3. РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ

Пар давлением 0,1 *ат* занимает примерно в 1 600 раз бóльший объем, чем конденсат, полученный после его конденсации. Несмотря на это, конденсатопроводы нельзя рассчитывать исходя из объема конденсата, потому что в трубопроводах наравне с конденсационной водой почти постоянно имеется дополнительная среда в виде воздуха в системах парового отопления низкого давления или в виде смеси воздуха и пара (эмульсия) в системах парового отопления высокого давления.

В практике проектирования конденсатопроводы в большинстве случаев рассчитываются по приложению 8, составленному на основе эмпирических формул, или исходя из располагаемого давления, создаваемого уклоном труб или высотой расположения (отметкой) напорного бачка. Мы рекомендуем все конденсационные трубопроводы рассчитывать по следующему располагаемому давлению[1]:

$$H = h\gamma\eta, \qquad (63)$$

[1] По данным Промстройпроекта (серия Л-207).

где h — вертикальное расстояние между начальной и конечной точками магистрального трубопровода в *м*;

γ — объемный вес воды в *кг/м*^{3};

η — коэффициент, учитывающий наличие воздуха или эмульсии.

Значение коэффициента η в формуле (63) принимается следующее:

1) для горизонтальных трубопроводов внутренних систем парового отопления с давлением до 0,7 *ат* включительно $\eta=0{,}5$;

2) для горизонтальных трубопроводов внутренних систем парового отопления с давлением от 0,8 *ат* и выше $\eta=0{,}65$;

3) для горизонтальных трубопроводов наружных сетей $\eta=0{,}75$.

Для вертикальных участков трубопроводов (стояки) внутренних систем парового отопления располагаемое давление определяется также по формуле (63); коэффициент η следует принимать соответственно давлению пара 0,5 и 0,65.

Ввиду значительной величины располагаемого давления в вертикальных участках трубопровода скорости движения конденсата в последних следует принимать в пределах 0,12—0,15 *м/сек*.

Величина располагаемого давления в конденсатопроводах, работающих под напором, определяется:

1) по формуле (63) с коэффициентом заполнения конденсата $\eta=1$, если давление создается за счет напорного бачка;

2) по расчетному давлению, необходимому для движения конденсата по трубопроводу, если давление создается насосом.

Диаметры труб конденсатопроводов рассчитываются по располагаемому давлению с помощью таблиц:

а) для напорных конденсатопроводов (табл. XVI) — при $k=0{,}5$ *мм*;

б) во всех остальных случаях (табл. XVI) — при $k=1$ *мм*.

Расчетное количество конденсата для напорных конденсатопроводов следует принимать:

а) при перекачке насосом — по производительности насоса;

б) при напоре за счет разности уравнений — по весу пара с коэффициентом запаса 1,5.

Расчетное количество конденсата во всех остальных случаях принимается по весу пара.

При небольших системах парового отопления с давлением 0,05—0,1 *ат* и для предварительных расчетов допускается пользоваться таблицей приложения 8.

Пример. Рассчитать конденсационный трубопровод для системы парового отопления высокого давления (рис. 17). Уклон трубопровода принят $i=0{,}005$; длина горизонтальной магистрали $\Sigma l = 58{,}4$ *м*; давление пара в системе — выше 0,8 *ат*.

Располагаемое давление для горизонтальных магистралей по формуле (63) будет

$$H = \Sigma li\,\gamma\eta = 58{,}4 \cdot 0{,}005 \cdot 950 \cdot 0{,}65 = 180 \text{ кг/м}^2.$$

Вертикальный участок рассчитывается отдельно со скоростью воды 0,15 *м/сек*. Ориентировочная величина падения давления на 1 *м* конденсатопровода

$$R = \frac{180\,(1-0{,}2)}{58{,}4} = 2{,}5 \text{ кг/м}^2.$$

Результаты подсчетов заносим в табл. 25.

Таблица 25

Результаты расчета конденсационных трубопроводов

По схеме трубопроводов				Данные предварительного расчета						Даиные окончательного расчета						Разность величин по предварительному и окончательному расчетам	
участки	тепловая нагрузка Q в *ккал/час*	количество конденсата G в *кг/час*	длина участка l в *м*	диаметр трубопровода d в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	диаметр трубы d в *мм*	скорость w в *м/сек*	удельная потеря давления на трение R в *кг/м²*	потеря давления на трение Rl в *кг/м²*	число единиц местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	потеря давления в местных сопротивлениях z в *кг/м²*	Rl	z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Полукольцо через агрегат 1. Длина полукольца 77,4 м. Располагаемое давление 180 кг/м²																	
а	—	134,7	15	20	0,105	2	30	7,4	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—
б	—	270,7	19,4	25	0,136	2,6	51	3,4	3,1	—	—	—	—	—	—	—	—
в	—	404,2	6	32	0,113	1,2	7,2	3,5	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—
г	—	678,7	26	40	0,141	1,4	36,4	2,2	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—
д	—	726,55	6	40	0,156	1,7	10,2	2,5	3	—	—	—	—	—	—	—	—
е	—	757,2	5	40	0,161	1,8	9	2	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
По предварительному расчету $\Sigma(Rl+z)=143,8+17,32=161,12$ *кг/м²*																	
Запас $100-\frac{161,12}{180}\cdot 100=10\%$																	
*ж**	—	678,7	9	40	0,141	1,4	13,6	2,4	2,43	—	—	—	—	—	—	—	—
Общий расход $\Sigma(Rl+z)=13,6+2,43=16,03$ *кг/м²*																	

* Вертикальная часть участка.

Определяем коэффициенты местных сопротивлений.

Участок *а*

Вентиль с прямоточным косым шпинделем, $d = 20$ *мм*	$\zeta = 3$
Два отвода, $d = 20$ *мм*	$\zeta = 1{,}1 \cdot 2 = 2{,}2$
Тройник при слиянии потока на проходе	$\zeta = 2{,}2$
	$\Sigma\zeta = 7{,}4$

$$\frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{ств}}} = \frac{134{,}7^*}{270{,}7} = 0{,}5.$$

По расчету, приведенному в табл. 25, запас получился равным 10%, что находится в пределах нормы; поэтому диаметры трубопроводов не изменяем.

На участке *ж* (вертикальный отрезок участка *г*) нами принята максимально возможная скорость, хотя располагаемое давление по высоте трубы составляет

$$H = 9 \cdot 950 \cdot 0{,}65 = 5\ 557\ кг/м^2.$$

Расход давления составил только 16,03 *кг/м*^{2}.

---

* Количество конденсата принято по табл. 25.

Глава IV

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Поверхность нагревательных приборов, выраженная в эквивалентных квадратных метрах (*экм*), определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{пр}}{q_{эр}} - F_{тр} \; эк\,м. \tag{64}$$

или

$$F = \frac{(Q_{пр} - Q_{тр})}{q_{эр}} \; эк\,м, \tag{65}$$

где F — поверхность нагревательных приборов в *экм*;

$Q_{пр}$ — расчетная тепловая нагрузка на нагревательные приборы в *ккал/час*;

$q_{эр}$ — расчетная теплоотдача 1 *экм* в *ккал/час*, определяемая по формуле (68);

$Q_{тр}$ — теплоотдача открыто проложенных трубопроводов в *ккал/час*, определяемая по формуле (67);

$F_{тр}$ — поверхность теплоотдающих, открыто проложенных трубопроводов в *экм*, определяемая по формуле (66):

$$F_{тр} = Lf_{экв}\eta \; эк\,м, \tag{66}$$

где L — длина трубопровода в *м*;

$f_{экв}$ — поверхность 1 *м* неизолированного трубопровода в *экм* (при скрытой прокладке тепловыделение не учитывается), принимаемая по табл. 26;

η — коэффициент, принимаемый по данным, указанным на стр. 21.

Таблица 26*

Поверхность неизолированных трубопроводов в *ЭКМ*

d в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	76/3	108/4
$f_{экв}$ . . .	0,1	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,3	0,37	0,53

* По данным НИИ санитарной техники АСиА СССР.

Величину $Q_{тр}$ для подводок и стояка можно определять по формуле:

$$Q_{тр} = Lq\eta \; ккал/час, \tag{67}$$

где q — теплоотдача 1 *м* трубопровода, принимаемая по приложению 4.

$$q_{эр} = k\Delta t_{ср} = q_э \beta_з \Delta t_{ср} \; ккал/час, \tag{68}$$

где k — коэффициент теплоотдачи нагревательных приборов в *ккал/экм час град*;

$\Delta t_{ср}$ — перепад температур между средней температурой теплоносителя и окружающего воздуха в град.

При паровых системах отопления $\Delta t_{ср}$ принимается равной температуре насыщенного пара, поступающего в нагревательный прибор, за вычетом температуры окружающего воздуха. Давление пара перед вентилем нагревательного прибора принимается не менее 0,02 *ат*.

Значения $q_э$ и $\beta_з$ приводятся ниже (см. табл. 27 и 28).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ[1]

При подаче воды через верхнюю и удалении через нижнюю пробки радиатора во всех случаях присоединения подводок к регистрам из гладких и ребристых труб, а также при подаче пара имеет место выражение

$$0{,}5G_{отн} < 1; k = 1,\ 79\Delta t_{ср}^{0,32} G_{отн}^{0,13} \; ккал/экм \; час \; град; \tag{69}$$

$$G_{отн} > 1; \quad k = 1{,}79\Delta t_{ср}^{0,32} G_{отн}^{0,03} \; ккал/экм \; час \; град. \tag{70}$$

В случаях подачи и удаления воды через нижнюю пробку радиаторов

$$k = 3{,}25\Delta t_{ср}^{0,15} G_{отн}^{0,1} \; ккал/экм \; час \; град. \tag{71}$$

При подаче воды в нижнюю и удалении через верхнюю пробки радиаторов (присоединение одностороннее)

$$k = 2{,}8\Delta t_{ср}^{0,15} G_{отн}^{0,08} \; ккал/экм \; час \; град. \tag{72}$$

Если подача воды происходит через нижнюю, а удаление через верхнюю пробки радиаторов (присоединение разностороннее), то

$$k = 3\Delta t_{ср}^{0,15} G_{отн}^{0,1} \; ккал/экм \; час \; град; \tag{73}$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_г - t_о}{2} - t_в = \frac{t_{вх} - t_{вых}}{2} - t_в \; град.; \tag{74}$$

$G_{отн}$ — относительный расход воды в нагревательном приборе;

$$G_{отн} = \frac{6{,}75\Delta t_{ср}}{\Delta t_{пр} \cdot 17{,}4};$$

$q_э$ — коэффициент теплоотдачи 1 *экм* при $G_{отн}=1$ (табл. 28);

$\beta_з$ — коэффициент, учитывающий изменение $G_{отн}$ (табл. 27).

---

[1] По данным НИИ санитарной техники АСиА СССР.

Таблица 27

Поправочный коэффициент β_3 для радиаторов в зависимости от вида присоединения к ним подводок и расхода воды

Относительный расход воды в нагревательном приборе на 1 *экм* по отношению к условному расходу (17,4) G в *кг/час экм*	Подача воды через верхнюю и удаление через нижнюю пробки радиаторов	Подача и удаление воды через нижние пробки или подача через нижнюю, а удаление через верхнюю пробки при разностороннем присоединении	Подача воды через нижнюю и удаление через верхнюю пробки радиаторов (присоединение одностороннее)
	значение β_3		
0,5	0,91	0,93	0,95
0,6	0,94	0,955	0,965
0,7	0,955	0,97	0,98
0,8	0,97	0,985	0,99
0,9	0,99	1	1
1	1	1	1
2	1,014	1,03	1,03
3	1,02	1,1	1,09
4	1,04	1,15	1,12
5	1,05	1,17	1,13
6	1,055	1,19	1,15
7	1,06	1,21	1,17
Более 7	1,07	1,23	1,18

Примечание. Для ребристых труб и регистров из гладких труб при теплоносителе воде и паре, а также для радиаторов при теплоносителе паре ввиду отсутствия опытных данных значение β_3 может быть принято равным единице.

Таблица 28

Коэффициент теплоотдачи q_3 нагревательного прибора в *ккал/экм час град* в зависимости от движения теплоносителя

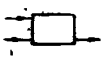
$\Delta t_{ср}$				
20	4,67	5,1	4,39	4,7
25	5,01	5,17	4,52	4,86
30	5,3	5,41	4,66	5
35	5,59	5,54	4,77	5,11
40	5,81	5,66	4,87	5,22
45	6,01	5,75	4,96	5,31
50	6,26	5,84	5,04	5,39
55	6,45	5,93	5,11	5,47
60	6,63	6	5,17	5,54
65	6,81	6,08	5,24	5,61
70	6,97	6,15	5,3	5,67
75	7,13	6,21	5,35	5,73
80	7,24	6,27	5,4	5,79
85	7,32	6,33	5,45	5,84
90	7,55	6,38	5,5	5,89
95	7,69	6,44	5,54	5,94
100	7,82	6,49	5,59	5,99
105	7,94	6,53	5,63	6,03
110	8,06	6,58	5,67	6,07
115	8,17	6,62	5,7	6,12
120	8,29	6,66	5,74	6,15
125	8,39	6,7	5,77	6,18
130	8,5	6,74	5,81	6,23
135	8,6	6,78	5,84	6,26

Таблица 29

Таблица перевода поверхности нагрева f_c нагревательных приборов в эквивалентные квадратные метры (*экм*)

Типы нагревательных приборов	Единица измерения	Поверхность секции, блока или ребристой трубы		Коэффициент для пересчета поверхности нагрева с $м^2$ в *экм*
		в $м^2$	в *экм*	
Радиаторы:				
М-140	Секция	0,254	0,31	1,22
НМ-150	„	0,254	0,31	1,22
„Минск-110“	Блок	0,285	0,34	1,19
„Нерис“	Секция	0,468	0,5	1,07
М-132	„	0,25	0,269	1,07
М-150	„	0,25	0,269	1,07
Н-136	„	0,285	0,285	1
Н-150	„	0,3	0,3	1
Гигиенический	„	0,175	0,206	1,18
ЛОР-150	„	0,2	0,224	1,12
ЛОР-200	„	0,13	0,155	1,19
„Польза № 6“	„	0,4	0,492	1,07
Тепловые панели	Блок	0,5	0,5	1
Ребристые трубы длиной в *м*:				
1	Шт.	2	1,38	0,69
1,5	„	3	2,07	0,69
2	„	4	2,76	0,69

Примечания. 1. Величина поверхности нагрева в *экм*, указанная в таблице, дана для отопительных приборов, установленных открыто у наружной стены; при других видах установок отопительных приборов в расчет вводятся поправки β_2 по табл. 30.

2. Величина поверхности в *экм* для ребристых труб указана в случае установки их в один ряд.

Таблица 30

Коэффициенты β_2 надбавки на расчетную нагрузку нагревательных приборов в зависимости от способа их установки

Описание установки	Коэффициент β_2
Прибор установлен у стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	При расстоянии от прибора до подоконника A=40; 80; 100 *мм* $\beta_2 = 1{,}05;\ 1{,}03;\ 1{,}02$
Прибор установлен в стенной нише	При $A = 40;\ 80;\ 100$ *мм* $\beta_2 = 1{,}11;\ 1{,}07;\ 1{,}06$
Прибор установлен у стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в передней стенке у пола и в верхней доске	При $A = 260;\ 220;\ 180;\ 150$ *мм* $\beta_2 = 1{,}12;\ 1{,}13;\ 1{,}19;\ 1{,}25$
Прибор установлен, как и в предыдущем случае, но со щелью в верхней части передней стенки	При $A = 130$ *мм* $\beta_2 = 1{,}2$ при открытых щелях; $\beta_2 = 1{,}4$ при щелях, закрытых сетками

Количество устанавливаемых нагревательных приборов определяется по формуле:

$$n = \frac{F}{f_c}\beta_1\beta_2\beta_4 \text{ шт.}, \qquad (75)$$

где n — количество секций, принимаемых к установке;

f_c — поверхность одной секции в *экм*, принимаемой по табл. 29;
β_1 — коэффициент, учитывающий остывание воды в трубопроводах, принимаемый по приложению 10;
β_2 — коэффициент, учитывающий характер установки нагревательных приборов (табл. 30);
β_4 — поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от количества секций радиаторов в одном нагревательном приборе (табл. 31).

Таблица 31

Значения коэффициента β_4

n	3	4	5	6	7	8—9	10—20	21 и более
β_4 . .	0,94	0,96	0,98	0,99	1	1,01	1,05	1,1

Расчетную поверхность нагревательного прибора допускается уменьшать:

а) для радиаторов — не более чем на 0,1 *экм*;

б) для ребристых труб — не более чем на 10%.

Число секций n определяется с помощью приложения 11.

Приводим примеры расчетов нагревательных приборов для систем отопления, которые ранее были рассчитаны.

ПРИМЕР 1. Рассчитать нагревательные приборы для стояка XIII (см. рис. 9). Нагревательные приборы типа М-140 устанавливаются свободно у стены.

Первый этаж. $Q_{пр}=1\,400$ *ккал/час*

Определяем поверхность теплоотдачи в *экм* открыто проложенных трубопроводов по формуле:

$$F_{тр} = Lf_{экв}\eta = F_{подв} + F_{ст.\ до\ зам.уч.} + F_{ст.\ после\ зам.уч.} =$$
$$= 0{,}7 \cdot 2 \cdot 0{,}12 \cdot 1 + 0{,}6 \cdot 2 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}5 + 2{,}8 \cdot 2 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}5 = 0{,}66\ экм.$$

Определяем относительный расход воды в нагревательном приборе по формуле (74)

$$G_{отн} = \frac{6{,}75\Delta t_{ср}}{\Delta t_{пр} \cdot 17{,}4} = \frac{6{,}75\left(\frac{93{,}2+68{,}2}{2} 18\right)}{(93{,}2-68{,}2)\,17{,}4} = 0{,}972.$$

По табл. 27 принимаем $\beta_3=1$.
По табл. 28 при

$$\Delta t_{ср} = \frac{93{,}2+68{,}2}{2} - 18 = 62{,}7^\circ$$

и подаче теплоносителя через верхнюю, а удаление через нижнюю пробки радиаторов находим

$$q_э = 6{,}72\ ккал/э\ к\ м\ час$$

Подставляя в формулу (68), получим

$$q_{эр} = 6{,}72 \cdot 1 \cdot 62{,}7 = 420\ ккал/экм\ час.$$

Необходимая поверхность нагрева в *экм* по формуле (64) будет

$$F = \frac{Q_{пр}}{q_{эр}} - F_{пр} = \frac{1\,400}{420} - 0{,}66 = 2{,}67\ экм.$$

Определяем количество секций радиаторов по формуле (75):

$$n = \frac{F}{f_c}\beta_2\beta_3\beta_4 = \frac{2{,}67}{0{,}31} 1 \cdot 1 \cdot 1{,}05 = 9\ секций.$$

Принимаем к установке 9 секций, что соответствует приложению 11. Производим такой же расчет для остальных этажей.

Второй этаж. $Q_{пр}$=*1 200 ккал/час*

$$F_{тр} = 0{,}7 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0{,}1 + 3{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}12 = 0{,}52 \text{ э.к.м};$$

$$t_{вх} = 93{,}2 - \frac{3{,}2 \cdot 0{,}06 \cdot 7 \cdot 12{,}5\,(93{,}2 - 18)}{112} +$$

$$+ \frac{0{,}7 \cdot 1 \cdot 0{,}052 \cdot 12{,}5\,(93{,}2 - 18)}{48} = 90{,}7°;$$

$$G_{оти} = \frac{6{,}75\left(\frac{90{,}70 + 65{,}70}{2} - 18\right)}{25 \cdot 17{,}4} = 0{,}955.$$

Следовательно, $\beta_з$=1.

$$\Delta t_{ср} = \frac{90{,}7 + 65{,}7}{2} - 18 = 60{,}2° \text{ и } q_{эр} = 6{,}63 \text{ ккал/экм час град};$$

откуда

$$q_{эр} = 6{,}63 \cdot 1 \cdot 60{,}2 = 400 \text{ ккал/экм час.}$$

Необходимая поверхность нагрева

$$F = \frac{1\,200}{400} - 0{,}54 = 2{,}46 \text{ э к м.}$$

Пользуясь приложением 11, принимаем к установке 8 секций.

Третий этаж. $Q_{пр}$= *1 600 ккал/час*

$$F_{тр} = 8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}1 = 0{,}4 \text{ экм};$$

$$t_{вх} = 91 - \frac{3{,}5 \cdot 0{,}052 \cdot 12{,}5\,(91 - 18)}{64} = 88{,}4°;$$

$$G_{отн} = \frac{6{,}75\frac{88{,}4 + 63{,}4}{2} - 18}{25 \cdot 17{,}4} = 0{,}9,$$

Следовательно, $\beta_з$ =0,99.

$$\Delta t_{ср} = \frac{88{,}4 + 63{,}4}{2} - 18 = 57{,}9° \text{ и } q_{эр} = 6{,}55 \text{ ккал/экм час град},$$

откуда

$$q_{эр} = 6{,}55 \cdot 0{,}99 \cdot 57{,}9 = 375 \text{ ккал/экм час.}$$

Необходимая поверхность нагрева

$$F = \frac{1\,600}{375} - 0{,}4 = 3{,}87 \text{ экм.}$$

Принимаем к установке 13 секций.

ПРИМЕР 2. Рассчитать поверхность нагревательных приборов для стояка *X* (рис. 12). Нагревательные приборы типа Н-136 устанавливаются в стенной нише (расстояние от прибора до верхнего перекрытия ниши 100 *мм*, β_2=1,06). Теплоотдачу стояков будем относить к нагревательным приборам, расположенным с правой стороны стояков.

Нагревательный прибор a_4. $Q_{пр}$ =*1 200 ккал/час*

Определяем поверхность теплоотдачи в *э.к.м* подводок по формуле (66):

$$F_{тр} L f_{экв} \eta = 1{,}5 \cdot 2 \cdot 0{,}15 = 0{,}45 \text{ экм.}$$

Относительный расход воды в нагревательном приборе

$$G_{отн} = \frac{6{,}75\,\Delta t_{ср}}{\Delta t_{пр}\ 17{,}4} = \frac{6{,}75\left(\frac{94 + 84{,}85}{2} - 18\right)}{9{,}15 \cdot 17{,}4} = 3.$$

По табл. 26 принимаем $\beta_з$ =1,02.

При

$$\Delta t_{ср} = \frac{94 + 84{,}85}{2} - 18 = 71{,}43°$$

и подаче теплоносителя через верхнюю и удаление через нижнюю пробки находим в табл. 28 $q_{эр}$=7,02 *ккал/экм час град*, откуда по формуле (68) получим

$$q_{эр} = 7{,}02 \cdot 1{,}02 \cdot 71{,}43 = 510 \text{ } ккал/экм \text{ } час.$$

Необходимая поверхность нагрева в *экм* [см. формулу (64)] будет

$$F = \frac{Q_{пр}\beta_2}{q_{эр}} - F_{тр} = \frac{1200 \cdot 1{,}06}{510} - 0{,}45 = 2{,}07 \text{ } эк\,м$$

Пользуясь приложением 11, принимаем к установке 8 секций

Нагревательный прибор $б_4$. $Q_{пр}$=1 400 *ккал/час*

$$F_{тр} = 2{,}6 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}5 + 0{,}5 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}5 + 2 \cdot 2 \cdot 0{,}15 \cdot 1 = 0{,}82 \text{ } эк\,м;$$

$G_{отн}$ и $\Delta t_{ср}$ такие же, как и для прибора $а_4$.

Необходимая поверхность нагрева

$$F = \frac{1\,400}{510} - 0{,}82 = 1{,}93 \text{ } эк\,м.$$

Количество нагревательных приборов по формуле (75) будет

$$n = \frac{F}{f_c}\beta_2\beta_4 = \frac{1{,}93}{0{,}285} \cdot 1{,}06 \cdot 1 = 7{,}15 \text{ секций; устанавливаем 7 секций.}$$

РАСЧЕТНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 1

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ при $\Delta t = 1°$, $t_{воды} = 95°$ и $K = 0{,}2$ *мм*

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые) ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																				
0,05		7,00 0,014	11 0,015	24 0,019	47 0,022	100 0,028	145 0,030	279 0,036	531 0,041	249 0,035	602 0,043	770 0,046	927 0,049	1 372 0,054	1 609 0,056	1 906 0,059	2 539 0,063	2 889 0,065	3 355 0,068	4 208 0,072	4 893 0,075	5 576 0,079
0,055		7,58 0,015	12 0,016	26 0,020	49 0,024	105 0,029	153 0,032	293 0,037	560 0,043	261 0,036	636 0,046	813 0,049	978 0,051	1 440 0,056	1 696 0,059	2 022 0,062	2 669 0,067	3 049 0,069	3 552 0,072	4 446 0,076	5 116 0,0785	5 830 0,0826
0,06		8,00 0,015	12,5 0,017	27 0,021	52 0,025	110 0,031	160 0,034	307 0,039	589 0,045	274 0,038	669 0,048	852 0,051	1 027 0,054	1 508 0,059	1 784 0,062	2 139 0,066	2 798 0,070	3 208 0,073	3 712 0,075	4 685 0,080	5 330 0,0819	6 074 0,0862
0,065		8,20 0,016	13 0,018	28 0,022	54 0,026	116 0,032	172 0,036	321 0,041	616 0,047	286 0,040	698 0,050	891 0,054	1 074 0,057	1 576 0,062	1 871 0,065	2 221 0,069	2 927 0,073	3 368 0,076	3 872 0,078	4 922 0,084	5 553 0,0353	6 328 0,0898
0,07		8,52 0,017	13,5 0,019	30 0,023	56 0,027	121 0,033	183 0,038	335 0,043	643 0,049	298 0,042	728 0,053	931 0,056	1 119 0,059	1 644 0,064	1 959 0,068	2 304 0,071	3 056 0,076	3 469 0,079	4 032 0,082	5 114 0,087	5 777 0,0877	6 583 0,0934
0,075		8,84 0,0174	14 0,019	31 0,024	59 0,028	126 0,035	188 0,040	349 0,044	669 0,051	311 0,043	758 0,055	966 0,058	1 157 0,061	1 712 0,067	2 046 0,071	2 386 0,074	3 186 0,080	3 622 0,082	4 192 0,085	5 305 0,090	6 000 0,0922	6 837 0,0970
0,08		9,15 0,018	14,5 0,020	32 0,025	61 0,029	130 0,036	192 0,041	363 0,046	695 0,053	323 0,045	785 0,057	1 002 0,060	1 194 0,063	1 781 0,070	2 113 0,073	2 469 0,076	3 291 0,082	3 749 0,085	4 352 0,088	5 497 0,094	6 231 0,0956	7 101 0,1006
0,085		9,47 0,019	15 0,021	33 0,026	63 0,031	135 0,037	196 0,042	374 0,048	718 0,055	333 0,047	812 0,059	1 038 0,063	1 231 0,065	1 848 0,072	2 179 0,076	2 551 0,079	3 396 0,085	3 877 0,088	4 512 0,091	5 688 0,097	6 454 0,099	7 355 0,1042
0,09		9,78 0,0194	15,5 0,0215	34 0,027	65 0,032	139 0,039	202 0,043	385 0,049	742 0,057	343 0,048	839 0,061	1 066 0,064	1 269 0,067	1 917 0,075	2 246 0,078	2 634 0,081	3 501 0,087	4 004 0,091	4 595 0,093	5 880 0,100	6 635 0,102	7 560 0,1071
0,095		10,10 0,020	16 0,022	35 0,0275	67 0,033	144 0,040	206 0,044	398 0,051	764 0,058	354 0,050	864 0,062	1 094 0,066	1 306 0,069	1 969 0,077	2 312 0,080	2 716 0,084	3 606 0,090	4 132 0,094	4 777 0,097	6 038 0,103	6 802 0,104	7 750 0,1098

Продолжение табл. I

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58											
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог.м* в *кг/м²*			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																		
0,100		10,40 0,021	16,5 0,023	36 0,028	69 0,034	148 0,041	210 0,045	409 0,052	788 0,060	364 0,051	889 0,034	1 122 0,058	1 343 0,071	2 021 0,079	2 379 0,082	2 790 0,086	3 711 0,093	4 259 0,096	4 909 0,100	6 195 0,106	6 962 0,1067	7 934 0,1124
0,11		10,7 0,022	17 0,024	38 0,030	73 0,035	157 0,044	219 0,046	432 0,055	830 0,063	385 0,054	939 0,038	1 178 0,071	1 418 0,075	2 126 0,083	2 512 0,087	2 951 0,091	3 922 0,098	4 560 0,103	5 175 0,105	6 510 0,111	7 290 0,1118	8 308 0,1177
0,12		11,10 0,023	17,5 0,025	40 0,031	76 0,037	164 0,045	229 0,048	454 0,059	872 0,067	398 0,057	977 0,071	1 234 0,074	1 493 0,079	2 230 0,087	2 645 0,092	3 085 0,095	4 115 0,103	4 860 0,108	5 440 0,110	6 826 0,116	7 619 0,1169	8 682 0,1230
0,13		11,40 0,0234	18 0,026	42 0,033	80 0,039	172 0,047	239 0,050	475 0,061	910 0,070	422 0,059	1 016 0,073	1 290 0,078	1 568 0,082	2 335 0,092	2 770 0,096	3 220 0,099	4 294 0,107	5 161 0,114	5 658 0,115	7 141 0,122	8 200 0,1257	9 345 0,1324
0,14		12,00 0,024	19 0,027	44 0,034	84 0,041	180 0,049	249 0,052	496 0,064	948 0,073	442 0,062	1 054 0,076	1 346 0,081	1 643 0,086	2 440 0,096	2 876 0,100	3 355 0,104	4 472 0,112	5 462 0,119	5 878 0,119	7 456 0,127	8 510 0,1305	9 698 0,1374
0,15		12,62 0,026	20 0,029	45 0,035	87 0,042	188 0,052	259 0,054	516 0,067	982 0,075	460 0,065	1 093 0,079	1 402 0,085	1 699 0,089	2 545 0,100	2 983 0,103	3 489 0,108	4 650 0,116	5 600 0,124	6 095 0,124	7 771 0,132	8 826 0,1354	10 058 0,1425
0,16		13,25 0,027	21 0,030	47 0,037	96 0,045	191 0,053	269 0,057	535 0,069	1 016 0,078	476 0,067	1 132 0,082	1 453 0,088	1 756 0,092	2 626 0,103	3 089 0,107	3 624 0,112	4 828 0,121	5 738 0,128	6 314 0,129	8 022 0,137	9 136 0,1401	10 411 0,1475
0,17		13,57 0,0273	21,5 0,030	49 0,038	103 0,048	193 0,053	279 0,059	553 0,071	1 046 0,080	492 0,069	1 170 0,084	1 514 0,091	1 813 0,095	2 707 0,106	3 195 0,111	3 735 0,115	4 969 0,124	5 876 0,133	6 532 0,133	8 272 0,141	9 445 0,1449	10 764 0,1525
0,18		13,88 0,028	22 0,031	50 0,039	108 0,051	197 0,054	287 0,060	571 0,073	1 077 0,082	509 0,071	1 209 0,087	1 570 0,095	1 870 0,098	2 788 0,109	3 302 0,114	3 847 0,119	5 109 0,128	6 014 0,136	6 751 0,137	8 522 0,145	9 755 0,1496	11 117 0,1575
0,19		14,52 0,029	23 0,032	52 0,040	110 0,053	201 0,056	296 0,062	589 0,076	1 106 0,085	525 0,074	1 247 0,090	1 613 0,097	1 927 0,101	2 870 0,112	3 408 0,118	3 958 0,122	5 249 0,131	6 151 0,139	6 960 0,142	8 773 0,150	10 034 0,1539	11 435 0,1620
0,20		15,15 0,030	24 0,033	53 0,042	111 0,054	203 0,057	304 0,064	606 0,078	1 137 0,087	540 0,076	1 286 0,093	1 655 0,100	1 983 0,104	2 951 0,116	3 497 0,121	4 070 0,126	5 390 0,135	6 290 0,142	7 188 0,146	9 024 0,154	10 306 0,1580	11 745 0,1664

Продолжение табл. I

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																			
0,22		15,78 0,032	25 0,035	56 0,044	115 0,055	213 0,059	321 0,067	638 0,082	1 197 0,092	568 0,080	1 363 0,098	1 740 0,105	2 097 0,110	3 113 0,122	3 675 0,127	4 293 0,133	5 671 0,142	6 565 0,149	7 538 0,153	9 524 0,162	10 645 0,1663	12 359 0,1751
0,24		16,41 0,034	26 0,037	59 0,046	120 0,057	223 0,062	338 0,071	671 0,087	1 258 0,096	595 0,084	1 440 0,104	1 825 0,110	2 210 0,116	3 276 0,128	3 853 0,134	4 477 0,138	5 952 0,149	6 841 0,155	7 888 0,160	9 947 0,170	11 384 0,1746	12 973 0,1838
0,26		17,00 0,035	27 0,039	62 0,048	126 0,059	234 0,064	353 0,074	700 0,091	1 317 0,101	623 0,088	1 498 0,108	1 909 0,115	2 300 0,121	3 414 0,134	4 031 0,140	4 662 0,144	6 232 0,156	7 119 0,161	8 238 0,167	10 370 0,177	11 848 0,1817	13 501 0,1913
0,28		17,67 0,037	28 0,041	64 0,050	130 0,064	244 0,068	368 0,077	729 0,096	1 377 0,106	649 0,091	1 557 0,112	1 994 0,120	2 390 0,126	3 552 0,139	4 188 0,145	4 847 0,150	6 513 0,163	7 397 0,167	8 588 0,174	10 792 0,184	12 313 0,1889	14 032 0,1988
0,30		19,00 0,038	30 0,042	67 0,052	135 0,067	254 0,070	383 0,081	752 0,099	1 438 0,110	669 0,094	1 615 0,117	2 079 0,125	2 480 0,130	3 690 0,145	4 331 0,150	▲5 031 0,155	6 740 0,168	7 675 0,174	8 939 0,181	11 226 0,191	12 778 0,196	14 562 0,2063
0,32		19,57 0,040	31 0,044	72 0,058	140 0,068	263 0,073	396 0,083	774 0,102	1 483 0,114	689 0,097	1 673 0,121	2 146 0,129	2 569 0,135	3 827 0,150	4 475 0,155	5 216 0,161	6 966 0,174	7 953 0,180	9 228 0,187	11 637 0,199	13 317 0,2043	15 176 0,2150
0,34		20,20 0,041	32 0,045	75 0,060	142 0,070	272 0,075	409 0,086	796 0,106	1 530 0,117	707 0,100	1 731 0,125	2 214 0,133	2 659 0,140	3 938 0,154	4 619 0,160	5 400 0,167	7 133 0,180	8 230 0,186	9 517 0,193	11 986 0,204	13 929 0,2137	15 874 0,2249
0,36		20,83 0,042	33 0,047	80 0,062	143 0,071	281 0,078	422 0,089	818 0,108	1 576 0,121	727 0,102	1 790 0,129	2 281 0,138	2 748 0,145	4 049 0,159	4 762 0,165	5 585 0,173	7 420 0,185	8 508 0,193	9 807 0,199	12 335 0,210	14 549 0,223	16 580 0,2349
0,38		21,46 0,043	34 0,048	82 0,064	145 0,073	290 0,080	435 0,092	839 0,111	1 622 0,124	747 0,105	1 848 0,133	2 349 0,142	2 825 0,149	4 160 0,163	4 906 0,170	5 770 0,178	7 646 0,191	8 738 0,198	10 096 0,205	12 684 0,216	14 840 0,228	16 912 0,2396
0,40		22,10 0,045	35 0,050	85 0,066	146 0,073	299 0,082	448 0,094	861 0,115	1 667 0,128	766 0,108	1 906 0,138	2 416 0,146	2 902 0,153	4 271 0,167	5 049 0,175	5 915 0,183	7 873 0,197	8 968 0,203	10 386 0,211	13 033 0,222	15 132 0,232	17 244 0,2443
0,45		23,36 0,049	37 0,054	91 0,071	152 0,074	317 0,088	478 0,101	916 0,122	1 783 0,136	815 0,115	2 023 0,146	2 585 0,156	3 093 0,163	4 548 0,178	5 408 0,184	6 277 0,194	8 343 0,208	9 542 0,216	11 054 0,224	13 905 0,0237	15 768 0,243	17 969 0,2560

Продолжение табл. 1

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	60	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																				
0,50		25,25 0,051	40 0,057	95 0,073	157 0,074	336 0,093	507 0,107	971 0,130	1 898 0,145	865 0,122	2 139 0,154	2 727 0,164	3 285 0,173	4 825 0,189	5 694 0,197	6 640 0,205	8 812 0,220	10 116 0,229	11 670 0,237	14 698 0,251	16 580 0,254	18 895 0,2677
0,55		26,51 0,054	42 0,060	100 0,077	163 0,078	356 0,098	533 0,112	1 026 0,137	1 999 0,153	913 0,129	2 255 0,163	2 869 0,173	3 432 0,181	5 103 0,200	5 980 0,207	7 002 0,216	9 282 0,232	10 574 0,239	12 287 0,249	15 492 0,264	17 293 0,265	19 707 0,2792
0,60		27,77 0,057	44 0,063	103 0,080	169 0,082	373 0,103	559 0,118	1 081 0,144	2 090 0,160	962 0,136	2 372 0,171	3 011 0,182	3 587 0,188	5 323 0,209	6 266 0,217	7 345 0,227	9 752 0,244	11 033 0,250	12 824 0,260	16 184 0,276	18 012 0,276	20 526 0,2908
0,65		29,67 0,059	47 0,066	107 0,083	176 0,086	389 0,108	580 0,122	1 127 0,149	2 180 0,167	1 003 0,141	2 468 0,178	3 145 0,190	3 730 0,196	5 544 0,217	6 552 0,227	7 648 0,236	10 153 0,254	11 490 0,260	13 362 0,271	16 876 0,288	18 724 0,287	21 338 0,3023
0,70		30,30 0,062	48 0,069	111 0,086	184 0,089	406 0,112	601 0,126	1 172 0,152	2 269 0,174	1 043 0,146	2 564 0,185	3 256 0,196	3 878 0,204	5 764 0,226	6 838 0,237	7 951 0,246	10 354 0,264	11 949 0,271	13 899 0,282	17 568 0,300	19 442 0,298	22 156 0,3139
0,75		31,56 0,065	50 0,072	112 0,087	191 0,093	420 0,116	622 0,131	1 218 0,155	2 359 0,181	1 084 0,152	2 660 0,192	3 367 0,203	4 026 0,212	5 985 0,235	7 068 0,245	8 254 0,255	10 954 0,274	12 407 0,281	14 436 0,293	18 178 0,310	20 161 0,309	22 975 0,3255
0,80		33,45 0,074	55 0,082	113 0,088	199 0,097	434 0,120	642 0,135	1 263 0,161	2 450 0,187	1 124 0,158	2 756 0,199	3 479 0,210	4 175 0,220	6 206 0,243	7 299 0,253	8 556 0,264	11 355 0,284	12 866 0,291	14 913 0,303	18 787 0,320	20 879 0,320	23 794 0,3371
0,85		35,35 0,075	56 0,083	115 0,089	205 0,100	450 0,124	663 0,140	1 309 0,165	2 523 0,193	1 165 0,162	2 852 0,206	3 590 0,216	4 323 0,227	6 426 0,252	7 529 0,261	8 830 0,273	11 701 0,292	13 324 0,302	15 390 0,312	19 397 0,331	21 592 0,331	24 606 0,3486
0,90		36,50 0,076	57 0,084	119 0,092	212 0,103	463 0,128	684 0,144	1 354 0,171	2 598 0,199	1 205 0,168	2 927 0,211	3 702 0,225	4 471 0,235	6 606 0,259	7 760 0,269	9 080 0,281	12 046 0,301	13 726 0,311	15 867 0,322	19 873 0,339	22 310 0,342	25 424 0,3602
0,95		36,84 0,077	58 0,085	122 0,095	218 0,106	477 0,132	705 0,148	1 399 0,177	2 671 0,204	1 245 0,174	3 002 0,217	3 813 0,230	4 587 0,241	6 786 0,266	7 991 0,277	9 330 0,288	12 392 0,310	14 107 0,319	16 320 0,331	20 348 0,347	23 028 0,353	26 243 0,3718
1,00		37,24 0,078	59 0,087	126 0,097	225 0,109	490 0,136	726 0,151	1 445 0,182	2 744 0, 10	1 286 0,179	3 078 0,222	3 924 0,237	4 703 0,247	6 966 0,273	8 221 0,285	9 557 0,296	12 738 0,318	14 487 0,328	16 758 0,340	20 825 0,355	23 741 0,364	27 055 0,3833

Продолжение табл. 1

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Виутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	121	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																			
1,10		38,50 0,081	61 0,090	133 0,103	237 0,115	516 0,143	767 0,162	1 514 0,192	2 892 0,221	1 347 0,188	3 228 0,233	4 147 0,250	4 934 0,260	7 326 0,287	8 620 0,299	10 079 0,311	13 349 0,334	15 249 0,345	17 619 0,358	21 776 0,371	24 992 0,383	28 481 0,4035
1,20		39,77 0,084	63 0,093	140 0,108	248 0,120	537 0,149	809 0,170	1 583 0,201	3 011 0,230	1 409 0,197	3 378 0,244	4 322 0,261	5 280 0,272	7 686 0,301	9 018 0,313	10 523 0,325	14 004 0,349	15 909 0,360	18 288 0,371	22 728 0,388	26 057 0,400	29 695 0,4207
1,30		41,00 0,086	65 0,095	146 0,113	259 0,126	557 0,154	846 0,178	1 652 0,210	3 128 0,239	1 470 0,206	3 528 0,255	4 496 0,271	5 398 0,284	7 994 0,314	9 416 0,327	10 966 0,339	14 571 0,364	16 571 0,375	18 957 0,385	23 679 0,404	27 098 0,416	30 881 0,4375
1,40		42,3 0,088	67 0,098	151 0,117	269 0,131	579 0,160	876 0,184	1 720 0,218	3 246 0,248	1 531 0,214	3 679 0,266	4 671 0,282	5 629 0,296	8 302 0,325	9 783 0,339	11 409 0,353	15 128 0,378	17 232 0,390	19 627 0,398	24 625 0,420	28 132 0,431	32 059 0,4542
1,50		42,9 0,091	68 0,101	157 0,121	280 0,136	600 0,166	906 0,191	1 790 0,227	3 364 0,257	1 593 0,223	3 829 0,276	4 845 0,292	5 825 0,306	8 610 0,337	10 128 0,351	11 816 0,365	15 685 0,392	17 752 0,402	20 296 0,412	25 583 0,436	29 166 0,447	33 238 0,4709
1,6		44,2 0,093	70 0,103	163 0,126	289 0,141	621 0,172	937 0,197	1 858 0,236	3 482 0,266	1 654 0,231	3 950 0,285	5 020 0,303	6 020 0,317	8 915 0,349	10 474 0,363	12 190 0,377	16 242 0,406	18 272 0,414	20 965 0,426	26 534 0,453	30 207 0,463	34 424 0,4877
1,7		45,5 0,096	72 0,106	169 0,130	299 0,145	642 0,178	967 0,203	1 917 0,243	3 600 0,275	1 706 0,238	4 072 0,294	5 194 0,313	6 215 0,327	9 183 0,360	10 819 0,375	12 564 0,388	16 664 0,416	18 792 0,425	21 634 0,439	27 486 0,469	31 242 0,479	35 603 0,5044
1,8		46,7 0,098	74 0,108	174 0,135	309 0,150	663 0,184	997 0,210	1 974 0,251	3 718 0,284	1 757 0,246	4 191 0,303	5 341 0,322	6 409 0,337	9 451 0,370	11 114 0,385	12 938 0,400	17 084 0,427	19 312 0,437	22 304 0,453	28 438 0,485	32 275 0,495	36 781 0,5211
1,9		47,4 0,100	75 0,111	179 0,138	318 0,154	684 0,189	1 027 0,216	2 032 0,258	3 835 0,293	1 808 0,253	4 312 0,311	5 487 0,331	6 606 0,348	9 719 0,381	11 409 0,396	13 304 0,411	17 509 0,437	19 832 0,449	22 973 0,466	29 389 0,501	33 143 0,508	37 770 0,5351
2,0		48,6 0,102	77 0,114	184 0,142	332 0,161	705 0,195	1 058 0,222	2 090 0,265	3 952 0,302	1 859 0,260	4 433 0,320	5 632 0,340	6 781 0,357	9 987 0,391	11 704 0,406	13 670 0,422	17 929 0,448	20 352 0,461	23 642 0,480	30 062 0,513	33 942 0,521	38 680 0,5480
2,2		51,1 0,107	81 0,119	194 0,150	346 0,168	747 0,207	1 118 0,235	2 204 0,280	4 141 0,317	1 962 0,275	4 674 0,337	5 926 0,357	6 924 0,374	10 485 0,411	12 294 0,426	14 402 0,445	18 773 0,469	21 392 0,484	24 981 0,507	31 406 0,536	35 546 0,545	40 508 0,5739

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																			
2,4		53,0 0,112	84 0,124	204 0,157	360 0,175	778 0,215	1 166 0,245	2 291 0,291	4 327 0,331	2 039 0,286	4 877 0,352	6 219 0,375	7 447 0,392	10 940 0,429	12 873 0,446	14 937 0,461	19 618 0,490	22 432 0,508	26 319 0,534	32 751 0,559	37 150 0,570	42 336 0,5998
2,6		55,6 0,117	88 0,130	212 0,164	376 0,182	809 0,224	1 214 0,255	2 378 0,802	4 513 0,345	2 116 0,297	5 080 0,367	6 469 0,390	7 780 0,409	11 394 0,447	13 452 0,466	15 473 0,478	20 463 0,511	23 471 0,531	27 268 0,554	34 096 0,582	38 754 0,594	44 164 0,6257
2,8		57,5 0,122	91 0,135	221 0,171	391 0,190	840 0,233	1 261 0,265	2 465 0,312	4 702 0,350	2 194 0,307	5 283 0,381	6 719 0,405	8 064 0,424	11 838 0,464	13 936 0,483	16 008 0,495	21 307 0,532	24 511 0,555	28 216 0,573	35 440 0,605	40 353 0,619	45 986 0,6515
3,0		60,0 0,126	95 0,140	229 0,177	404 0,196	871 0,241	1 309 0,276	2 552 0,323	4 889 0,374	2 272 0,318	5 486 0,396	6 970 0,420	8 347 0,439	12 274 0,481	14 354 0,498	16 544 0,511	22 152 0,553	25 551 0,578	29 165 0,592	36 785 0,627	41 746 0,640	47 574 0,6740
3,2		61,9 0,131	98 0,145	237 0,183	416 0,202	902 0,250	1 357 0,284	2 640 0,334	5 043 0,386	2 349 0,329	5 688 0,411	7 220 0,435	8 630 0,454	12 709 0,498	14 772 0,512	17 079 0,528	22 997 0,575	26 303 0,595	30 113 0,611	38 137 0,650	43 071 0,661	49 084 0,6954
3,4		64,3 0,135	102 0,150	245 0,189	428 0,208	933 0,258	1 405 0,296	2 727 0,345	5 196 0,397	2 427 0,340	5 846 0,423	7 433 0,448	8 914 0,469	13 073 0,512	15 191 0,527	17 614 0,544	23 842 0,596	27 056 0,612	31 061 0,631	39 475 0,673	44 391 0,681	50 588 0,7167
3,6		67,0 0,140	106 0,156	256 0,195	441 0,214	964 0,267	1 444 0,304	2 814 0,356	5 350 0,409	2 505 0,350	6 002 0,433	7 646 0,461	9 165 0,482	13 397 0,525	15 609 0,541	18 150 0,561	24 542 0,613	27 808 0,629	32 010 0,650	40 535 0,681	45 716 0,701	52 098 0,7381
3,8		68,8 0,144	109 0,160	260 0,201	454 0,220	995 0,276	1 484 0,312	2 900 0,367	5 503 0,421	2 581 0,361	6 160 0,445	7 859 0,474	9 417 0,495	13 721 0,538	16 029 0,556	18 685 0,577	25 110 0,628	28 560 0,647	32 958 0,669	41 595 0,710	47 036 0,721	53 602 0,7594
4,0		70,7 0,148	112 0,164	267 0,206	467 0,226	1 026 0,284	1 524 0,321	2 973 0,376	5 657 0,433	2 646 0,370	6 317 0,456	8 071 0,486	9 669 0,509	14 045 0,550	16 446 0,570	19 221 0,594	25 760 0,644	29 311 0,664	33 906 0,688	42 656 0,728	48 355 0,742	55 105 0,7807
4,5		75,1 0,156	119 0,175	284 0,219	498 0,242	1 090 0,301	1 623 0,342	3 155 0,399	6 015 0,460	2 808 0,393	6 710 0,484	8 569 0,516	10 268 0,540	14 856 0,582	17 492 0,607	20 559 0,635	27 276 0,681	31 192 0,706	36 277 0,736	45 308 0,773	51 030 0,783	58 154 0,8239
5,0		79,6 0,167	126 0,186	297 0,230	530 0,257	1 149 0,318	1 710 0,360	3 336 0,422	6 339 0,485	2 969 0,416	7 103 0,513	9 043 0,545	10 832 0,570	15 666 0,614	18 538 0,643	21 898 0,677	28 797 0,719	33 072 0,749	38 131 0,774	47 960 0,818	53 594 0,822	61 076 0,8653

Продолжение табл. 1

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка—количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка—скорость воды в трубе в *м/сек*																			
5,5		84,0 0,176	133 0,196	311 0,240	561 0,272	1 210 0,335	1 788 0,376	3 517 0,415	6 666 0,510	3 131 0,439	7 497 0,541	9 499 0,573	11 336 0,596	16 476 0,646	19 584 0,679	22 862 0,706	30 318 0,757	34 717 0,786	39 986 0,812	50 179 0,856	56 159 0,861	63 999 0,9067
6,0		88,0 0,185	139 0,205	324 0,250	593 0,288	1 270 0,352	1 866 0,393	3 699 0,468	6 971 0,533	3 283 0,462	7 829 0,565	9 922 0,598	11 767 0,619	17 286 0,677	20 630 0,715	23 827 0,736	31 838 0,795	36 198 0,819	41 840 0,849	52 398 0,894	58 729 0,901	66 928 0,9482
6,5		92,0 0,194	146 0,215	337 0,261	614 0,298	1 320 0,365	1 944 0,409	3 844 0,486	7 253 0,555	3 421 0,480	8 161 0,589	10 345 0,624	12 198 0,642	18 097 0,709	21 387 0,742	24 791 0,766	33 052 0,826	37 678 0,853	43 694 0,887	54 618 0,932	61 293 0,940	69 850 0,9896
7,0		95,3 0,201	151 0,223	351 0,271	635 0,308	1 369 0,379	2 022 0,426	3 988 0,504	7 534 0,576	3 549 0,498	8 493 0,613	10 671 0,643	12 630 0,664	18 907 0,741	22 143 0,768	25 756 0,796	34 269 0,856	39 159 0,886	45 396 0,922	56 337 0,969	63 864 0,980	72 779 1,0311
7,5		99,0 0,208	157 0,231	364 0,281	656 0,318	1 418 0,393	2 100 0,442	4 131 0,522	7 790 0,598	3 677 0,516	8 781 0,634	10 998 0,663	13 062 0,687	19 598 0,768	22 900 0,794	26 720 0,825	35 486 0,887	40 639 0,920	46 911 0,952	58 965 1,006	66 220 1,016	75 464 1,069
8,0		102,3 0,215	162 0,239	377 0,291	677 0,328	1 467 0,406	2 178 0,458	4 276 0,540	8 066 0,618	3 805 0,534	9 069 0,655	11 158 0,673	13 494 0,710	20 178 0,791	23 656 0,820	28 009 0,855	36 703 0,917	42 119 0,953	48 425 0,983	60 904 1,039	68 379 1,049	77 925 1,104
8,5		106,0 0,223	168 0,248	390 0,302	698 0,338	1 517 0,420	2 249 0,473	4 420 0,559	8 317 0,636	3 934 0,553	9 357 0,675	11 651 0,702	13 925 0,733	20 757 0,813	24 413 0,846	28 650 0,885	37 916 0,947	43 306 0,980	49 940 1,014	62 780 1,071	70 547 1,082	80 395 1,139
9,0		109,2 0,230	173 0,255	404 0,312	719 0,348	1 554 0,430	2 309 0,486	4 543 0,574	8 567 0,655	4 043 0,568	9 606 0,693	11 977 0,722	14 357 0,765	21 336 0,836	25 169 0,873	29 419 0,909	39 132 0,978	44 493 1,007	51 455 1,044	64 598 1,102	72 529 1,112	82 654 1,171
9,5		112,4 0,236	178 0,262	417 0,322	739 0,359	1 593 0,441	2 370 0,499	4 665 0,589	8 819 0,675	4 152 0,583	9 826 0,709	12 304 0,742	14 807 0,778	21 915 0,859	25 920 0,899	30 187 0,933	40 349 1,008	45 680 1,034	52 969 1,075	66 369 1,132	74 573 1,144	84 983 1,204
10,0		115,6 0,242	183 0,269	430 0,332	759 0,369	1 632 0,452	2 431 0,512	4 788 0,605	9 035 0,691	4 261 0,599	10 047 0,725	12 630 0,761	15 220 0,801	22 495 0,882	26 824 0,930	30 956 0,956	41 306 1,032	46 867 1,061	54 275 1,102	68 090 1,161	76 493 1,173	87 171 1,235
11		121,2 0,255	192 0,283	450 0,347	801 0,389	1 709 0,473	2 553 0,537	5 033 0,637	9 467 0,724	4 479 0,630	10 488 0,757	13 283 0,801	16 084 0,846	23 653 0,927	28 133 0,975	32 494 1,004	43 324 1,082	49 240 1,115	56 926 1,156	71 415 1,218	80 209 1,230	91 406 1,295

Продолжение табл. I

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые) ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58											
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27,00	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																				
12	127,0	201	469	835	1 786	2 674	5 250	9 899	4 673	10 929	13 936	16 951	24 812	29 384	34 032	45 249	51 415	59 458	74 594	83 801	95 500
	0,266	0,295	0,362	0,405	0,494	0,563	0,664	0,757	0,657	0,789	0,840	0,892	0,972	1,019	1,051	1,130	1,164	1,207	1 272	1,285	1,353
13	132,0	209	488	870	1 863	2 796	5 468	10 241	4 867	11 371	14 589	17 643	26 020	30 585	35 570	47 094	53 513	61 882	77 637	87 208	99 382
	0,277	0,308	0,377	0,422	0,516	0,588	0,692	0,783	0,685	0,821	0,879	0,928	1,020	1,060	1,099	1,177	1,211	1,256	1,324	1,338	1,408
14	136,4	216	507	904	1 939	2 895	5 686	10 584	5 060	11 812	15 318	18 308	27 003	31 738	36 903	48 875	55 532	64,207	80 589	90 490	103 123
	0,286	0,318	0,392	0,438	0,537	0,609	0,719	0,810	0,712	0,853	0,918	0,963	1,058	1,100	1,140	1,221	1,257	1,303	1,374	1,388	1,461
15	141,0	223	527	938	2 017	2 995	5 903	10 927	5 253	12 253	15 855	18 951	27 949	32 855	38 198	50 589	57 481	66 474	83 401	93 649	106 723
	0,295	0,328	0,47	0,455	0,558	0,630	0,746	0,836	0,739	0,884	0,956	0,997	1,095	1,139	1,180	1,264	1,301	1,349	1,423	1,436	1,512
16	145,0	229	546	972	2 079	3 095	6 093	11 269	5 423	12 694	16 376	19 573	28 886	33 931	39 451	52 250	59 367	68 705	86 133	96 746	110 252
	0,304	0,338	0,422	0,471	0,575	0,651	0,770	0,862	0,763	0,916	0,987	1,030	1,131	1,176	1,219	1,305	1,344	1,394	1,469	1,484	1,562
17	149,0	236	565	1 000	2 140	3 194	6 283	11 611	5 592	13 136	16 880	20 175	29 754	34 975	40 665	53 855	61 196	70 765	88 782	99 719	113 640
	0,313	0,348	0,436	0,485	0,592	0,672	0,794	0,888	0,787	0,948	1,018	1,061	1,166	1,213	1,256	1,345	1,385	1,436	1,514	1,530	1,610
18	154,0	243	584	1 028	2 201	3 294	6 473	11 953	5 761	13 577	17 370	20 780	30 619	35 990	41 843	55 416	62 967	72 819	91 356	102 418	116 958
	0,322	0,358	0,451	0,499	0,609	0,693	0,818	0,914	0,811	0,980	1,047	1,092	1,200	1,248	1,293	1,384	1,425	1,478	1,558	1,574	1,657
19	157,0	249	599	1 056	2 263	3 427	6 654	12 296	5 922	14 018	17 844	21 329	31 457	36 925	42 992	56 937	64 695	74 814	93 860	105 418	120 134
	0,330	0,367	0,463	0,512	0,626	0,721	0,841	0,941	0,834	1,012	1,076	1,122	1,233	1,280	1,328	1,422	1,464	1,519	1,601	1,617	1,702
20	162,0	256	614	1 084	2 325	3 513	6 823	12,638	6 072	14 417	18 309	21 882	32 272	37 934	44 109	58 415	66 374	78 544	96 299	108 143	123 240
	0,339	0,377	0,474	0,526	0,643	0,739	0,862	0,967	0,854	1,041	1,104	1,151	1,265	1,315	1,363	1,459	1,502	1,594	1,643	1,659	1,746
22	171,0	270	643	1 141	2 448	3 684	7 159	13 323	6 371	15 121	19 203	22 950	33 849	39 792	46,262	61 265	69 612	80 504	101001	113 470	129 310
	0,357	0,397	0,497	0,553	0,678	0,775	0,904	1,019	0,896	1,091	1,158	1,207	1,327	1,380	1,429	1,531	1,576	1,634	1,723	1,740	1,832
24	179,0	283	673	1 197	2 572	3 808	7 476	14 008	6 654	15 793	20 056	23 972	35 354	41 557	48 317	63 991	72 709	84 086	106498	118 486	135 027
	0,375	0,417	0,520	0,581	0,712	0,801	0,944	0,071	0,936	1,140	1,209	1,261	1,386	1,441	1,493	1,599	1,646	1,707	1,799	1,817	1,913

Продолжение табл. 1

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые) ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* кг/м²			Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																			
26		186,0 0,392	296 0,436	702 0,542	1 240 0,602	2 671 0,739	3 965 0,834	7 782 0,983	14 693 1,124	6 926 0,975	16 437 1,186	20 875 1,258	24 951 1,312	36 799 1,442	43 252 1,500	50 298 1,554	66 604 1,664	75 678 1,713	87 520 1,777	109 801 1,873	123 320 1,891	140 533 1,991
28		195,0 0,410	310 0,456	732 0,565	1 284 0,623	2 770 0,767	4 113 0,865	8 076 1,020	15 215 1,164	7 187 1,012	17 057 1,231	21 663 1,306	25 892 1,362	38 187 1,497	44 884 1,556	52 189 1,612	69 122 1,727	78 536 1,778	90 825 1,844	113 952 1,944	127 963 1,963	145 827 2,066
30		200,0 0,423	319 0,470	756 0,584	1 327 0 644	2 869 0,794	4 260 0,896	8 359 1,056	15 749 1,205	7 440 1,048	17 656 1,274	22 423 1,352	26 803 1,410	39 529 1,549	46 460 1,611	54 021 1,669	71 548 1,787	81 293 1,840	94 033 1,909	117 951 2,012	132 484 2,032	150 979 2,139
32		207,0 0,436	329 0,484	780 0,602	1,372 0,665	2 969 0,821	4 408 0,928	8 634 1,088	16 266 1,244	7 684 1,082	18 235 1,316	23 158 1,396	27 681 1,456	40 826 1,600	47 986 1,664	55 792 1,724	73 890 1,846	83 957 1,900	97 092 1,971	121 815 2,078	136 820 2,099	155 920 2,209
34		212,0 0,449	338 0,499	804 0,621	1 415 0,686	3 057 0,849	4 546 0,957	8 900 1,124	16 768 1,283	7 921 1,116	18 796 1,357	23 545 1,419	28 533 1,501	42 081 1,649	49 462 1,715	57 511 1,777	76 167 1,903	8 0546 1,959	100 082 2,032	125 567 2,142	141 031 2,163	160 719 2,277
36		219,0 0,462	348 0,513	828 0,640	1 458 0,708	3 153 0,873	4 684 0,983	9 157 1,156	17 252 1,320	8 150 1,148	19 342 1,396	24 563 1,481	29 360 1,544	43 301 1,697	50 896 1,765	59 252 1,828	78 377 1,958	89 051 2,016	102 984 2,090	129 208 2,204	145 120 2,226	165 379 2,343
38		225,0 0,474	358 0,527	852 0,658	1 502 0,729	3 239 0,896	4 822 1,015	9 409 1,188	17 726 1,356	8 374 1,179	19 871 1,434	25 239 1,521	30 164 1,587	44 484 1,743	52 292 1,813	60 800 1,878	80 523 2,012	91 499 2,071	105 807 2,148	132 749 2,264	149 021 2,287	169 825 2,407
40		232,0 0,487	367 0,541	876 0,677	1 545 0,754	3 325 0,920	4 960 1,044	9 652 1,219	18 186 1,391	8 590 1,210	20 388 1,472	25 894 1,561	30 949 1,628	45 643 1,789	53 650 1,860	62 379 1,927	82 616 2,064	93 870 2,125	108 556 2,204	136 196 2,323	152 986 2,347	174 343 2,470
45		246,0 0,519	391 0,577	924 0,714	1 588 0,800	3 539 0,978	5 092 1,073	10 239 1,293	19 285 1,475	9 112 1,284	21 625 1,561	27 463 1,655	32 826 1,727	48 412 1,897	56 904 1,973	66 164 2,044	87 624 2,189	99 565 2,254	115 148 2,337	144 157 2,464	162 215 2,488	184 860 2,619
50		261,0 0,554	415 0,612	972 0,751	1 730 0,843	3 707 1,031	5 541 1,166	10 791 1,362	20 333 1,555	9 604 1,352	22 795 1,645	28 950 1,745	34 601 1,820	51 033 2,000	59 984 2,080	69 741 2,154	92 367 2,308	104 950 2,376	121 370 2,464	152 273 2,597	171 010 2,623	194 883 2,761
55		273,0 0,576	434 0,640	1 019 0,787	1 812 0,884	3 889 1,082	5 811 1,223	11 318 1,428	21,326 1,631	10 073 1,418	23 907 1,726	30 362 1,830	36 289 1,909	53 521 2,097	62 909 2,181	73 146 2,260	96 875 2,420	110 071 2,492	127 292 2,584	159 701 2,724	179 371 2,751	204 412 2 896

Продолжение табл. 1

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка—количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка—скорость воды в трубе в *м/сек*																			
60		285,0 0,600	453 0,667	1 067 0,824	1 893 0,924	4 061 1 130	6 070 1,277	11 822 1,492	22 275 1,704	10 521 1,481	24 971 1,802	31 712 1,912	37 904 1,994	55 902 2,191	65 710 2,278	76 399 2,360	101 182 2,528	114 966 2,602	132 952 2,699	166 807 2,845	187 361 2,874	213 517 3,025
65		297,0 0,626	472 0,695	1 115 0,861	1 970 0,961	4 227 1,176	6 318 1,329	12 305 1,553	23 183 1,773	10 951 1,541	25 991 1,876	32 991 1,990	39 451 2,075	58 185 2,280	68 392 2,371	79 517 2,456	105 313 2,631	119 662 2,709	133 455 2,809	173,620 2,961	194 980 2,990	222 199 3,148
70		308,0 0,650	490 0,722	1 163 0,898	2 045 0,997	4 387 1,220	6 556 1,379	12 768 1,612	24 058 1,840	11 364 1,599	26 970 1,947	34 254 2,065	40 940 2,153	60 382 2,366	70 971 2,461	82 521 2,549	109 288 2,730	124 177 2,811	143 598 2,915	180 175 3,073	202 350 3,092	230 598 3,267
75		320,0 0,676	509 0,750	1 205 0,930	2 116 1,032	4 541 1,263	6 786 1,428	13 130 1,668	24 904 1,905	11 770 1,655	27 917 2,015	35 455 2,137	42 377 2,229	62 500 2,449	73 462 2,547	85 415 2,639	113 126 2,826	128 597 2,910	148 673 3,017	186 495 3,181	209 472 3,201	238 715 3,382
80		330,0 0,697	525 0,773	1 244 0,961	2 185 1,066	4 689 1,304	7 009 1,476	13 561 1,723	25 745 1,967	12 155 1,709	28 834 2,081	36 618 2,207	43 767 2,302	64 552 2,530	75 873 2,631	88 218 2,725	116 837 2,919	132 752 3,005	153 520 3,116	192 610 3,285	216 356 3,306	246 560 3,493
85		341,0 0,718	541 0,797	1 283 0,991	2 253 1,099	4 835 1,345	7 224 1,520	13 978 1,777	26 536 2,028	12 529 1,762	29 721 2,145	37 744 2,275	45 113 2,373	66 537 2,608	78 207 2,712	90 934 2,809	120 432 3,009	136 838 3,097	158 245 3,212	198 537 3,386	222 975 3,408	254 103 3,600
90		351,0 0,738	557 0,820	1 320 1,019	2 320 1,131	4 974 1,384	7 434 1,564	14 374 1,828	27 306 2,087	12,892 1,812	30 582 2,207	38 839 2,341	46 417 2,442	68 467 2,683	80 477 2,790	93 569 2,891	125 500 3,100	140 806 3,187	162 836 3,305	204 289 3,484	229 478 3,508	261 514 3,705
95		360,0 0,759	572 0,843	1 356 1,047	2 381 1,162	5 111 1,421	7 633 1,606	14 777 1,888	28 053 2,144	13 245 1,873	31 420 2,268	39 903 2 405	47 693 2,509	70 340 2,757	82 677 2,867	96 777 2,970	128 500 3,18	144 800 3,27	167 300 3,39	208 900 3,58	235 735 3,604	268 643 3,806
100		370,0 0,778	587 0,864	1 391 1,074	2 444 1,192	5 244 1,458	7 836 1,649	15 161 1 936	28 783 2,199	13 590 1,922	32 235 2,327	40 934 2,467	48 932 2,574	72 167 2,828	84 826 2,941	98 629 3,047	131 800 3,25	147 800 3,36	171 600 3,48	214 400 3,67	241 866 3,698	275,631 3,905
110		388,0 0,816	616 0,907	1 459 1,127	2 563 1,250	5 500 1,530	8 218 1,729	15 901 2,028	30 187 2,307	14 254 2,015	33 810 2,440	42 939 2,588	51 320 2,700	75 688 2,966	88 965 3,085	103 439 3,115	—	—	—	—	—	—
120		405,0 0,852	643 0,947	1 524 1,177	2 677 1,306	5 744 1,598	8 584 1,806	16 609 2,118	31 541 2,400	14 887 2,105	35 315 2,549	44 848 2,703	53 603 2,820	79 059 3,098	92 925 3,222	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58											
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка—количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка—скорость воды в трубе в *м/сек*																		
130		421,0 0,887	669 0,986	1 586 1,225	2 786 1,359	5 979 1,663	8 935 1,880	17 276 2,206	32 817 2,508	15 494 2,191	36 756 2,653	46 680 2,814	55 794 2,935	82 287 3,225	—	—	—	—	—	—	—	—
140		438,0 0,921	695 1,023	1 646 1,271	2 892 1,411	6 204 1,726	9 271 1,951	17 939 2,290	34 056 2,602	16 079 2,274	38 143 2,753	48 443 2,920	57 898 3,045	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150		454,0 0,953	719 1,059	1 704 1,316	2 993 1,460	6 422 1,786	9 597 2,019	18 569 2,369	35 252 2,694	16 644 2,354	39 482 2,850	50 142 3,022	59 930 3,152	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160		469,0 0,984	743 1,093	1 760 1,359	3 076 1,501	6 632 1,845	9 914 2,086	19 178 2,447	36 408 2,782	17 190 2,431	40 778 2,943	51 788 3,122	61 898 3,256	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170		484,0 1,014	766 1,127	1 814 1,401	3 186 1,554	6 837 1,902	10 217 2,150	19 768 2,517	37 528 2,868	17 720 2,506	42 032 3,034	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180		497,0 1,044	788 1,160	1 866 1,441	3 279 1,600	7 035 1,957	10 551 2,220	20 341 2,594	38 617 2,951	18 232 2,578	43 151 3,115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190		511,0 1,072	809 1,191	1 917 1,481	3 369 1,643	7 227 2,010	10 801 2,273	20 898 2,665	39 675 3,032	18 732 2,649	44 435 3,207	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200		525,0 1,100	831 1,222	1 967 1,519	3 456 1,686	7 415 2,063	11 082 2,332	21 442 2,731	40 705 3,111	19 218 2,718	45 586 3,291	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210		537,0 1,128	851 1,253	2 016 1,557	3 532 1,728	7 599 2,113	11 356 2,389	21 972 2,799	—	19 694 2,785	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220		550,0 1,154	871 1,282	2 063 1,594	3 625 1,768	7 777 2,163	11 623 2,445	22 487 2,866	—	20 157 2,850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
230		562,0 1,180	890 1,311	2 110 1,629	3 706 1,808	7 952 2,212	11 884 2,500	22 992 2,930	—	20 620 2,914	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные ГОСТ 8732-58												
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70													
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	159	168
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	150	158
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество тепла, проходящего в трубе, в *ккал/час* или количество воды в *л/час* Нижняя строка — скорость воды в трубе в *м/сек*																				
240		575,0 1,205	910 1,339	2 155 1,664	3 786 1,847	8 124 2,259	12 139 2,554	23 488 2,993	— —	21 053 2,977	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250		586,0 1,230	928 1,367	2 200 1,699	3 866 1,885	8 291 2,306	12 390 2,607	23 972 3,054	— —	21 488 3,038	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260		598,0 1,254	947 1,394	2 243 1,732	3 907 1,922	8 455 2,352	12 635 2,658	24 457 3,115	— —	21 935 3,099	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
270		609,0 1,278	965 1,420	2 286 1,765	4 016 1,959	8 616 2,396	12 876 2,709	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
280		621,0 1,191	983 1,446	2 328 1,798	4 089 1,995	8 774 2,440	13 112 2,759	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
290		631,0 1,215	1 000 1,472	2 369 1,830	4 162 2,030	8 930 2,484	13 344 2,808	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300		642,0 1,237	1 017 1,497	2 409 1,861	4 233 2,065	9 083 2,526	13 572 2,856	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
320		663,0 1,282	1 050 1,546	2 488 1,922	4 367 2,133	9 380 2,609	13 994 2,944	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
340		684,0 1,325	1 083 1,594	2 565 1,981	4 507 2,198	9 669 2,689	14 449 3,040	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
360		703,0 1,336	1 114 1,640	2 639 2,038	4 636 2,262	9 988 2,767	14 868 3,188	— —	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²		Верхняя строка—количество тепла, Нижняя строка—скорость воды в														
0,05		7,13 0,014	11,3 0,015	25 0,020	48,4 0,023	103 0,029	149 0,031	287 0,037	547 0,042	256 0,036	620 0,044	793 0,047	955 0,050	1 413 0,056	1 657 0,058	1 963 0,061
0,055		7,90 0,0154	12,5 0,0165	26,8 0,021	50 0,025	108 0,030	158 0,033	302 0,038	577 0,044	269 0,037	655 0,047	837 0,050	1 007 0,053	1 483 0,058	1 747 0,061	2 083 0,065
0,06		8,20 0,016	13 0,018	28 0,022	54 0,026	113 0,032	165 0,035	316 0,040	607 0,046	282 0,039	689 0,049	878 0,053	1 058 0,056	1 553 0,061	1 838 0,064	2 203 0,068
0,065		8,52 0,017	13,5 0,019	29 0,023	56 0,027	119 0,033	177 0,037	331 0,042	634 0,048	295 0,041	719 0,052	918 0,056	1 106 0,059	1 623 0,064	1 927 0,067	2 288 0,071
0,07		8,84 0,018	14 0,020	31 0,024	58 0,028	125 0,034	188 0,039	345 0,044	662 0,050	307 0,043	750 0,055	959 0,058	1 153 0,061	1 693 0,066	2 018 0,070	2 373 0,073
0,075		9,15 0,0184	14,5 0,020	32 0,025	61 0,029	130 0,036	194 0,041	359 0,045	689 0,053	320 0,044	781 0,057	995 0,060	1 192 0,063	1 763 0,069	2 107 0,073	2 458 0,076
0,08		9,47 0,019	15 0,021	33 0,026	63 0,030	134 0,037	198 0,042	374 0,047	716 0,055	333 0,046	809 0,059	1 032 0,062	1 230 0,065	1 834 0,072	2 176 0,075	2 543 0,078
0,085		9,78 0,020	15,5 0,022	34 0,027	65 0,032	139 0,038	202 0,043	385 0,049	740 0,057	343 0,048	836 0,061	1 069 0,065	1 268 0,067	1 903 0,074	2 244 0,078	2 628 0,081
0,09		10,1 0,0204	16 0,022	35 0,028	67 0,033	143 0,040	208 0,044	397 0,050	764 0,059	353 0,049	864 0,063	1 098 0,066	1 307 0,069	1 975 0,077	2 313 0,080	2,713 0,083
0,095		10,42 0,021	16,5 0,023	36 0,028	69 0,034	148 0,041	212 0,045	410 0,053	787 0,060	365 0,052	890 0,064	1 127 0,068	1 345 0,071	2 028 0,080	2 381 0,082	2 797 0,087
0,100		10,73 0,022	17 0,024	37 0,029	71 0,035	152 0,042	216 0,046	421 0,054	811 0,062	375 0,053	916 0,066	1 156 0,070	1 383 0,073	2 082 0,081	2 450 0,085	2 883 0,089
0,11		11,50 0,023	17,5 0,025	319 0,031	75 0,036	162 0,045	226 0,047	445 0,057	855 0,070	397 0,056	967 0,070	1 213 0,073	1 461 0 077	2 190 0,086	2 587 0,090	3 040 0,094
0,12		11,36 0,024	18 0,026	41 0,032	78 0,038	170 0,046	236 0,049	468 0,061	898 0,069	410 0,059	1 006 0,073	1 271 0,076	1 538 0,081	2 297 0,090	2 724 0,095	3 178 0,098
0,13		11,68 0,0246	18,5 0,027	43 0,034	82 0,040	177 0,048	246 0,052	489 0,063	937 0,072	435 0,061	1 046 0,075	1 329 0,078	1 615 0,084	2 405 0,096	2 853 0,099	3,317 0,102
0,14		12,31 0,025	19,5 0,028	45 0,035	87 0,042	185 0,050	256 0,055	511 0,066	976 0,075	455 0,064	1 086 0,078	1,386 0,083	1 692 0,089	2 513 0,099	2 962 0,103	3 456 0,107
0,15		13,26 0,027	21 0,030	46 0,036	90 0,043	188 0,054	267 0,056	531 0,069	1 011 0,077	474 0,067	1 126 0,081	1 444 0,088	1 750 0,092	2 621 0,103	3 072 0,106	3 594 0,111
0,16		13,87 0,028	22 0,031	48 0,038	99 0,046	197 0,055	277 0,059	551 0,071	1 046 0,080	490 0,069	1 166 0,084	1 497 0,091	1 809 0,095	2 705 0,106	3 182 0,110	3 734 0,115
0,17		14,00 0,0283	22 0,031	50 0,039	106 0,049	199 0,055	287 0,061	570 0,073	1 077 0,082	507 0,071	1 205 0,087	1 559 0,094	1 867 0,098	2 788 0,109	3 290 0,114	3 847 0,118
0,18		14,52 0,029	23 0,032	52 0,040	111 0,053	203 0,056	296 0,062	588 0,075	1 109 0,085	524 0,073	1 245 0,090	1 617 0,098	1 926 0,101	2 872 0,112	3 401 0,117	3 962 0,123
0,19		15,15 0,030	24 0,033	54 0,041	113 0,055	207 0,058	305 0,064	607 0,078	1 139 0,088	541 0,076	1 284 0,093	1 661 0,100	1 985 0,104	2 956 0,115	3 505 0,122	4 077 0,126
0,20		15,78 0,030	25 0,034	55 0,043	114 0,056	209 0,059	313 0,066	624 0,080	1 171 0,090	557 0,078	1 325 0,096	1 705 0,103	2 042 0,107	3 039 0,119	3 602 0,125	4 192 0,130
0,22		16,41 0,0325	26 0,036	52 0,045	118 0,057	219 0,061	331 0,069	709 0,084	1 233 0,095	585 0,082	1 404 0,101	1 792 0,108	2 160 0,113	3 206 0,126	3 785 0,131	4 422 0,137
0,24		17,05 0,034	27 0,038	61 0,047	124 0,059	230 0,064	348 0,073	691 0,090	1 296 0,099	613 0,087	1 483 0,107	1 880 0,113	2 276 0,119	3 374 0,132	3 969 0,138	4 611 0,142
0,26		17,67 0,036	28 0,040	64 0,049	130 0,061	241 0,066	364 0,076	721 0 094	1 357 0,104	642 0,091	1 543 0,111	1 966 0,118	2 369 0,125	3 516 0,138	4 152 0,144	4 802 0,148
0,28		18,31 0,038	29 0,042	66 0,052	134 0,066	251 0,070	379 0,079	751 0,099	1 418 0,109	668 0,094	1 604 0,115	2 054 0,124	2 462 0,130	3 659 0,143	4 314 0,149	4 992 0,155
0,30		19,57 0,039	31 0,043	69 0,054	139 0,069	262 0,072	394 0,083	775 0,102	1 481 0,113	689 0,097	1 663 1,121	2 141 0,129	2 554 0,134	3 801 0,149	4 461 0,155	5,182 0,160

ЛЕНИЯ при Δt=1°, $t_{воды}$=130° и K=0,2 *мм*

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	359	404

проходящего в трубе, при Δt=1° в *ккал/час* или количество воды в *л/час*
трубе в *м/сек*

2 615 0,065	2 976 0,067	3 456 0,070	4 334 0,074	4 893 0,075	5 576 0,079	8 347 0,0872	11 413 0,0942	15 314 0,1015	20 901 0,1102	449 0,1168	33 314 0,1234	41 060 0,1294	48,251 0,1339	67 654 0,1466
2 749 0,069	3 140 0,071	3 659 0,074	4 579 0,078	5 116 0,0785	5 830 0,0826	8 807 0,0920	12 067 0,0996	16 159 0,1071	21 812 0,1150	27 694 0,1223	35 042 0,1298	42 964 0,1354	50,738 0,1408	71 576 0,1551
2 882 0,072	3 304 0,075	3 823 0,077	4 826 0,082	5 330 0,0819	6 074 0,0862	9 199 0,0961	12 612 0,1041	16 913 0,1121	23 007 0,1213	29 121 0,1286	36 660 0,1358	44 836 0,1413	53 224 0,1477	74 576 0,1616
3 015 0,075	3 469 0,078	3 988 0,080	5 070 0,086	5 553 0,0853	6 328 0,0898	9 601 0,1003	13 157 0,1086	17 667 0,1171	24 031 0,1267	30 389 0,1342	38 011 0,1408	46 740 0,1473	55 711 0,1546	77 575 0,1681
3 354 0,078	3 573 0,081	4 153 0,084	5 267 0,090	5 777 0,0887	6 583 0,0934	10 003 0,1045	13 702 0,1131	18 422 0,1221	24 079 0,1317	31 567 0,1394	39 361 0,1458	48 643 0,1533	58 197 0,1615	80 575 0,1746
3 282 0,082	3 731 0,084	4 318 0,088	5 464 0,093	6 000 0,0922	6 837 0,0970	10 405 0,1087	14 248 0,1176	19 146 0,1269	25 909 0,1366	32 767 0,1447	40 684 0,1507	50 547 0,1593	60 683 0,1684	83 575 0,1811
3 390 0,084	3 861 0,088	4 483 0,091	5 662 0,097	6 231 0,0956	7 101 0,1006	10 798 0,1128	14 756 0,1218	14 795 0,1312	26 819 0,1414	33 786 0,1492	42 034 0,1557	52 451 0,1653	63 062 0,1750	86 574 0,1876
3 498 0,088	3 993 0,091	4 647 0,094	5 859 0,100	6 454 0,099	7 355 0,1042	11 123 0,1162	15 229 0,1257	20 444 0,1355	27 710 0,1416	34 737 0,1534	43 384 0,1607	54 355 0,1713	64 864 0,1800	89 574 0,1941
3 606 0,090	4 124 0,094	4 733 0,096	6 056 0,103	6 635 0,102	7 560 0,1071	11 449 0,1196	15 701 0,1296	21 092 0,1398	28 526 0,1504	35 665 0,1575	44 733 0,1657	56 259 0,1773	66 665 0,1850	92 574 0,2006
3 714 0,093	4 256 0,097	4 920 0,100	6 219 0,106	6 802 0,104	7 750 0,1098	11 774 0,1230	16 174 0,1335	21 741 0,1441	29 360 0,1548	36 616 0,1617	46 056 0,1706	46 163 0,1833	68 467 0,1900	95 435 0,2068
3 822 0,096	4 387 0,099	5 056 0,103	6 381 0,109	6 962 0,1067	7 934 0,1124	12 100 0,1265	16 646 0,1374	22 314 0,1479	30 176 0,1591	37 545 0,1658	47 406 0,1756	59 876 0 1887	70 305 0,1951	97 835 0,2120
4 040 0,101	4 697 0,106	5 330 0,108	6 705 0,114	7 290 0,1118	8 308 0,1177	12 751 0,1332	17 519 0,1446	23 144 0,1534	31 674 0,1670	39 424 0,1741	50 079 0,1855	62 954 0,1984	74 197 0,2059	102 634 0,2224
4 238 0,106	4 491 0,111	5 603 0,113	7 031 0,119	7 619 0,1169	8 682 0,1230	13 363 0,1396	18 343 0,1514	24 562 0,1628	32 964 0,1738	41 304 0,1824	52 778 0,1955	66 064 0,2082	77 512 0,2151	107 387 0,2327
4 423 0,110	5 316 0,117	5 828 0,118	7 355 0,126	8 200 0,1257	9 345 0,1324	13 957 0,1458	19 178 0,1583	25 573 0,1695	34 254 0,1806	43 183 0,1907	55 181 0,2044	69 173 0,2180	81 115 0,2251	112 187 0,2431
4 607 0,115	5 626 0,121	6 054 0,122	7 690 0,130	8 510 0,1315	9 698 0,1374	14 531 0,1518	19 917 0,1644	26 599 0,1763	35 544 0,1874	45 063 0,1990	57 152 0,2117	74 283 0,2278	84 539 0,2346	116 986 0,2535
4 790 0,119	5 768 0,128	6 278 0,128	8 004 0,136	8 826 0,1354	10 058 0,1425	15 115 0,1579	20 608 0,1701	27 520 0,1824	36 833 0,1942	46 942 0,2073	59 123 0,2190	75 361 0,2375	87 386 0,2425	121 185 0,2626
4 973 0,125	5 910 0,132	6 503 0,133	8 263 0,141	9 136 0,1401	10 411 0,1475	15 823 0,1633	21 311 0,1759	28 319 0,1877	38 123 0,2010	48 822 0,2156	61 120 0,2264	78 470 0,2473	90 232 0,2504	125 062 0,2710
5 118 0,128	6 052 0,137	6 728 0,167	8 520 0,145	9 445 0,1449	10 764 0,1525	16 139 0,1686	22 013 0,1817	29 119 0,1930	39 413 0,2078	50 452 0,2288	63 091 0,2337	80 501 0,2537	93 079 0,2583	128 985 0,2795
5 262 0,127	6 194 0,140	6 954 0,141	8 778 0,149	9 755 0,1496	11 117 0,1575	11 647 0,1739	22 668 0,1871	29 934 0,1984	40 703 0,2146	51 811 0,2228	65 062 0,2410	82 500 0,2600	95 890 0,2661	132 907 0,2880
5 406 0,143	6 336 0,135	7 169 0,146	9 036 0,155	10 034 0,1539	11 435 0,1620	17 154 0,1792	23 322 0,1925	30 733 0,2037	41 992 0,2214	53 170 0,2348	67 060 0,2484	84 468 0,2662	98 737 0,2740	136 784 0,2964
5 552 0,139	6 479 0,146	7 404 0,150	9 295 0,159	10 306 0,1580	11 745 0,1664	17 604 0,1839	23 988 0,1980	31 533 0,2090	43 282 0,2282	54 506 0,2407	69 030 0,2557	87 070 0,2744	101 583 0,2819	140 706 0,3049
5 841 0,146	6 762 0,153	7 764 0,058	9 810 0,167	10 045 0,1663	12 359 0,1751	18 475 0,1930	25 066 0,2069	33 147 0,2197	45 691 0,2409	57 223 0,2527	72 891 0,2700	90 401 0,2849	106 845 0,2965	147 167 0,3189
6 131 0,153	7 046 0,160	8 125 0,165	10 245 0,175	11 884 0,1746	12 973 0,1838	19 337 0,2020	26 072 0,2152	34 761 0,2304	47 550 0,2507	59 918 0,2646	75 941 0,2813	94 368 0,2974	111 637 0,3098	153 305 0,3322
6 419 0,161	7 333 0,166	8 480 0,172	10 681 0,182	11 848 0,1817	13 503 0,1918	20 150 0,2105	27 065 0,2234	36 361 0,2410	49 427 0,2606	62 635 0,2766	78 992 0,2926	98 334 0,3099	111 694 0,3230	159 443 0,3455
6 708 0,168	7 619 0,172	8 846 0,179	11 116 0,190	12 313 0,1889	14 032 0,1988	20 964 0,2190	28 071 0,2317	37 975 0,2517	51 305 0,2705	65 352 0,2886	82 048 0,3039	101 951 0,3213	121 187 0,3363	165 580 0,3588
6 942 0,173	7 905 0,179	9 207 0,186	11 563 0,197	12 778 0,196	14 562 0,2063	21 730 0,2270	29 077 0,2400	39 589 0,2624	53 164 0,2803	67 708 0,2990	85 093 0,3152	105 600 0,3328	125 907 0,3494	171 764 0,3722

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения 1 *пог. м* в *кг/м²*			Верхняя строка—количество тепла, Нижняя строка—скорость воды в													
0,32		20,20 0,0405	32 0,045	74 0,060	144 0,070	271 0,075	408 0,085	797 0,105	1 527 0,117	710 0,110	1 723 0,129	2 210 0,133	2 646 0,139	3 942 0,155	4 609 0,160	5 372 0,166
0,34		20,83 0,0415	33 0,046	77 0,062	146 0,072	280 0,077	421 0,089	820 0,109	1 576 0,121	728 0,103	1 783 0,129	2 280 0,137	2 739 0,144	4 056 0,159	4 758 0,165	5 562 0,172
0,36		21,46 0,043	34 0,048	82 0,064	147 0,073	289 0,080	435 0,092	843 0,111	1 623 0,125	749 0,105	1 844 0,133	2 349 0,142	2 830 0,149	4 170 0,164	4 905 0,170	5 753 0,178
0,38		22,10 0,044	35 0,049	84 0,066	149 0,075	299 0,082	448 0,095	864 0,114	1 671 0,128	769 0,108	1 903 0,137	2 419 0,146	2 910 0,153	4 285 0,168	5 053 0,175	5 943 0,183
0,40		22,72 0,047	36 0,052	88 0,068	150 0,075	308 0,084	461 0,091	887 0,118	1 717 0,132	789 0,111	1 963 0,142	2 488 0,150	2 989 0,158	4 399 0,172	5 200 0,180	6 092 0,188
0,45		24,0 0,0505	38 0,056	94 0,073	157 0,076	327 0,091	492 0,104	943 0,126	1 836 0,140	839 0,119	2 094 0,150	2 663 0,161	3 186 0,168	4 684 0,183	5 570 0,193	6 465 0,200
0,50		25,9 0,053	41 0,059	98 0,075	162 0,076	346 0,096	522 0,110	1 000 0,134	1 955 0,149	891 0,126	2 203 0,159	2 809 0,169	3 384 0,178	4 970 0,194	5 865 0,203	6 839 0,211
0,55		27,2 0,056	43 0,062	103 0,079	168 0,080	882 0,101	549 0,115	1 057 0,141	2 059 0,158	837 0,133	2 323 0,168	2 955 0,178	3 535 0,186	5 256 0,206	6 159 0,213	7 212 0,222
0,60		28,4 0,059	45 0,065	106 0,082	174 0,084	384 0,106	576 0,122	1 113 0,148	2 153 0,165	991 0,140	2 443 0,176	3 101 0,187	3 695 0,194	5 488 0,215	6 454 0,224	7 565 0,234
0,65		30,3 0,061	48 0,068	110 0,085	181 0,089	401 0,111	597 0,126	1 161 0,155	2 245 0,172	1 033 0,145	2 542 0,183	3 239 0,196	3 842 0,202	5 710 0,224	6 749 0,234	7 877 0,243
0,70		31,0 0,064	49 0,071	114 0,089	190 0,092	418 0,115	619 0,130	1 207 0,153	2 337 0,179	1 074 0,050	2 641 0,191	3 354 0,202	3 994 0,210	5 937 0,233	7 043 0,244	8 190 0,253
0,75		32,8 0,066	52 0,074	115 0,090	197 0,096	433 0,119	641 0,135	1 253 0,160	2 430 0,186	1 117 0,157	2 740 0,198	3 468 0,209	4 147 0,218	6 165 0,242	7 219 0,252	8 502 0,263
0,80		36,0 0,075	57 0,084	115 0,091	205 0,100	447 0,124	661 0,139	1 301 0,166	2 524 0,193	1 158 0,163	2 839 0,205	3 583 0,216	4 300 0,227	6 392 0,250	7 518 0,261	8 813 0,272
0,85		36,6 0,077	58 0,085	118 0,092	211 0,103	464 0,128	683 0,144	1 348 0,170	2 604 0,195	1 200 0,167	2 938 0,212	3 698 0,222	4 453 0,234	6 619 0,260	7 755 0,269	9 095 0,281
0,90		37,3 0,078	59 0,087	123 0,095	218 0,106	477 0,132	705 0,148	1 395 0,176	2 676 0,205	1 241 0,173	3 015 0,217	3 813 0,290	4 605 0,242	6 804 0,267	7 893 0,277	9 352 0,289
0,95		37,9 0,079	60 0,088	126 0,098	225 0,109	491 0,136	726 0,152	1 441 0,182	2 751 0,210	1 282 0,179	3 092 0,224	3 927 0,237	4 725 0,248	6 990 0,274	8 231 0,285	9 610 0,297
1,00		38,5 0,081	61 0,090	130 0,100	232 0,112	505 0,140	748 0,156	1 488 0,187	2 826 0,216	1 325 0,184	3 170 0,229	4 042 0,244	4 844 0,254	7 157 0,281	8 468 0,294	9 844 0,305
1,10		39,8 0,084	63 0,093	137 0,106	244 0,118	531 0,147	790 0,167	1 559 0,198	2 979 0,228	1 387 0,194	3 325 0,240	4 271 0,258	5 082 0,268	7 546 0,296	8 879 0,308	10 381 0,320
1,20		41,0 0,086	65 0,096	144 0,106	255 0,124	553 0,153	883 0,175	1 630 0,207	3 101 0,237	1 451 0,203	3 479 0,251	4 452 0,269	5 438 0,280	7 917 0,310	9 289 0,322	10 839 0,339
1,30		42,3 0,088	67 0,098	150 0,116	267 0,130	574 0,159	871 0,183	1 707 0,216	3 221 0,246	1 514 0,212	3 634 0,263	4 631 0,279	5 560 0,293	8 234 0,323	9 698 0,337	11,295 0,401
1,40		43,6 0,091	69 0,101	156 0,121	277 0,135	596 0,165	902 0,190	1 772 0,225	3 343 0,255	1 577 0,220	3 789 0.274	4 811 0,290	5 798 0,305	8 551 0,335	10 076 0,349	11 751 0,364
1,50		44,2 0,093	70 0,104	162 0,125	288 0,140	618 0,171	933 0,197	1 844 0,234	3 465 0,265	1 641 0,230	3 944 0,284	4 990 0,301	6 000 0,315	8 868 0,347	10 432 0,362	12 170 0,376
1,6		45,5 0,095	72 0,106	168 0,130	298 0,145	640 0,177	965 0,203	1 914 0,243	3 535 0,274	1 704 0,238	4 069 0,294	5 171 0,312	6 201 0,327	9 182 0,359	10 788 0,374	12 556 0,388
1,7		46,7 0,098	74 0,109	174 0,134	308 0,149	661 0,183	996 0,209	1 975 0,250	3 708 0,283	1 757 0,245	4 194 0,303	5 350 0,322	6 401 0,337	9 458 0,371	11 144 0,386	12 941 0,400
1,8		48,0 0,100	76 0,111	179 0,139	318 0,155	683 0,190	1 027 0,216	2 033 0,259	3 830 0,293	1 810 0,253	4 317 0,312	5 501 0,332	6 601 0,347	9 735 0,381	11 447 0,397	13 326 0,412
1,9		48,6 0,103	77 0,114	184 0,142	328 0,159	705 0,195	1 058 0,222	2 093 0,266	3 950 0,302	1 862 0,261	4 441 0,320	5 652 0,341	6 804 0,358	10 011 0,392	11 861 0,408	13 703 0,423
2,0		49,9 0,105	79 0,117	190 0,146	342 0,166	726 0,201	1 090 0,229	2 163 0,273	4 072 0,311	1 915 0,268	4 566 0,330	5 801 0,350	6 984 0,368	10 287 0,403	12 055 0,408	14 080 0,435

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	355	359	404

проходящего в трубе, при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час* или количество воды в *л/час*
трубе в *м/сек*

7 175	8 192	9 505	11 986	13 317	15 176	22 342	30 082	41 038	55 041	69 836	88 144	109 218	129 583	177 902
0,179	0,185	0,193	0,205	0,2043	0,2150	0,2334	0,2483	0,2720	0,2902	0,3084	0,3265	0,3442	0,3596	0,3855
7 347	8 477	9 708	12 346	13 929	15 874	22 965	31 088	42 200	56 995	71 965	91 114	112 867	133 295	184 040
0,185	0,192	0,199	0,210	0,2137	0,2249	0,2399	0,2566	0,2797	0,3005	0,3178	0,3375	0,3557	0,3699	0,3988
7 643	8 763	10 101	12 705	14 549	16 580	23 587	32 093	43 452	58 788	74 093	93 561	116 516	137 006	190 039
0,191	0,199	0,205	0,216	0,223	0,2349	0,2464	0,2649	0,2880	0,3099	0,3272	0,3469	0,3672	0,3802	0,4118
7 875	9 000	10 399	13 013	14 840	16 912	24 199	33 099	44 493	60 656	76 222	96 189	119 675	140 682	194 931
0,197	0,204	0,211	0,222	0,228	0,2396	0,2528	0,2732	0,2949	0,3198	0,3366	0,3563	0,3771	0,3904	0,4224
8 109	9 237	10 698	13 424	15 132	17 244	24 822	34 104	45 640	62 154	78 350	98 727	122 481	144 393	199 776
0,203	0,209	0,217	0,229	0,232	0,2443	0,2593	0,2815	0,3025	0,3277	0,3460	0,3850	0,3860	0,4007	0,4329
8 593	9 828	11 386	14 322	15 768	17 969	26 363	36 576	48 521	65 814	83 559	105 071	129 525	153 654	211 913
0,214	0,222	0,231	0,244	0,243	0,2560	0,2754	0,3019	0 3216	0,3470	0,3690	0,3892	0,4082.	0,4264	0,4592
9 076	10 419	12 020	15 139	16 580	8 895	27 914	38 405	51 403	69 494	87 929	110 821	136 570	162 916	224 097
0,227	0,236	0,244	0,259	0,254	0,2677	0,2916	0,3170	0,3407	0,3664	0,3883	0,4106	0,4304	0,4521	0,4856
9 560	10 891	12 656	15 957	17 293	19 707	29 455	40 235	54 266	73 174	92 300	115 832	143 614	171 132	236 233
0,239	0,246	0,256	0,272	0,265	0,2792	0,3077	0,3321	0,3597	0,3858	0,4076	0,4291	0,4526	0,4749	0,5119
0 045	10 364	13 209	16 670	18 012	20 526	31 005	42 065	56 563	76 682	96 670	120 837	150 658	178 339	246 294
0,251	0,258	0,268	0,284	0,276	0,2908	0,3239	0,3472	0,3749	0,4043	0,4269	0,4476	0,4748	0,4949	0,5337
0 458	11 835	13 763	17 382	18 724	21 338	32 499	43 894	58 856	79 660	100 723	125 831	157 607	185 546	256 262
0,262	0,268	0,279	0,297	0,287	0,3023	0,3393	0,3623	0,3901	0,4200	0,4448	0,4661	0,4967	0,5149	0,5553
0 655	12 301	14 326	18 095	19 442	22 156	33 618	45 723	61 149	82 657	104 188	130 799	163 097	192 753	266 184
0,272	0,279	0,290	0,309	0,298	0,3139	0,3512	0,3774	0,4053	0,4358	0,4601	0,4845	0,5140	0,5349	0,5768
1 283	12 779	14 869	18 723	20 161	22 975	34 729	47 552	63 443	85 635	107 630	135 793	168 586	199 960	276 106
0,282	0,289	0,302	0,319	0,309	0,3255	0,3628	0,3925	0,4205	0,4515	0,4753	0,5030	0,5313	0,5549	0,5983
1 696	13 252	15 360	19 351	20 879	23 794	35 840	49 200	67 736	88 631	111 095	140 787	174 076	207 167	285 889
0,293	0 300	0,312	0,330	0,380	0,3371	0,3744	0,4061	0,4357	0,4673	0,4906	0,5215	0,5486	0,5749	0,6195
2 052	13 724	15 852	19 979	21 592	24 606	36 950	50 630	67 969	91 533	114 537	145 620	179 565	213 509	294 934
0,301	0,311	0,321	0,341	0,331	0,3486	0,3860	0,4179	0,4505	0,4826	0,5058	0,5394	0,5659	0,5925	0,6391
2 407	14 138	16 343	20 469	22 310	25 425	38 070	52 069	69 825	93 885	118 011	149 507	185 054	219 455	304 026
0,310	0,322	0,332	0,349	0,342	0,3602	0,3977	0,4297	0,4628	0,4950	0,5211	0,5538	0,5832	0,6090	0,6588
2 764	14 530	1 681	20 958	23 028	26 243	39 180	53 489	71 681	96 256	121 443	153 395	190 544	225 401	313 071
0,319	0,329	0,341	0,357	0,353	0,3718	0,4093	0,4415	0,4751	0,5075	0,5363	0,5682	0,6005	0,6255	0,6784
3 120	14 922	17 261	21 450	23 741	27 055	40 291	54 906	73 536	98 608	124 885	157 255	196 033	231 346	322 162
0,328	0,338	0,350	0,366	0,364	0,3838	0,4209	0,4532	0,4874	0,5199	0,5515	0,5825	0,6178	0,6420	0,6981
3 749	15 706	18 148	22 429	24 992	28 481	42 521	57 766	77 248	103 330	131 792	165 030	205 204	243 238	333 129
0,344	0,355	0,369	0,382	0,383	0,4035	0,4442	0,4768	0,5120	0,5448	0,5820	0,6113	0,6467	0,6750	0,7327
4 424	16 386	18 837	23 410	26 057	29 695	44 388	60 625	80 959	108 053	137 408	172 805	214 247	254 517	351 697
0,361	0,372	0,384	0,400	0,400	0,4207	0,4637	0,5004	0,5366	0,5697	0,6068	0,6401	0,6752	0,7063	0,7621
5 008	17 068	19 526	24 389	27 098	30 881	46 111	62 975	83 992	112 776	142 775	180 580	222 321	264 427	365 218
0,375	0,386	0,397	0,416	0,416	0,4375	0,4817	0,5198	0,5567	0,5946	0,6305	0,6689	0,7038	0,7338	0,7914
5 582	17 749	20 216	25 364	28 132	32 059	47 834	65 301	86 904	117 499	148 164	187 114	232 365	274 373	373 739
0,389	0,402	0,410	0,433	0,430	0,4542	0,4997	0,5390	0,5760	0,6195	0,6543	0,6931	0,7323	0,7614	0,8207
6 156	18 285	20 905	26 350	29 166	33 238	49 557	67 638	89 816	122 089	153 531	193 539	240 520	284 318	391 846
0,404	0,414	0,424	0,449	0,447	0,4709	0,5177	0,5583	0,5953	0,6437	0,6780	0,7169	0,7580	0,7890	0,8491
6 729	18 820	21 594	27 330	30 207	34 424	51 472	69 966	92 728	125 768	158 920	199 937	248 072	294 120	404 906
0,418	0,426	0,439	0,467	0,463	0,4877	0,5377	0,5775	0,6146	0,6631	0,7018	0,7406	0,7818	0,8162	0,8774
7 164	19 356	22 283	28 311	31 242	35 603	59 003	72 304	95 685	128 356	164 287	206 362	254 655	302 840	418 012
0,428	0,438	0,452	0,483	0,479	0.5044	0,5537	0,5968	0,6342	0,6826	0,7255	0,7644	0,8057	0,8404	0,9058
7 597	19 891	22 973	29 291	32 275	36 781	54 592	74 254	98 566	133 146	169 020	212 760	263 208	311 561	430 472
0,440	0,450	0,467	0,500	0,495	0,5211	0,5703	0,6129	0,6533	0,7020	0,7464	0,7881	0,8295	0,8646	0,9328
8 034	20 427	23 662	30 271	33 143	37 770	56 009	76 084	101 478	136 845	173 458	217 916	270 791	320 246	441 732
0,450	0,462	0,480	0,516	0,508	0,5851	0,5851	0,6280	0,6726	0,7215	0,7660	0,8109	0,8534	0,8887	0,9572
8 467	20 963	24 351	30 964	33 942	38 680	57 426	77 913	104 390	140 524	177 896	224 261	277 931	328 966	452 903
0,461	0,475	0,494	0,528	0,521	0,5480	0,5999	0,6431	0,6919	0,7409	0,7856	0,8307	0,8759	0,9129	0,9816

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²			Верхняя строка — колнчество тепла, Нижняя строка — скорость воды в													
2,2		52,4 0,111	83 0,123	200 0,155	356 0,173	769 0,213	1 152 0,242	2 270 0,288	4 265 0,327	2 021 0,283	4 814 0,347	6 104 0,368	7 132 0,385	10 809 0,423	12 663 0,439	14 834 0,458
2,4		55,0 0,115	87 0,128	0,210 0,162	371 0,180	801 0,221	1 201 0,252	2 360 0,300	4 457 0,341	2 100 0,295	5 023 0,363	6 406 0,386	7 670 0,404	11 268 0,442	13 259 0,459	15 385 0,475
2,6		57,4 0,120	91 0,134	218 0,169	387 0,187	833 0,231	1 250 0,263	2 448 0,311	4 648 0,355	2 179 0 306	5 232 0,378	6 663 0,402	8 013 0,421	11 736 0,460	13 856 0,480	15 937 0,492
2,8		59,3 0,125	94 0,139	228 0,176	403 0,196	865 0,240	1 299 0,273	2 539 0,321	4 844 0,361	2 260 0,316	5 441 0,392	6,921 0,417	8 306 0,437	12 243 0,478	14 354 0,497	16 488 0,510
3,0		61,9 0,130	98 0,144	236 0,182	416 0,202	897 0,248	1 348 0,284	2 629 0,333	5 036 0,385	2 340 0,328	5 651 0,408	7 179 0,433	8 597 0,452	12 642 0,495	15 300 0,513	17 040 0,526
3,2		63,8 0,134	101 0,149	244 0,188	428 0,208	929 0,258	1 398 0,293	2,719 0,344	5 194 0,398	2 419 0,339	5 859 0,423	7 437 0,448	8 889 0,468	13 090 0,513	15 215 0,527	17 591 0,544
3,4		66,3 0,140	105 0,155	252 0,195	4 111 0,214	961 0,266	1 447 0,305	2 809 0,355	5 352 0,409	2 500 0,350	6 021 0,436	7 656 0,461	9 181 0,483	13 465 0,527	15 647 0,543	18 142 0,560
3,6		68,8 0,145	109 0,161	264 0,201	454 0,220	933 0,275	1 487 0,313	2 898 0,367	5 511 0,421	2 580 0,361	6 182 0,445	7 875 0,475	94 400 0,496	14 314 0,541	16 077 0,557	1 869 0,578
3,8		70,7 0,149	112 0,165	268 0,207	468 0,227	1 025 0,284	1 529 0,321	2 987 0,378	5 668 0,434	2 658 0,372	6 345 0,458	8 095 0,488	9 700 0,510	14 133 0,554	16 510 0,573	19 246 0,594
4,0		72,6 0,152	115 0,169	275 0,210	481 0,233	1 057 0,293	1 570 0,331	3 056 0,387	5 827 0,446	2 725 0,381	6 507 0,470	8 311 0,501	10 257 0,524	14 466 0,567	17 145 0,587	19 798 0,612
4,5		77,0 0,162	122 0,180	292 0,225	513 0,249	1 123 0,310	1 672 0,352	3 250 0,411	6 195 0,474	2 887 0,405	6 911 0,498	8 826 0,531	10 576 0,556	15 302 0,599	18 017 0,625	21 176 0,654
5,0		82,0 0,172	130 0,191	306 0,237	546 0,265	1 183 0,327	1 761 0,371	3 436 0,435	6 529 0,500	3 058 0,428	7 316 0,528	9 314 0,561	11 157 0,587	16 136 0,632	19 094 0,662	22 595 0,697
5,5		86,5 0,181	137 0,202	320 0,247	578 0,280	1 246 0,345	1 842 0,387	4 572 0,458	6 866 0,525	3 225 0,452	7 722 0,557	9 784 0,590	11 676 0,614	16 970 0,665	20 171 0,699	23 548 0,727
6,0		90,3 0,190	143 0,211	334 0,257	611 0,297	1 308 0,362	1 922 0,405	3 810 0,482	7 180 0,600	3 381 0,476	8 064 0,581	10 220 0,616	12 120 0,638	17 805 0,697	21 249 0,736	24 542 0,758
6,5		94,7 0,199	150 0,221	347 0,269	632 0,307	1 360 0,376	2 002 0,421	3 959 0,500	7 470 0,572	3 524 0,494	8 406 0,607	10 655 0,643	12 564 0,661	18 640 0,730	22 029 0,764	25 535 0,789
7,0		97,8 0,207	155 0,230	361 0,279	654 0,317	1 410 0,390	2 083 0,439	4 107 0,519	7 760 0,593	3 655 0,513	8 748 0,631	10 991 0,662	13 009 0,684	19 474 0,763	22 807 0,791	26 529 0,826
7,5		102,3 0,214	162 0,238	375 0,289	675 0,327	1 455 0,405	2 163 0,455	4 255 0,538	8 023 0,616	3 787 0,531	9 044 0,653	11 328 0,683	13 454 0,708	20 186 0,791	23 587 0,818	27 521 0,850
8,0		105,4 0,222	167 0,246	388 0,300	697 0,338	1 511 0,418	2 243 0,472	4 404 0,556	8 308 0,636	3 919 0,550	9 341 0,675	11 493 0,693	13 899 0,731	20 783 0,815	24 263 0,845	28 849 0,881
8,5		109,2 0,230	173 0,255	402 0,311	719 0,348	1 562 0,432	2 316 0,487	4 552 0,576	8 566 0,655	4 052 0,570	9 638 0,695	12 000 0,723	14 343 0,755	21 380 0,837	25 145 0,871	29 510 0,911
9,0		112,4 0,237	178 0,263	416 0,321	741 0,358	1 600 0,443	2 378 0,500	4 679 0,591	8 824 0,675	4 164 0,585	9 894 0,714	12 336 0,744	14 788 0,778	21 976 0,861	25 924 0,899	30 302 0,936
9,5		115,5 0,243	183 0,270	429 0,332	761 0,370	1 641 0,454	2 441 0,514	4 805 0,607	9 084 0,695	4 277 0,600	10 121 0,730	12 673 0,764	15 251 0,801	22 572 0,885	26 698 0,926	31 093 0,961
10,0		118,7 0,250	188 0,277	443 0,342	782 0,380	1 681 0,465	2 504 0,527	4 932 0,623	9 306 0,712	4 389 0,617	10 348 0,747	13 009 0,784	15 677 0,825	23 170 0,908	27 629 0,958	31 885 0,985
11		125,0 0,262	198 0,291	463 0,357	825 0,401	1 760 0,487	2 630 0,553	5 184 0,656	9 751 0,746	4 613 0,649	10 803 0,708	13 681 0,825	16 566 0,871	24 363 0,955	28 977 1,004	33 469 1,034
12		131,0 0,274	207 0,304	483 0,373	860 0,417	1 840 0,509	2 754 0,580	5 408 0,684	10 196 0,780	4 813 0,677	11 257 0,813	14 354 0,865	17 459 0,919	25 556 1,001	30 265 1,050	35 053 1,082
13		136,0 0,285	215 0,317	503 0,388	896 0,435	1 919 0,531	2 880 0,606	5 627 0,713	10 548 0,807	5 013 0,705	11 712 0,846	15 027 0,905	18 172 0,956	26 801 1,051	31 403 1,092	36 637 1,132
14		141,0 0,294	222 0,327	522 0,404	931 0,450	1 997 0,553	2 982 0,627	5 856 0,740	10 901 0,834	5 212 0,733	12 166 0,878	15 778 0,945	18 867 0,992	27 813 1,090	32 690 1,133	39 040 1,174
15		146,0 0,304	230 0,338	543 0,419	966 0,469	2 077 0,575	3 085 0,649	6 080 0,768	11 255 0,861	5 411 0,761	12 621 0,910	16 331 0,985	19 520 1,027	28 787 1,128	33 841 1,173	39 344 1,215

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	359	404

проходящего в трубе, при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час* или количество воды в *л/час* трубе в *м/сек*

19 336 0,483	22 549 0,499	25 730 0,522	32 348 0,552	35 546 0,545	40 508 0,5789	60 269 0,6296	81 584 0,6734	109 791 0,7277	147 902 0,7798	185 773 0,8248	234 979 0,8704	291 036 0,9172	345 110 0,9577	475 375 1,0301
20 307 0,505	23 156 0,523	27 109 0,550	33 734 0,576	37 150 0,570	42 336 0,5998	63 102 0,6592	85 243 0,7036	114 363 0,7580	154 655 0,8154	195 650 0,8640	245 669 0,9100	304 172 0,9586	360 569 1,0006	496 049 1,749
21 077 0,526	24 175 0,547	28 086 0,571	35 119 0,599	38 754 0,594	44 164 0,6257	65 696 0,6863	88 914 0,7339	118 934 0,7883	160 648 0,8470	203 462 0,8985	256 036 0,9484	316 452 0,9973	375 992 1,0434	516 677 1,1196
21 946 0,548	25 246 0,572	19 165 0,590	36 503 0,623	40 353 0,619	45 986 0,6515	67 927 0,7095	92 573 0,7641	123 506 0,8186	166 604 0,8784	210 565 0,9300	265 323 0,9828	325 686 1,0264	390 262 1,083	539 013 1,168
22 817 0,570	26 318 0,595	30 040 0,610	37 889 0,646	41 746 0,640	47 574 0,6740	70 157 0,7329	96 232 0,7943	127 077 0,8489	172 578 0,9099	217 706 0,9614	274 610 1,0172	334 919 1,0555	403 695 1,120	567 934 1,209
23 697 0,592	27 092 0,613	31 016 0,629	39 281 0,670	43 071 0,661	49 084 0,6954	72 388 0,7562	99 272 0,8194	132 649 0,8792	178 572 0,9415	224 816 0,9928	283 696 1,0516	344 153 1,0846	416 928 1, 157	575 932 1,248
24 557 0,614	27 868 0,630	31 993 0,650	40 659 0,693	44 391 0,681	50 588 0,7167	74 618 0,7795	102 107 0,8428	138 352 0,9170	185 684 0,9790	231 949 1,0243	294 803 1,092	353 387 1,1137	429 901 1,193	593 930 1,287
25 278 0,631	28 642 0,648	32 970 0,670	41 803 0,701	45 716 0,701	52 098 0,7381	76 848 0,8028	104 942 0,8662	142 124 0,9420	190 955 1,007	240 939 1,064	303 172 1,123	375 694 1,184	442 153 1,227	611 005 1,324
25 863 0,647	29 417 0,666	33 947 0,689	42 843 0,731	47 036 0,721	53 602 0,7594	79 079 0,8261	107 765 0,8895	145 896 0,9670	196 305 1,035	247 506 1,093	311 541 1,154	384 895 1,213	454 405 1,261	616 518 1,360
26 533 0,663	30 190 0,684	34 923 0,704	43 936 0,750	48 355 0,742	55 105 0,7807	81 309 0,8494	110 600 0,9129	149 653 0,9919	201 426 1,062	254 073 1,122	319 640 1,184	934 752 1,244	466 297 1,294	644 232 1,396
28 094 0,701	32 128 0,727	37 365 0,758	46 667 0,796	51 030 0,783	58 154 0,8239	86 880 0,9076	117 676 0,9713	159 082 1,0544	213 565 1,126	269 471 1 190	339 078 1,256	418 847 1,320	494 404 1,372	682 996 1,480
28 631 0,740	34 064 0,771	39 275 0,797	49 399 0,842	53 594 0,822	61 076 0,8653	91 896 0,960	125 151 1,033	166 867 1,106	224 035 1,187	283 964 1,254	357 435 1,324	441 376 1,391	521 431 1,447	719 915 1,560
31 227 0,780	35 037 0,810	41 185 0,836	51 684 0,882	56 159 0,861	63 999 0,9076	96 396 1,007	131 329 1,084	175 015 1,160	236 136 1,245	297 777 1,315	374 713 1,388	462 953 1,459	546 655 1,517	754 988 1,636
32 793 0,819	37 287 0,843	43 095 0,874	53 970 0,921	58 729 0,901	66 928 0,9482	100 703 1,052	137 145 1,132	182 860 1,212	246 567 1,300	310 911 1,373	391 451 1,450	483 578 1,524	571 159 1,585	788 676 1,709
34 043 0,851	38 808 0,879	45 005 0,914	56 256 0,960	61 293 0,940	69 850 0,9896	104 819 1,095	142 719 1,178	190 253 1,261	256 809 1,354	323 818 1,430	407 379 1,509	503 252 1,586	594 222 1,649	820 980 1,779
35 297 0,882	40 334 0,912	46 758 0,950	58 542 0,998	63 864 0,98	72 779 1,0311	108 744 1,136	148 170 1,223	197 495 1,309	266 482 1,405	336 047 1,484	422 767 1,566	522 290 1,646	616 914 1,712	851 899 1,846
36 550 0,914	41 852 0,948	48 316 0,980	60 734 1,036	66 220 1,016	75 464 1,069	115 950 1,176	157 856 1,265	210 568 1,355	284 049 1,454	358 256 1,536	450 743 1,621	556 915 1,704	657 701 1,772	908 353 1,911
37 804 0,945	43 382 0,982	49 878 1,012	62 731 1,070	68 379 1,049	77 925 1,104	116 303 1,215	158 346 1,307	211 074 1,399	284 880 2,502	359 144 1,586	451 923 1,674	558 463 1,760	649 446 1,830	910 969 1,974
39 053 0,975	44 605 1,009	51 438 1,044	64 663 1,103	70 547 1,082	80 395 1,139	119 848 1,252	163 193 1,347	217 561 1,442	293 605 1,548	370 240 1,635	465 962 1,726	575 598 1,814	679 625 1,886	938 658 2,034
40 306 1,007	45 828 1,037	52 998 1,075	66 536 1,135	72 529 1,112	82 654 1,171	183 390 1,289	167 918 1,886	223 898 1,484	302 140 1,593	380 883 1,682	479 460 1,776	592 098 1,866	699 445 1 ,941	964 786 2,093
41 559 1,038	47 050 1,065	54 558 1,107	68 360 1,166	74 573 1,144	84 983 1,204	126 740 1,324	172 521 1,424	230 084 1,525	310 295 1,636	391 300 1,728	492 688 1,825	608 281 1,917	7 18 543 1,994	992 652 2,151
42 545 1,063	48 273 1,093	55 903 1,135	70 133 1,196	76 493 1,173	87 171 1,235	129 995 1,358	177 004 1,461	235 968 1,564	318 351 1,679	401 490 1,773	505 377 1,872	624 146 1,967	737 282 2,046	1 018495 2,207
44 624 1,114	50 717 1,148	58 634 1,191	73 557 1,255	80 209 1,230	406 295	136 313 1,424	185 727 1,538	247 585 1,641	334 004 1,761	421 190 1,860	529 944 1,963	654 608 2,063	773 317 2,148	1 067874 2,314
46 606 1,164	52 957 1,199	61 242 1,243	76 832 1,310	83 801 1,285	95 500 1,353	142 439 1,488	193 965 1,601	258 448 1,718	348 798 1,839	439 986 1,943	553 701 2,051	683 800 2,155	807 551 2,241	115 407 2,417
48 506 1,212	55 118 1,247	63 738 1,294	79 966 1,364	87 208 1,338	99 382 1,408	148 188 1,548	201 840 1,666	269 009 1,783	363 023 1,914	457 875 2,022	576 108 2,134	711 723 2,243	840 343 2,332	1 161094 2,516
50 341 1,258	57 197 1,295	66 133 1,342	83 007 1,415	90 490 1,388	103 128 1,461	153 831 1,607	209 473 1,729	279 269 1,851	376 679 1,986	475 085 2,098	597 975 2,215	738 695 2,328	872 054 2,430	1 204 935 2,611
52 106 1,302	59 205 1,340	68 468 1,389	85 903 1,466	93 649 1,436	106 728 1,512	159 191 1,663	216 863 1,790	289 076 1,916	389 956 2, 056	491 842 2,172	619 032 2,293	764 397 2,409	902 684 2,505	1 246930 2,702

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²		Верхняя строка — количество тепла, Нижняя строка — скорость воды в														
16		150,0 0,314	236 0,348	562 0,435	1 001 0,485	2 141 0,592	3 188 0,670	6 276 0,793	11 607 0,888	5 586 0,786	13 075 0,943	16 867 1,096	20 160 1,061	29 731 1,165	34 949 1,211	40 635 1,256
17		154,0 0,322	243 0,358	582 0,449	1 030 0,500	2 204 0,610	3 290 0,692	6 471 0,818	11 959 0,915	5 760 0,811	13 530 0,976	17 386 1,049	20 780 1,093	30 647 1,201	36 024 1,249	41 885 1,294
18		159,0 0,332	250 0,369	602 0,465	1 059 0,514	2 267 0,627	3 393 0,714	6 667 0,843	12 312 0,941	5 934 0,835	13 984 1,009	17 891 1,078	21 403 1,125	31 538 1,236	37 070 1,285	43 098 1,332
19		163,0 0,340	256 0,378	617 0,477	1 088 0,527	2 331 0,645	3 530 0,743	6 854 0,866	12 665 0,969	6 100 0,859	14 428 1,042	18 379 1,108	21 969 1,156	32 401 1,270	38 033 1,318	44 282 1,368
20		167,0 0,350	264 0,388	632 0,488	1 117 0,542	2 395 0,662	3 618 0,761	7 028 0,888	13 017 0,996	6 254 0,880	14 850 1,072	18 858 1,137	22 538 1,186	33 240 1,283	39 072 1,354	45 432 1,404
22		173,0 0,368	273 0,409	662 0,512	1 175 0,570	2 521 0,698	3 795 0,798	7 374 0,931	13 723 1,050	6 562 0,923	15 575 1,124	19 784 1,193	23 636 1,243	34 864 1,367	40 986 1,421	67 650 1,472
24		184,0 0,387	291 0,430	693 0,536	1 233 0,598	2 649 0,733	3 922 0,825	7 700 0,972	14 428 1,103	6 854 0,964	17 531 1,174	20 658 1,245	24 591 1,299	36,414 1,428	42 804 1,484	49 767 1,538
26		193,0 0,404	305 0,449	723 0,558	1 277 0,620	2 751 0,761	4 084 0,859	8 015 1,013	15 134 1,158	7 134 1,004	16 930 1,222	21,501 1,296	25 700 1,351	37 903 1,485	44 550 1,545	51,807 1,601
28		201,0 0,423	319 0,470	754 0,582	1 324 0,642	2 853 0,790	4 236 0,89	8 318 1,051	15 671 1,199	7 403 1,042	17 569 1,268	22 313 1,345	26 669 1,403	39 333 1,542	46 231 1,603	53 755 1,660
30		208,0 0,435	329 0,484	779 0,602	1 367 0,663	2 955 0,818	4 388 0,923	8 610 1,088	16 221 1,241	7 663 1,079	18 186 1,312	23 096 1,393	27 607 1,452	40 715 1,595	47 854 1,655	55 642 1,719
32		214,0 0,449	339 0,499	803 0,620	1 928 0,685	3 058 0,846	4 540 0,956	8 893 1,121	16 754 1,281	7 915 1,114	18 834 1,355	23 853 1,438	28 511 1,500	42 051 1,648	49 426 1,714	57 476 1,776
34		220,0 0,462	348 0,514	828 0,640	1 457 0,717	3 189 0,874	4 680 0,986	9 167 1,158	17 271 1,321	8 159 1,149	19 360 1,398	24 251 1,462	29 394 1,546	43 343 1,698	50 946 1,766	59 236 1,830
36		226,0 0,476	358 0,528	853 0,659	1 502 0,729	3 248 0,899	4 825 1,016	9 432 1,191	17 770 1,360	8 395 1,182	19 922 1,438	25 305 1,525	30 241 1,560	44 600 1,748	52 423 1,818	61 030 1,883
38		233,0 0,488	369 0,543	879 0,709	1 547 0,751	3 336 0,923	4 967 1,045	9 691 1,224	18 258 1,397	8 625 1,214	20 467 1,477	25 996 1,567	31 069 1,635	45 819 1,800	53 861 1,867	62 624 1,934
40		239,0 0,502	378 0,557	902 0,697	1 59 1 0,777	3 425 0,948	5 109 1,075	9 942 1,256	18 732 1,433	8 848 1,246	19 000 1,516	26 671 1,608	31 877 1,677	47 012 1,843	55 260 1,916	64 250 1,985
45		254,0 0,535	403 0,594	952 0,735	1 648 0,824	3 645 1,007	5 293 11,122	10 546 1,332	19 864 1,519	9 385 1,323	22 274 1,609	28 287 1,705	38 811 1,779	49 864 1,954	58 508 2,032	68 149 1,105
50		270,0 0,567	427 0,630	1 001 0,774	1 782 0,868	3 818 1,062	5 707 1,201	11 114 1,403	21 561 1,602	9 892 1,393	23 479 1,694	29 819 1,797	35 639 1,875	52 554 2,060	61 784 2,142	71 883 2,219
55		282,0 0,595	447 0,659	1 050 0,811	1 866 0,911	11 006 1,114	5 985 1,260	11 658 1,471	21 966 1,680	10 375 1,461	24 624 1,778	31 273 1,885	37 378 1,966	55 127 2,166	64 796 2,246	75 340 2,328
60		295,0 0,618	467 0,687	1 099 0,849	1 950 0,952	4 183 1,164	6 252 1,315	12 177 1,537	22 943 1,755	10 837 1,525	25 720 1,856	32 663 1,969	39 041 2,054	57 579 2,251	67 681 2,346	78 691 2,431
65		307,0 0,644	486 0,715	1 148 0,887	2 029 0,989	4 354 1,211	6 507 1,369	12 674 1,600	23 825 1,826	11 280 1,587	26 771 1,932	33 981 2,050	40 635 2,138	59 931 2,348	70 444 2,442	81 402 2,505
70		318,0 0,670	504 0,744	1 198 0,925	2 106 1,028	4 519 1,257	6 743 1,420	13 023 1,664	24 779 1,895	11 705 1,647	27 779 2,005	35 382 2,127	42 168 2,218	62 193 2,437	73 100 2,535	84 997 2,625
75		331,0 0,695	524 0,772	1 241 0,958	2 179 1,063	4 677 1,300	6 990 1,470	13 524 1,713	25 651 1,962	12 123 1,705	28 754 2,075	36 519 2,201	43 648 2,295	64 375 2,522	75 666 2,623	87 977 2,718
80		342,0 0,717	541 0,796	1 281 0,990	2 250 1,097	4 830 1,343	7 219 1,520	13 968 1,775	26 517 2,026	12 520 1,760	29 699 2,143	37 718 2,273	45 080 2,371	66 489 2,606	78 149 2,710	90 865 2,807
85		352,0 0,737	557 0,821	1 321 1,020	2 321 1,131	4 980 1,385	7 441 1,565	14 392 1,830	27 332 2,089	12 905 1,815	30,613 2,209	38 876 2,343	46 466 2,444	68 533 2,686	80 553 2,793	93 662 2,893
90		362,0 0,761	574 0,845	1 360 1,050	2 390 1,164	5 123 1,425	7 657 1,611	14 805 1,883	28 125 2,150	13 279 1,866	31 499 2,273	40 004 2,411	47 810 2,515	70 521 2,763	82 891 2,874	96 376 2,978
95		372,0 0,782	589 0,868	1 397 1,078	2 452 1,196	5 264 1,463	7 862 1,65	15 220 1,945	28 895 2,208	13 642 1,929	32 363 2,336	41 100 2,477	49 124 2,584	72 450 2,840	85 157 2,953	99 650 3,059
100		382,0 0,802	605 0,890	1 433 1,106	2 517 1,228	5 401 1,501	8 071 1,698	15 616 1,994	29 646 2,265	13 998 1,980	33 202 2,397	42 162 2,541	50 400 2,651	74 332 2,913	87 371 3,029	101588 3,138

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	337	426
119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	359	404

проходящего в трубе, при $\Delta t = 1°$ в *ккал/час* или количество воды в *л/час*
трубе в *м/сек*

53 817 1,344	61 148 1,384	70 766 1,436	88 717 1,513	96 746 1,484	110 252 1,562	164 456 1,718	223 890 1,848	298 581 1,979	402 853 2,124	507 919 2,243	639 280 2,368	789 464 2,488	932 593 2,588	1 288002 2,791
55 471 1,385	63 032 1,427	72 888 1,479	91 445 1,559	99 719 1,530	113 640 1,610	169 530 1,771	230 796 1,905	307 633 2,039	415 181 2,189	523 544 2,312	658 987 2,441	813 897 2,565	961 061 2,667	1 327 689 2,877
57 078 1,426	64 856 1,468	75 033 1,522	74 097 1,605	102 631 1,574	116 958 1,657	174 412 1,822	237 459 1,960	316 686 2,099	427 130 2,252	538 716 2,379	677 885 2,511	837 378 2,639	989 168 2,745	1 365 993 2,960
58 645 1,465	66 636 1,508	77 058 1,565	96 676 1,649	105 438 1,617	120 134 1,702	179 198 1,872	244 001 2,014	325 286 2,156	438 890 2,314	553 435 2,444	696 513 2,580	860 541 2,712	1 016 195 2,820	1 408 373 3,041
60 167 1,503	68 365 1,547	80 900 1,642	99 188 1,692	108 143 1,659	123 240 1,746	183 889 1,921	250 301 2,066	333 735 2,212	450 270 2,374	567 928 2,508	714 601 2,647	882 753 2,782	1 042 501 2,893	1 440 292 3,121
63 103 1,577	71 700 1,623	82 919 1,683	104 031 1,775	113 470 1,740	129 310 1,832	192 791 2,014	262 538 2,167	350 029 2,320	472 271 2,490	595 554 2,630	749 696 2,777	925 907 2,918	1 093 310 3,034	1 510 437 3,273
65 911 1,647	74 893 1,695	86 609 1,758	109 693 1,853	118 486 1,817	135 027 1,918	201 406 2,104	274 289 2,264	365 569 2,423	493 324 2,601	622 049 2,747	782 902 2,900	967 157 3,048	1 141 958 3,169	1 577 352 3,418
68 602 1,714	77 948 1,764	90 146 1,830	112 580 1,929	123 320 1,891	140 533 1,991	209 639 2,190	285 436 2,356	380 506 2,522	513 429 2,707	647 411 2,859	814 758 3,018	1006503 3,172	1 188 804 3,299	1 641 960 3,558
71 196 1,779	80 892 1,831	93 550 1,899	117 371 2,002	127 963 1,963	145 827 2,066	217 488 2,272	296 218 2,445	394 879 2,617	532 775 2,809	671 857 2,967	845 534 3,132	1 044 580 3,292	1 233 488 3,423	1 708 799 3,692
73 694 1,841	83 732 1,895	96 854 1,966	121 490 2,042	132 484 2,032	150 979 2,139	225 146 2,352	306 637 2,531	408 719 2,709	551 552 2,908	695 417 3,071	875 230 3,242	1 081 071 3,407	1 276 700 3,543	1 768 792 3,822
75 107 1,901	86 476 1,957	100 005 2,030	125 469 2,140	136 820 2,099	155 920 2,209	232 517 2,429	316 693 2,614	422 147 2,798	569 570 3,003	718 288 3,172	904 117 3,349	1 116 609 3,519	1 318 531 3,659	1 821 477 3,947
78 452 1,960	89 142 2,018	103 084 2,093	129 334 2,206	141 031 2,163	160 719 2,277	239 697 2,504	326 385 2,694	435 122 2,884	587 209 3,096	740 480 3,270	931 923 3,452	1 151 196 3,628	1 359 251 3,772	1 877 778 4,069
80 728 2,016	91 723 2,076	106 075 2,153	133 084 2,270	145 120 2,226	165 379 2,343	246 684 2,577	336 835 2,772	447 796 2,968	604 090 3,185	761 992 3,365	958 920 3,552	1 184 513 3,733	1 398 529 3,881	1 932 234 4,187
82 939 2,072	94 244 2,133	108 981 2,212	136 741 2,332	149 021 2,287	169 825 2,407	253 385 2,647	345 043 2,848	460 017 3,049	620 780 3,273	782 826 3,457	985 107 3,649	1215 878 3,835	1 437 087 3,988	1 984 843 4,301
85 094 2,126	96 686 2,189	111 813 2,270	140 282 2,398	152 986 2,347	174 343 2,470	259 990 2,716	354 003 2,922	471 938 3,128	636 902 3,358	803 206 3,547	1 009 652 3,744	1 248 610 3,935	1 474 203 4,091	2 036 529 4,413
90 253 2,225	102 552 2,322	118 602 2,407	148 482 2,538	162 215 2,488	184 860 2,619	275 785 2,881	375 572 3,100	500 602 3,318	675 405 3,561	851 892 3,762	1 072 036 3,971	1 324 129 4,173	1 563 831 4,340	2 160 207 4,681
95 138 2,377	108 099 2,447	125 011 2,538	156 841 2,675	171 010 2,623	194 883 2,761	290 718 3,087	894 804 3,267	527 759 3,498	712 010 3,754	897 860 3,965	1 130 079 4,186	1 395 841 4,399	1 648 254 4,574	2 276 962 4,934
99 781 2,493	113 373 2,567	131 111 2,662	164 492 2,806	179 371 2,751	204 412 2,898	304 886 3,185	415 130 3,427	553 408 3,668	746 719 3,937	941 791 4,159	1 185 152 4,390	1 464 062 4,614	1 728 973 4,798	2 388 180 5,175
104 217 2,604	118 415 2,686	135 941 2,780	171 811 2,93	187 361 2,874	213 517 3,025	318 383 3,326	433 605 3,579	578 001 3,831	779 901 4,112	983 684 4,344	1 237 795 4,585	1 529 117 4,819	1 805 728 5,011	— —
108 472 2,710	12 252 2,790	13 759 2,893	178 829 3,050	194 980 2,990	222 199 3,148	331 401 3,462	451 293 3,725	601 688 3,988	811 775 4,280	1 023 764 4,521	1 288 549 4,773	1 591 620 5,016	— —	— —
112 567 2,812	127 902 2,895	147 906 3,002	185 580 3,165	202 350 3,092	230 598 3,267	343 942 3,593	468 376 3,868	624 319 4,138	842 501 4,442	1 062 486 4,692	1 337 143 4,953	— —	— —	— —
116 520 2,911	132 435 2,997	153 133 3,107	182 090 3,276	209 472 3,201	238 715 3,382	356 003 3,719	484 853 4,002	646 347 4,284	872 089 4,598	1 099 624 4,856	1 384 117 5,127	— —	— —	— —
120 342 3,007	136 735 3,095	158 126 3,209	198 888 3,384	216 356 3,306	246 560 3,493	367 681 3,841	500 724 4,133	667 469 4,424	900 539 4,748	1 135 629 5,016	— —	— —	— —	— —
124 045 3,099	140 943 3,189	162 992 3,308	204 493 3,488	222 979 3,408	254 103 3,600	378 977 3,959	516 110 4,260	687 988 4,560	928 420 4,895	1 170 728 5,170	— —	— —	— —	— —
129 256 3,193	145 630 3,282	167 721 3,404	210 418 3,588	229 478 3,508	261 514 8,705	389 985 4,074	531 133 4,384	707 904 4,692	955 353 5,037	1 204 695 5,320	— —	— —	— —	— —
132 455 3,275	149 144 3,368	172 419 3,492	215 167 3,687	235 735 3,604	268 643 3,806	400 707 4,186	545 671 4,504	727 366 4,821	981 527 5,175	— —	— —	— —	— —	— —
135 754 3,347	152 234 3,461	176 748 3,584	220 832 3,780	241 866 3,698	275 631 3,905	411 045 4,294	559 846 4,621	746 226 4,946	— —	— —	— —	— —	— —	— —

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы				
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70						
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100
Потеря от трения на 1 пог. м в кг/м²			Верхняя строка—количество тепла, Нижняя строка—скорость воды в												
110		400,0	634	1 503	2 640	5 665	8 465	16 378	31 093	14 682	34 824	44 227	52 860	77 969	91 634
		0,842	0,934	1,161	1,288	1,576	1,781	2,088	2,376	2 075	2,513	2,665	2,781	3,055	3,178
120		418,0	662	1 570	1 757	5 916	8,841	17 107	32 487	15 334	36 374	46 193	55 211	81 431	95 713
		0,878	0,975	1,212	1,346	1,646	1,860	2,181	2,472	2,168	2,625	2,784	2,905	3,191	3,319
130		435,0	689	1 634	2 970	6 158	9 203	17 794	33 801	15 959	37 869	48 080	57 468	84 756	—
		0,915	1,016	1,262	1,400	1,713	1,936	2,272	2,583	2,257	2,732	2,898	3,023	3,322	—
140		452,0	716	1 695	2 979	6 390	9 549	18 477	35 078	16 561	39,287	49 896	59 635	—	—
		0,950	1,054	1,309	1,453	1,778	2,009	2,359	2,680	2,342	2,835	3,067	3,136	—	—
150		476,0	741	1 755	3 083	6 615	9 885	19 126	36 310	17 143	40 666	54 646	61 728	—	—
		0,985	1,091	1,356	1,504	1,840	2,080	2,440	2,774	2,425	2,935	3,112	3,246	—	—
160		483,0	765	1 813	3 168	2 831	10 211	19 753	37 500	17 706	42 001	54 342	63 755	—	—
		1,018	1,126	1,400	1,546	1,900	2,148	2,520	2,865	2,504	3,031	3,216	3,354	—	—
170		498,0	789	1 868	3 282	7 042	10 523	20 361	38 654	18 252	43 294	—	—	—	—
		1,048	1,161	1,443	1,601	1,959	2,214	2,592	2,949	2,581	3,125	—	—	—	—
180		513,0	812	1 922	3 377	7 246	10 867	20 951	39 775	18 779	44 446	—	—	—	—
		1,069	1,184	1,484	1,648	2,006	2,287	2,671	3,040	2,655	3,208	—	—	—	—
190		526,0	833	1 975	3 470	7 444	11 125	21 525	40 865	19 294	45 768	—	—	—	—
		1,100	1 227	1,525	1,602	2,070	2,341	2,744	3,123	2,728	3,303	—	—	—	—
200		540,0	856	2 026	3 560	7 637	11 414	22 085	41 926	19 875	46 954	—	—	—	—
		1,132	1,259	1,565	1,737	2 125	2,402	2,813	3,204	2,794	3,389	—	—	—	—
210		554,0	877	2 076	3 638	7 827	11 697	22 631	—	20 295	—	—	—	—	—
		1,162	1,291	1,604	1,780	2,176	2 460	2,882	—	2,868	—	—	—	—	—
220		566,0	897	2 125	3 734	8 010	11,971	23 162	—	20 762	—	—	—	—	—
		1,190	1,320	1,642	1,821	2,228	2,519	2,952	—	2,935	—	—	—	—	—
230		579,0	917	2 174	3 817	8 190	12 245	23 682	—	21 239	—	—	—	—	—
		1,220	1,350	1,678	1,862	2,278	2,575	3,018	—	3,001	—	—	—	—	—
240		591,0	937	2 220	3 900	8 368	12 493	24 193	—	21 686	—	—	—	—	—
		1,248	1,379	1,714	1,902	2,327	2,631	3,083	—	3,066	—	—	—	—	—
250		603,0	956	2 266	3 982	8 540	12 762	24 691	—	22 133	—	—	—	—	—
		1,278	1,418	1,750	1,942	2,375	2,685	3,146	—	3,129	—	—	—	—	—
260		616,0	975	2 310	4 024	8 709	13 014	24 946	—	22 593	—	—	—	—	—
		1,295	1,436	1,784	1,980	2,423	2,738	3,208	—	3,192	—	—	—	—	—
270		628,0	994	2 355	4 136	8 874	13 262	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,320	1,463	1,818	2,018	2,468	2,790	—	—	—	—	—	—	—	—
280		633,0	1 002	2 398	4 212	9 037	13 505	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,342	1,472	1,852	2,055	2,513	2,842	—	—	—	—	—	—	—	—
290		650,0	1 030	2 440	4 287	9 198	13 744	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,365	1,489	1,885	2,091	2,559	2,892	—	—	—	—	—	—	—	—
300		661,0	1 047	2 481	4 360	9 355	13 980	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,385	1,516	1,917	2,127	2,602	2,942	—	—	—	—	—	—	—	—
320		682,0	1 081	2 563	4 498	9 661	14 414	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,435	1,592	1,980	2,197	2,687	3,032	—	—	—	—	—	—	—	—
340		704,0	1 115	2 642	4 642	9 559	14 882	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,480	1,642	2,040	2,264	2,770	3,131	—	—	—	—	—	—	—	—
360		722,0	1,144	2 718	4 775	10 288	15 314	—	—	—	—	—	—	—	—
		1,530	1,689	2,099	2,330	2,850	3,278	—	—	—	—	—	—	—	—

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	359	404

проходящего в трубе, при $\Delta t=1°$ в *ккал/час* или количество воды в *л/час* трубе в *м/сек*

106 542	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—

Таблица III

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ z в $кг/м^2$ В МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

($\gamma_{ср} = 983{,}2$ $кг/м^3$*)

Скорость воды в $м/сек$	Сумма коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,010	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
15	0,011	0,023	0,034	0,045	0,056	0,068	0,079	0,090	0,102	0,113
20	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
0,025	0,031	0,063	0,094	0,125	0,157	0,188	0,219	0,251	0,282	0,313
30	0,045	0,09	0,135	0,180	0,226	0,271	0,316	0,361	0,406	0,451
35	0,061	0,123	0,184	0,246	0,307	0,368	0,430	0,491	0,553	0,614
0,040	0,08	0,16	0,241	0,321	0,401	0,481	0,561	0,642	0,722	0,802
45	0,102	0,203	0,304	0,406	0,507	0,609	0,710	0,812	0,913	1,015
50	0,125	0,251	0,376	0,501	0,626	0,752	0,877	1,002	1,128	1,253
0,055	0,15	0,30	0,45	0,61	0,76	0,91	1,06	1,21	1,36	1,52
60	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,62	1,80
65	0,21	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27	1,48	1,69	1,91	2,12
0,070	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21	2,46
75	0,28	0,56	0,85	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,54	2,82
80	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,25	2,57	2,89	3,21
0,085	0,36	0,72	1,09	1,45	1,81	2,17	2,53	2,90	3,26	3,62
90	0,41	0,81	1,22	1,62	2,03	2,44	2,84	3,25	3,65	4,06
95	0,45	0,90	1,36	1,81	2,26	2,71	3,17	3,62	4,07	4,52
0,100	0,50	1,0	1,50	2,0	2,51	3,01	3,51	4,01	4,51	5,01
105	0,55	1,11	1,66	2,21	2,76	3,32	3,87	4,42	4,97	5,53
110	0,61	1,21	1,82	2,43	3,03	3,64	4,24	4,85	5,46	6,06
0,115	0,66	1,33	1,99	2,65	3,31	3,98	4,64	5,30	5,96	6,63
120	0,72	1,44	2,16	2,89	3,51	4,33	5,05	5,77	6,49	7,22
125	0,78	1,57	2,35	3,13	3,92	4,70	5,48	6,26	7,05	7,83
0,130	0,85	1,69	2,54	3,39	4,23	5,08	5,93	6,78	7,62	8,47
135	0,91	1,83	2,74	3,65	4,57	5,48	6,39	7,31	8,22	9,13
140	0,98	1,96	2,95	3,93	4,91	5,89	6,88	7,86	8,84	9,82
0,145	1,05	2,11	3,16	4,21	5,27	6,32	7,38	8,43	9,48	10,54
150	1,13	2,26	3,38	4,51	5,64	6,77	7,89	9,02	10,15	11,28
155	1,20	2,41	3,61	4,82	6,02	7,22	8,43	9,63	10,84	12,04
0,160	1,28	2,57	3,85	5,13	6,41	7,70	8,98	10,26	11,55	12,83
165	1,36	2,73	4,09	5,46	6,82	8,19	9,55	10,92	12,28	13,64
170	1,45	2,90	4,34	5,79	7,24	8,69	10,14	11,59	13,03	14,48
0,175	1,53	3,07	4,60	6,14	7,67	9,21	10,7	12,3	13,8	15,3
180	1,62	3,25	4,87	6,49	8,12	9,74	11,4	13,0	14,6	16,2
185	1,72	3,43	5,15	6,86	8,58	10,3	12,0	13,7	15,4	17,2
0,190	1,81	3,62	5,43	7,24	9,05	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1
195	1,91	3,81	5,72	7,62	9,53	11,4	13,3	15,2	17,2	19,1
200	2,00	4,01	6,01	8,02	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
0,205	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	19,0	21,1
210	2,2	4,4	6,6	8,8	11,1	13,3	15,5	17,7	19,9	22,1
215	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,2

* Объемный вес воды принят для систем отопления с температурой теплоносителя 95°. При температуре теплоносителя от 95 до 150° фактические потери давления будут менее приведенных на 0,5 — 1,5% (в зависимости от температуры воды).

Скорость воды в *м/сек*	Сумма коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,220	2,4	4,9	7,3	9,7	12,1	14,6	17,0	19,4	21,8	24,3
225	2,5	5,1	7,6	10,1	12,7	15,2	17,8	20,3	22,8	25,4
230	2,7	5,3	8,0	10,6	13,3	15,9	18,6	21,2	23,9	26,5
0,235	2,8	5,5	8,3	11,1	13,8	16,6	19,4	22,1	24,9	27,7
240	2,9	5,8	8,7	11,5	14,4	17,3	20,2	23,1	26,0	28,9
245	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,1	24,1	27,1	30,1
0,250	3,1	6,3	9,4	12,5	15,7	18,8	21,9	25,1	28,2	31,3
255	3,3	6,5	9,8	13,0	16,3	19,6	22,8	26,1	29,3	32,6
260	3,4	6,8	10,2	13,6	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5	33,9
0,265	3,5	7,0	10,6	14,1	17,6	21,1	24,6	28,2	31,7	35,2
270	3,7	7,3	11,0	14,6	18,3	21,9	25,6	29,2	32,9	36,5
275	3,8	7,6	11,4	15,2	18,9	22,7	26,5	30,3	34,1	37,9
0,280	3,9	7,9	11,8	15,7	19,6	23,6	27,5	31,4	35,4	39,3
285	4,1	8,1	12,2	16,3	20,4	24,4	28,5	32,6	36,6	40,7
290	4,2	8,4	12,6	16,9	21,1	25,3	29,5	33,7	37,9	42,1
0,295	4,4	8,7	13,1	17,4	21,8	26,2	30,5	34,9	39,3	43,6
300	4,5	9,0	13,5	18,0	22,6	27,1	31,6	36,1	40,6	45,1
305	4,7	9,3	14,0	18,6	23,3	28,0	32,6	37,3	42,0	46,6
0,310	4,8	9,6	14,4	19,3	24,1	28,9	33,7	38,5	43,3	48,2
315	5,0	9,9	14,9	19,9	24,9	29,8	34,8	39,8	44,8	49,7
320	5,1	10,3	15,4	20,5	25,7	30,8	35,9	41,1	46,2	51,3
0,325	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	37,1	42,3	47,6	52,9
330	5,5	10,9	16,4	21,8	27,3	32,7	38,2	43,7	49,1	54,6
335	5,6	11,2	16,9	22,5	28,1	33,7	39,4	45,0	50,6	56,2
0,340	5,8	11,6	17,4	23,2	29,0	34,8	40,6	46,3	52,1	57,9
345	6,0	11,9	17,9	23,9	29,8	35,8	41,8	47,7	53,7	59,6
350	6,1	12,3	18,4	24,6	30,7	36,8	43,0	49,1	55,3	61,4
0,355	6,3	12,6	18,9	25,3	31,6	37,9	44,2	50,5	56,8	63,2
360	6,5	13,0	19,5	26,0	32,5	39,0	45,5	52,0	58,5	65,0
365	6,7	13,4	20,0	26,7	33,4	40,1	46,7	53,4	60,1	66,8
0,370	6,9	13,7	20,6	27,4	34,3	41,2	48,0	54,9	61,7	68,6
375	7,0	14,1	21,1	28,2	35,2	42,3	49,3	56,4	63,4	70,5
380	7,2	14,5	21,7	28,9	36,2	43,4	50,7	57,9	65,1	72,4
0,385	7,4	14,9	22,3	29,7	37,1	44,6	52,0	59,4	66,9	74,3
390	7,6	15,2	22,9	30,5	38,1	45,7	53,4	61,0	68,6	76,2
395	7,8	15,6	23,5	31,3	39,1	46,9	54,7	62,6	70,4	78,2
0,400	8,0	16,0	24,1	32,1	40,1	48,1	56,1	64,1	72,2	80,2
405	8,2	16,4	24,7	32,9	41,1	49,3	57,5	65,8	74,0	82,2
410	8,4	16,8	25,3	33,7	42,1	50,5	59,0	67,4	75,8	84,2
0,415	8,6	17,3	25,9	34,5	43,2	51,8	60,4	69,0	77,7	86,3
420	8,8	17,7	26,5	35,4	44,2	53,0	61,9	70,7	79,6	88,4
425	9,1	18,1	27,2	36,2	45,3	54,3	63,4	72,4	81,5	90,5
0,430	9,3	18,5	27,8	37,1	46,3	55,6	64,9	74,1	83,4	92,7
435	9,5	19,0	28,4	37,9	47,4	56,9	66,4	75,9	85,3	94,8
440	9,7	18,4	29,1	38,8	48,5	58,2	67,9	77,6	87,3	97,0
0,445	9,9	19,8	29,8	39,7	49,6	59,5	69,5	79,4	89,3	99,2
450	10,1	20,3	30,4	40,6	50,7	60,9	71,0	81,2	91,3	101,5
455	10,4	20,8	31,1	41,5	51,9	62,3	72,6	83,0	93,4	103,8

Продолжение табл. III

Скорость воды в *м/сек*	Сумма коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,46	10,6	21,2	31,2	42,4	53,0	63,6	74,2	84,8	95,4	106,0
465	10,8	21,7	32,5	43,3	54,2	65,0	75,9	86,7	97,5	108,4
470	11,1	22,1	33,2	44,3	55,4	66,4	77,5	88,6	99,6	110,7
0,475	11,3	22,6	33,9	45,2	56,5	67,8	79,1	90,5	101,8	113,1
480	11,5	23,1	34,6	46,2	57,7	69,3	80,8	92,4	103,9	115,5
485	11,8	23,6	35,4	47,2	58,9	70,7	82,5	94,3	106,1	117,9
0,49	12,0	24,1	36,1	48,1	60,2	72,2	84,2	96,2	108,3	120,3
495	12,3	24,6	36,8	49,1	61,4	73,7	86,0	98,2	110,5	122,8
500	12,5	25,1	37,6	50,1	62,6	75,2	87,7	100,2	112,8	125,3
0,51	13,0	26,1	39,1	52,1	65,2	78,2	91,2	104,3	117,3	130,4
52	13,6	27,1	40,7	54,2	67,8	81,3	94,9	108,4	122,0	135,5
53	14,1	28,2	42,2	56,3	70,4	84,5	98,5	112,6	126,7	140,8
0,54	14,6	29,2	43,8	58,5	73,1	87,7	102,3	116,9	131,5	146,1
55	15,2	30,3	45,5	60,6	75,8	91,0	106,1	121,3	136,4	151,6
56	15,7	31,4	47,1	62,9	78,6	94,3	110,0	125,7	141,4	157,2
0,57	16,3	32,6	48,8	65,1	81,4	97,7	114,0	130,3	146,5	162,8
58	16,9	33,7	50,6	67,4	84,3	101,2	118,0	134,9	151,7	168,6
59	17,4	34,9	52,3	69,8	87,2	104,7	122,1	139,6	157,0	174,45
0,60	18,0	36,1	54,1	72,2	90,2	108,2	126,3	144,3	162,3	180,4
61	18,7	37,3	56,0	74,6	93,3	111,9	130,6	149,2	167,9	186,5
62	19,3	38,5	57,8	77,1	96,3	115,6	134,8	154,1	173,4	192,6
0,63	19,9	39,8	59,7	79,6	99,5	119,3	139,2	159,1	179,6	198,9
64	20,5	41,1	61,6	82,1	102,6	123,2	143,7	164,2	184,7	205,3
65	21,2	42,3	63,5	84,7	105,9	127,0	148,2	169,4	190,6	211,7
0,66	21,8	43,7	65,5	87,3	109,2	131,0	152,8	174,6	196,5	218,3
67	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0
68	23,2	46,3	69,5	92,7	115,9	139,0	162,2	185,4	208,6	231,7
0,69	23,9	47,7	71,6	95,4	119,3	143,2	167,0	190,9	214,7	238,6
70	24,6	49,1	73,7	98,2	122,8	147,3	171,9	196,4	221,0	245,6
71	25,3	50,5	75,8	101,1	126,3	151,6	176,8	202,1	227,4	252,6
0,72	26,0	52,0	77,9	103,9	129,9	155,9	181,9	207,8	233,8	259,8
73	26,7	53,3	80,1	106,8	133,5	160,2	186,9	213,6	240,4	267,1
74	27,4	54,9	82,3	109,8	137,2	164,7	192,1	219,5	247,0	274,4
0,75	28,2	56,4	84,6	112,8	141,0	169,1	197,3	225,5	253,7	281,9
76	28,9	57,9	86,8	115,8	144,7	173,7	202,6	231,6	260,5	289,5
77	29,7	59,4	89,1	118,9	148,6	178,3	208,0	237,7	267,4	297,1
0,78	30,5	61,0	91,5	122,0	152,5	172,9	213,4	243,9	274,4	304,9
79	31,3	62,6	93,8	125,1	156,4	187,7	218,9	250,2	281,5	312,8
80	32,1	64,1	96,2	128,3	160,4	192,4	224,5	256,6	288,7	320,7
0,85	36,2	72,4	108,6	144,8	181,0	217,2	253,5	289,7	325,9	362,1
90	40,6	81,2	121,8	162,4	203,0	243,6	284,1	324,7	365,3	405,9
95	45,2	90,5	135,7	180,9	226,1	271,4	316,6	361,8	407,1	452,3
1,00	50	110	150	200	251	301	351	401	451	501
05	55	111	166	221	276	332	387	442	497	553
10	61	121	182	243	303	364	424	485	546	606

Продолжение табл. III

Скорость воды в *м/сек*	Сумма коэффициентов местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,15	66	133	199	265	331	398	464	530	596	663
20	72	144	216	289	361	433	505	577	649	722
25	78	157	235	313	392	470	548	626	705	783
1,30	85	169	254	339	423	508	593	678	762	847
35	91	183	274	365	457	548	639	731	822	913
40	98	196	295	393	491	589	688	786	884	982
1,45	105	211	316	421	527	632	738	843	948	1 054
50	113	226	338	451	564	677	789	902	1 015	1 128
55	120	241	361	482	602	722	843	963	1 084	1 204
1,60	128	257	385	513	641	770	898	1 026	1 155	1 283
65	136	273	409	546	682	819	955	1 091	1 228	1 364
70	145	290	434	579	724	869	1 014	1 159	1 303	1 448
1,75	153	307	460	614	767	921	1 074	1 228	1 381	1 535
80	162	325	487	649	812	974	1 137	1 299	1 461	1 624
85	172	343	515	686	858	1 029	1 201	1 372	1 544	1 715
1,90	181	362	543	724	905	1 085	1 266	1 447	1 628	1 809
95	191	381	572	762	953	1 143	1 334	1 525	1 715	1 906
2,00	200	401	601	802	1 002	1 203	1 403	1 604	1 804	2 005
2,05	211	421	632	842	1 053	1 264	1 474	1 685	1 895	2 106
10	221	442	663	884	1 105	1 326	1 547	1 768	1 989	2 210
15	232	463	695	927	1 158	1 390	1 622	1 853	2 085	2 317
2,20	243	485	728	970	1 213	1 455	1 698	1 940	2 183	2 426
25	254	507	761	1 015	1 269	1 522	1 776	2 030	2 283	2 537
30	265	530	795	1 060	1 326	1 591	1 856	2 121	2 386	2 651
2,35	277	554	830	1 107	1 384	1 661	1 937	2 214	2 491	2 768
40	289	577	866	1 155	1 443	1 732	2 021	2 309	2 593	2 887
2,45	301	602	902	1 203	1 504	1 805	2 106	2 407	2 707	3 008
2,50	313	626	940	1 253	1 566	1 879	2 193	2 506	2 819	3 132
55	326	652	978	1 303	1 629	1 955	2 281	2 607	2 933	3 259
60	339	678	1 016	1 355	1 694	2 033	2 371	2 710	3 049	3 388
2,65	352	704	1 056	1 408	1 760	2 112	2 464	2 815	3 167	3 519
70	365	731	1 096	1 461	1 827	2 192	2 557	2 923	3 288	3 653
75	379	758	1 137	1 516	1 895	2 274	2 653	3 032	3 411	3 790
2,80	393	786	1 179	1 572	1 964	2 357	2 750	3 143	3 536	3 929
85	407	814	1 221	1 628	2 035	2 442	2 849	3 256	3 664	4 071
90	421	843	1 264	1 686	2 107	2 529	2 950	3 372	3 793	4 215
2,95	436	872	1 308	1 744	2 181	2 617	3 053	3 489	3 925	4 361
3,00	451	902	1 353	1 804	2 255	2 706	3 157	3 608	4 059	4 510
3,10	482	963	1 445	1 926	2 408	2 890	3 371	3 853	4 334	4 816
3,20	513	1 026	1 540	2 053	2 566	3 079	3 592	4 105	4 619	5 132
30	546	1 092	1 637	2 183	2 729	3 274	3 820	4 366	4 912	5 457
40	579	1 159	1 738	2 317	2 897	3 476	4 055	4 635	5 214	5 793
3,50	614	1 228	1 842	2 456	3 070	3 683	4 297	4 911	5 525	6 139

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы стальные бесшовные,					
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70						
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82,5	94,5	100
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²			Верхняя строка—количество тепла, про Нижняя строка—скорость движения												
0,50	425 2,62	674 2,90	1 284 2,90	2 034 2,90	4 490 3,65	6 830 4,20	17 739 6,30	25 522 5,70	11 615 4,80	28 916 6,10	36 612 6,45	44 233 6,80	65 045 7,45	76 974 7,80
0,55	433 2,66	686 2,95	1,351 3,05	2 174 3,10	4 736 3,85	7 155 4,40	18 575 5,55	27 089 6,05	12 340 5,10	30 338 6,40	38 599 6,80	46 184 7,10	68 538 7,85	80 428 8,15
0,60	440 2,70	697 3,00	1 396 3,15	2 244 3,20	4 982 4,05	7 562 4,65	19 579 5,85	28 209 6,30	12 945 5,35	31 997 6,75	40 586 7,15	48 136 7,40	71 593 8,20	84 376 8,55
0,65	448 2,75	709 3,05	1 440 3,25	2 350 3,35	5 228 4,25	7 806 4,80	20 416 6,10	29 328 6,55	13 550 5,60	33 182 7,00	42 288 4,45	50 087 7,70	74 649 8,55	88 323 8, 95
0,70	455 2,79	721 3,10	1 484 3,35	2 455 3,50	5 413 4,40	8 050 4,95	21 420 6,40	30 672 6,85	14 034 5,80	34 604 7,30	43 708 7,70	52 364 8,05	77 705 8,90	92 270 9,35
0,75	462 2,84	732 3,15	1 506 3,40	2 560 3,65	5 659 4,60	8 375 5,15	22 257 6,65	32 015 7,15	14 639 6,05	35 789 7,55	45 410 8,00	54 315 8,35	80 761 9,25	95 231 9,65
0,80	470 2,88	744 3,20	1 528 3,45	2 665 3,80	5 843 4,75	8 619 5,30	22 926 6,85	33 134 7,40	15 123 6,25	37 211 7,85	46 829 8,25	56 267 8,65	83 380 9,55	98 192 9,95
0,85	477 2,93	755 3,25	1 551 3,50	2 735 3,90	6 028 4,90	8 944 5,50	23 428 7,00	34 030 7,60	15 728 6,50	38 396 8,10	48 249 8,50	58 218 8,95	86 436 9,90	101 152 10,25
0,90	484 2,97	767 3,30	1 595 3,60	2 841 4,05	6 212 5,05	9 188 5,65	24 432 7,30	34 925 7,80	16 212 6,60	39 344 8,30	49 668 8,75	60 169 9,25	89 055 10,20	104 606 10,60
0,95	492 3,02	779 3,35	1 639 3,70	2 911 4,15	6 397 5,20	9 513 6,85	25 102 7,50	36 045 8,05	16 817 6,95	40 530 8,55	51 371 9,05	61 796 9,50	91 238 10,45	107 567 10,90
1,00	499 3,07	790 3,40	1 706 3,85	3 016 4,30	6 581 5,35	9 757 6,00	25 771 7,70	36 940 8,25	17 301 7,15	41 478 8,75	52 790 9,30	63 422 9,75	93 857 10,75	110 527 11,20
1,1	521 3,20	825 3,55	1 794 4,05	3 191 4,55	6 889 5,60	10 326 6,35	27 277 8,15	38 955 8,70	18 148 7,50	43 374 9,15	55 912 9,85	66 349 10,20	98 659 11,30	115 955 11,75
1,2	535 3,29	848 3,65	1 883 4,25	3 332 4,75	7 192 5,85	10 896 6,70	28 449 8,50	40 298 9,00	18 995 7,85	45 507 9,60	58 182 10,25	69 601 10,70	103 461 11,85	121 383 12,30
1,3	550 3,37	872 3,75	1 971 4,45	3 472 4,95	7 504 6,10	11 383 7,00	29 620 8,85	42 089 9,40	19 842 8,20	47 403 10,00	60 453 10,65	72 529 11,15	107 827 12,35	126 810 12,85
1,4	565 3,47	895 3,85	2 038 4,60	3 612 5,15	7,750 6,30	11 790 7,25	30 959 9,25	43 657 9,75	20 688 8,55	49 536 10,45	63 007 11,10	75 781 11,65	111 756 12,80	131 744 13,35
1,5	587 3,60	930 4,00	2 127 4,80	3 752 5,35	8 057 6,55	12 197 7,50	32 130 9,60	45 448 10,15	21 414 8,85	51 669 10,90	65 277 11,50	78 383 12,05	116 121 13,30	136 185 13,80
1,6	594 3,65	941 4,05	2 193 4,95	3 893 5,55	8 303 6,75	12 603 7,75	33 134 9,90	47 015 10,50	22 261 9,20	53 091 11,20	67 548 11,90	80 865 12,45	120 950 13,75	141 120 14,30
1,7	609 3,74	965 4,15	2 282 5,15	3 998 5,70	8 611 7 00	13 010 8,00	34 138 10,20	48 582 10,85	22 987 9,50	54 750 11,55	69 818 12,30	83 587 12,85	123 106 14,10	145 560 14,75
1,8	624 3,83	988 4,25	2 348 5,30	4 138 5,90	8 857 7,20	13 416 8,25	35 142 10,50	50 149 11,20	23 713 9,80	56 410 11,90	71 805 12,65	86 189 13,25	127 471 14,60	149 508 15,15
1,9	632 3,92	1 011 4,35	2 415 5,45	4 278 6,10	9 177 7,451	13 823 8,50	35 979 10,75	51 716 11,55	24 439 10,10	58 069 12,25	73 792 13,00	88 791 13,65	130 964 15,00	153 455 15,55
2,0	660 4,06	1 046 4,50	2 481 5,60	4 454 6,35	9 472 7,70	14 229 8,75	36 983 11,05	53 283 11,90	25 044 10,35	59 728 12,60	75 779 13,35	91 392 14,05	134 456 15,40	157 896 16,00

Таблица IV

НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ $K = 0{,}2$ *мм*

ГОСТ 8732-58

114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

ходящего по трубе, в *ккал/час*
пара по трубе в *м/сек*

89 716 8,10	118 470 8,65	136 044 9,00	156 761 9,30	197 591 9,85	214 390 9,95	243 919 10,10	365 190 11,15	501 573 12,10	676 244 13,10	915 012 14,10
94 146 8,50	125 318 9,15	142 090 9,40	165 189 9,80	208 624 10,40	223 576 10,40	254 787 10,55	386 480 11 80	526 444 12,70	707 217 13,70	960 439 14,80
99 130 8,95	131 482 9,60	148 893 9,85	172 774 10,25	217 651 10,85	233 112 10,75	265 654 11,00	406 131 12,40	553 388 13,35	788 190 14,30	1 002 620 15,45
103 007 9,30	136 275 9,95	154 939 10,25	179 516 10,65	227 681 11,35	242 649 11,20	276 522 11,45	420 870 12,85	578 260 13,95	769 163 14,90	1 048 046 16,15
106 883 9,65	142 438 10,40	160 985 10,65	187 102 11,10	236 706 11,80	253 245 11,75	288 597 11,95	437 246 11,35	605 204 14,60	800 136 15,50	1 090 228 16,80
111 314 10,05	147 232 10,75	167 032 11,05	194 687 11,55	244 732 12,20	262 782 12,30	299 465 12,40	451 985 13,80	623 857 15,05	831 109 16,10	1 132 409 17,45
115 190 10,40	152 710 11,15	173 078 11,45	200 586 11,90	252 756 12,60	272 317 12, 70	310 333 12,85	466 723 14,25	644 583 15,55	859 501 16,65	1 164 856 17,95
119 067 10,75	157 504 11,50	176 101 11,65	207 329 12,30	260 780 13,00	282 913 13,15	322 408 13,35	481 462 14,70	663 237 16,00	885 312 17,15	1 200 548 18,50
122 390 11,05	162 298 11,85	185 171 12,25	213 228 12,65	267 801 13,35	292 450 13,60	333 276 13,80	497 338 15,20	683 963 16,50	913 704 17,70	1 236 240 19,05
125 713 11,35	167 091 12,20	189 706 12,55	219 971 13,05	273 819 13,65	301 985 13,84	344 143 14,25	512 576 15,65	704 689 17,00	939 515 18,20	1 268 687 19,55
129 035 11,65	171 200 12,50	194 996 12,90	225 870 13,40	280 840 14,00	309 403 14,20	352 596 14,60	527 315 16,10	723 343 17,45	965 326 18,70	1 304 379 20,10
135 681 12,25	179 418 13,10	205 578 13,60	236 827 14,05	292 876 14,60	324 237 14,90	369 501 15,30	553,517 16,90	762 722 18,40	1 019 529 19,75	1 372 518 21,15
141 773 12,80	187 635 13,70	212 380 14,05	246 098 14,60	305 915 15,25	339 071 15,60	386 406 16,00	578 082 17,65	797 957 19,25	1 060 826 20,55	1 440 658 22,20
147 865 13,35	196 538 14,35	222 961 14,75	255 368 15,15	318 954 15,90	353 906 16,20	403 312 16,70	604 284 18,45	831 119 20,05	1 104 704 21,40	1 482 839 22,85
153 403 13,85	203 386 14,85	232 031 15,35	264 639 15,70	331 993 16,55	368 746 16,83	420 217 17,40	628 848 19,20	866 353 20,90	1 146 002 22,20	1 560 753 24,05
158 941 14,35	210 918 15,40	238 833 15,80	273 067 16,20	344 029 17,15	383 575 17,60	437 122 18,10	655 050 20,00	899 515 21,70	1 187 299 23,00	1 615 873 24,90
163 925 14,80	218 451 15,95	246 391 16,30	282 338 16,75	357 068 17,80	397 350 18,15	452 820 18,75	677 977 20,70	926 459 22,35	1 228 596 23,80	1 667 789 25,70
168 909 15,25	224 614 16,40	263 193 16,75	291 609 17,30	370 107 18,45	410 065 18,90	467 310 19,35	699 266 21,35	953 403 23,00	1 269 894 24,60	1 722 949 26,55
174 447 15,75	230 093 16,80	259 995 17,20	300 037 17,80	383 146 19,10	421 520 19,50	480 593 19,90	718 917 21,95	978 274 23,60	1 313 772 25,45	1 774 865 27,35
178 877 16,15	235 571 17,20	266 797 17,65	309 308 18,35	396 185 19,75	432 316 19,98	492 668 20,40	740 207 22,60	1 005 218 24,25	1 355 070 26,25	1 830 025 28,20
183 862 16,60	241 734 17,65	274 355 18,15	318 578 18,90	405 212 20,20	443 972 20,45	505 951 20,95	759 858 23,20	1 032 162 24,90	1 388 624 26,90	1 885 185 29,05

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы					
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70						
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82,5	94,5	100
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²			Верхняя строка — количество тепла, про Нижняя строка — скорость движения												
2,2		689 4,23	1 092 4,70	2 614 5,90	4 629 6,60	10 026 8,15	15 042 9,25	38 824 11,60	55 746 12,45	26 375 10,90	63 046 13,30	79 752 14,05	95 621 14,70	141 004 16,15	165 297 16,75
2,4		719 4,42	1 139 4,90	2 747 6,20	4 839 6,90	10 456 8,50	15 693 9,65	40 665 12,15	58 433 13,05	27 464 11,35	65 653 13,85	83 725 14,75	100 174 15,40	147 116 16,85	173 192 17,55
2,6		748 4,58	1 185 5,10	2 858 6,45	5 015 7,15	10 825 8,80	16 343 10,05	42 506 12,70	60 895 13,60	28 552 11,80	68 497 14,45	87 131 15,35	104 727 16,10	153 227 17,55	181 087 18,35
2,8		767 4,77	1 232 5,30	2 968 6,70	5 225 7,45	11 256 9,15	16 994 10,45	44 179 13,20	63 358 14,15	29 520 12,20	71 105 15,00	90 537 15,95	108 630 16,70	159 339 18,25	187 502 19,00
3,0		797 4,95	1 278 5,50	3 079 6,95	5 401 7,70	11 686 9,50	17 644 10,85	45 852 13,70	65 821 14,70	30 609 12,65	73 949 15,60	93 943 16,55	112 533 17,30	165 451 18,95	193 423 19,60
3,2		836 5,14	1 325 5,70	3 190 7,20	5 576 7,95	12 117 9,85	18 295 11,25	47 359 14,15	68 060 15,20	31 698 13,10	76 556 16,15	97 349 17,15	116 111 17,85	171 126 19,60	198 850 20,15
3,4		865 5,32	1 371 5,90	3 301 7,45	5 751 8,20	12 486 10,15	18 945 11,65	48 865 14,60	70 074 15,65	32 666 13,50	78 689 16,60	100 187 17,65	120 014 18,45	175 928 20,15	204 771 20,75
3,6		895 5,49	1 418 6,10	3 390 7,65	5 892 8,40	12 916 10,50	19 433 11,95	50 371 15,05	72 089 16,10	33 755 13,95	80 822 17,05	103 025 18,15	123 266 18,95	180 233 20,65	210 199 21,30
3,8		924 5,67	1 464 6,30	3 500 7,90	6 067 8,65	13 348 10,85	20 002 12,30	51 877 15,50	74 104 16,55	34 723 14,35	82 955 17,50	105 863 18,65	126 844 19,50	184 659 21,15	215 627 21,85
4,0		946 5,82	1 499 6,45	3 589 8,10	6 242 8,90	13 778 11,20	20 490 12,60	53 383 15,95	76 343 17,05	35 691 14,75	85 088 17,95	108 701 19,15	130 096 20,00	189 024 21,65	221 548 22,45
4,5		1013 6,22	1 604 6,90	3 832 8,65	6 663 9,50	14 577 11,85	21 872 13,45	56 730 16,95	81 045 18,10	37 868 15,65	90 303 19,05	115 513 20,35	138 227 21,25	199 936 22,90	235 364 23,85
5,0		1078 6,62	1 708 7,35	3 987 9,00	7 084 10,10	15 377 12,50	23 011 14,16	59 742 17,85	85 522 19,10	40 046 16,55	95 754 20,20	121 757 21,45	145 708 22,40	210 851 24,15	249 673 25,30
5,5		1130 6,94	1 790 7,70	4 187 9,45	7 505 10,70	16 176 13,15	24 068 14,80	62 754 18,75	90 000 20,10	42 224 17,45	100 968 21,30	128 001 22,55	152 538 23,45	221 765 25,40	263 489 26,70
6,0		1189 7,30	1 883 8,10	4 364 9,85	7 925 11,30	17 037 13,85	25 125 15,45	65 934 19,70	94 030 21,00	44 401 18,35	105 472 22,25	193 677 23,55	158 392 24,35	232 678 26,65	277 798 28,15
6,5		1240 7,52	1 964 8,45	4 541 10,25	8 206 11,70	17 714 14,40	26 182 16,10	68 444 20,45	97 836 21,85	46 095 19,05	109 975 23,20	139 353 24,55	164 246 25,25	243 592 27,90	288 160 29,20
7,0		1284 7,88	2 034 8,75	4 718 10,65	8 487 12,10	18 329 14,90	27 239 16,75	71 122 21,25	101 642 22,70	47 789 19,75	114 241 24,10	143 610 25,30	170 101 26,15	254 606 29,15	298 029 30,20
7,5		1335 8,20	2 115 9,10	4 873 11,00	8 767 12,50	19 006 15,45	28 296 17,40	73 632 22,00	105 224 23,55	49 483 20,45	118 270 24,95	148 151 26,10	175 955 27,05	263 763 30,20	308 391 31,25
8,0		1379 8,45	2 185 9,40	5 073 11,45	9 008 12,9	19 682 16,00	29 353 18,05	76 309 22,80	108 806 24,30	51 298 21,20	122 063 25,75	150 138 26,45	181 609 27,95	271 531 31,10	318 753 32,30
8,5		1430 8,77	2 266 9,75	5 250 11,85	9 288 13,30	20 297 16,50	30 247 18,60	78 485 23,45	112 164 25,05	52 991 21,90	126 092 26,60	156 950 27,65	187 338 28,80	279 389 32,00	328 621 33,30
9,0		1467 0,90	2 324 10,00	5 427 12,25	9 567 13,67	20 850 16,95	31 060 19,10	80 828 24,15	115 522 25,80	54 443 22,50	129 410 27,30	161 207 28,46	193 193 29,70	287 247 32,90	338 983 34,35
9,5		1511 9,30	2 394 10,30	5 626 12,70	9 847 14,10	21 343 17,35	31 955 19,65	83 003 24,80	118 880 26,55	55 895 23,10	132 254 27,90	165 748 29,20	199 047 30,60	295 104 33,80	349 345 35,40
10,0		1555 9,60	2 464 10,60	5 804 13,10	10 126 14,5	21 835 17,75	32 768 20,15	85 346 25,50	121 791 27,20	57 347 23,80	135 336 28,55	170 005 29,95	204 901 31,50	302 962 34,70	351 187 36,60

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

ходящего по трубе, в *ккал/час*
пара по трубе в *м/сек*

193 830 17,50	252 691 18,45	287 960 19,05	336 277 19,95	423 266 21,10	467 284 21,65	532 517 22,05	802 436 24,50	1 083 978 26,15	1 453 151 28,15	1 972 793 30,40
201 029 18,15	264 333 19,30	302 320 20,00	353 976 21,00	441 320 22,00	489 534 22,55	557 874 23,10	833 551 25,45	1 137 866 27,45	1 520 259 29,45	2 057 156 31,70
208 229 18,80	275 290 20,10	315 924 20,90	367 461 21,80	459 374 22,90	510 727 23,50	582 025 24,10	866 304 26,45	1 191 754 28,75	1 584 786 30,70	2 144 763 33,05
215 428 19,45	286 931 20,95	330 285 21,85	380 103 22,55	477 428 23,80	529 799 24,40	603 760 25,00	897 419 27,40	1 233 206 29,75	1 651 894 32,00	2 232 371 34,40
222 628 20,10	298 573 21,80	343 889 22,75	392 745 23,30	495 482 24,70	548 872 25,20	625 495 25,90	930 171 28,40	1 274 658 30,75	1 706 097 33,05	2 310 244 35,60
229 827 20,75	309 530 22,60	354 470 23,45	405 387 24,05	513 536 25,60	566 885 26,20	646 023 26,75	962 924 29,40	1 318 183 31,80	1 760 300 34,10	2 384 873 36,75
237 026 21,40	321 171 23,45	364 296 24,10	418 029 24,80	531 590 26,50	585,959 27,07	667 759 27,65	994 038 30,35	1 369 635 32,80	1 814 503 35,15	2 459 502 37,90
244 226 22,05	330 758 24,15	374 121 24,75	430 671 25,55	545 632 27,20	605 031 27,72	689 494 28,55	1 026 791 31,35	1 401 088 33,80	1 871 287 36,25	2 534 130 39,05
251 425 22,70	338 291 24,70	384 702 25,45	444 156 26,35	559 674 27,90	619 865 28,59	706 399 29,25	1 059 543 32,35	1 444 613 34,85	1 925 489 37,30	2 612 004 40,25
258 625 23,35	346 509 25,30	394 528 26,10	456 798 27,10	574 719 28,65	636 699 29,15	723 304 29,95	1 084 108 33,10	1 486 065 35,85	1 979 692 38,35	2 676 898 41,25
276 900 25,00	367 053 26,80	420 225 27,80	488 824 29,00	609 824 30,40	672 845 30,95	766 775 31,75	1 147 975 35,05	1 571 042 37,90	2 093 260 40,55	2 835 890 43,70
294 622 26,60	387 597 28,30	445 166 29,45	513 265 30,45	645 932 32,20	709 931 32,83	809 038 33,50	1 211 842 37,00	1 656 019 39,95	2 204 247 42,70	2 994 881 46,15
307 913 27,80	408 141 29,80	455 747 30,15	538 549 31,95	676 022 33,70	748 077 34,54	852 509 35,30	1 274 072 38,90	1 740 997 42,00	2 317 814 44,90	3 140 894 48,40
314 005 28,95	428 685 31,30	487 491 32,25	562 990 33,40	705 109 35,15	785 162 35,90	894 772 37,05	1 337 940 40,85	1 825 974 44,05	2 413 314 46,75	3 283 662 50,60
333 941 30,15	445 120 32,50	507 142 33,55	588 274 34,90	735 199 36,65	819 070 37,62	933 413 38,65	1 390 344 42,45	1 898 515 45,80	2 511 396 48,65	3 426 132 52,78
346 679 31,30	461 555 33,70	527 548 34,90	611 030 36,25	765 289 38,15	847 679 38,90	966 016 40,00	1 441 110 44,00	1 971 057 47,55	2 609 477 50,55	3 552 974 54,75
359 970 32,50	477 990 34,90	547 199 36,20	631 257 37,45	793 373 39,55	876 288 40,35	998 619 41,35	1 493 514 45,60	2 043 598 49,30	2 707 558 52,45	3 679 518 56,70
372 707 33,65	494 426 36,10	566 850 37,50	652 327 38,70	820 454 40,90	905 957 41,61	1 032 430 42,75	1 545 918 47,20	2 116 140 51,05	2 795 315 54,15	3 799 573 58,55
385 999 34,85	510 860 37,30	583 478 38,60	672 554 39,90	845 529 42,15	934 566 42,96	1 065 033 44,10	1 596 684 48,75	2 178 318 52,55	288 491 55,80	3 896 915 60,05
395 967 35,75	527 296 38,50	599 349 39,65	692 782 41,10	869 601 43,35	963 175 44,18	1 097 636 45,45	1 644 176 50,20	2 240 497 54,05	2 968 248 57,50	3 994 256 61,55
406 489 36,70	543 731 39,70	615 221 40,70	713 009 42,30	893 673 44,55	992 844 45,52	1 131 446 46,86	1 690 029 51,60	2 302 675 55,55	3 050 842 59,10	4 091 598 63,05
417 011 37,65	556 058 40,60	631 093 41,75	730 708 43,35	916 742 45,70	1018 275 46,65	1 160 427 48,05	1 735 883 53,00	2 364 854 57,05	3 133 437 60,70	4 188 940 64,55

Диаметры			Трубы стальные водо-газопроводные (газовые). ГОСТ 3262-55							Трубы					
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70						
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82,5	94,5	100

Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²	Верхняя строка—количество тепла, проходящего в нижняя строка — скорость движения													
11,0	1 629 10,00	2 580 11,10	6 047 13,65	10 685 15,3	22 881 18,60	34 394 21,15	89,864 26,85	127 612 27,50	60 372 24,95	141 261 29,80	178 803 31,50	216 610 33,30	318 678 36,50	368 950 38,40
12,0	1 701 10,42	2 696 11,60	6 319 14,25	11 139 15,95	23 926 19,45	36 020 22,15	93 713 28,00	133 432 29,80	62 912 26,00	147 186 31,05	187 602 33,05	233 622 35,10	333 957 38,25	395 727 40,10
13,0	1 783 11,00	2 824 12,15	6 579 14,85	11 592 16,6	24 972 20,30	37 647 23,15	97 562 29,15	138 134 30,85	67 510 27,30	153 112 32,30	196 116 34,55	237 425 36,50	350 546 40,15	412 010 41,75
14,0	1 834 11,32	2 905 12,50	6 823 15,40	12 011 17,20	25 956 21,10	38 947 23,95	101 244 30,25	142 612 31,85	68 115 28,15	159 037 33,55	200 941 35,40	246 532 37,90	363 642 41,65	427 306 43,30
15,0	1 892 11,60	2 998 12,90	7 088 16,00	12 500 17,90	27 002 21,95	40 330 24,80	104 758 31,30	147 313 32,90	70 776 29,25	164 962 34,80	213 429 37,60	255 313 39,25	376 302 43,10	442 602 44,85
16,0	1 951 12,00	3 091 13,30	7 354 16,60	12 954 18,55	27 863 22,65	41 631 25,60	108 607 32,45	151 179 33,90	73 075 30,20	170 889 36,05	220 524 38,85	263 444 40,50	388 525 44,60	456 912 46,30
17,0	2 010 12,3	3 184 13,70	7 620 17,20	13 338 19,10	28 662 23,30	43 013 26,45	111 954 33,45	156 492 34,95	75 374 31,15	176 813 37,30	227 336 40,05	271 575 41,75	400 748 45,90	471 221 47,75
18,0	2 069 12,70	3 277 14,10	7 864 17,75	13 687 19,60	29 462 23,95	44 314 27,25	115 133 34,40	160 970 35,95	77 551 32,05	182 739 38,55	233 864 41,20	279 381 42,95	412 098 47,20	484 543 49,10
19,0	2 120 13,00	3 358 14,45	8 063 18,20	14 072 20,15	30 323 24,65	46 184 28,70	118 313 35,35	165 671 37,00	79 729 32,95	188 664 39,80	240 391 42,35	287 187 44,15	423 449 48,50	497 372 50,40
20,0	2 178 13,35	3 451 14,85	8 263 18,65	14 456 20,70	31 122 25,30	47 322 29,10	121 325 36,25	170 373 38,05	81 786 33,80	194 115 40,95	246 635 43,45	294 667 45,30	434 362 49,75	510 695 51,75
22,0	2 296 14,00	3 637 15,60	8 661 19,55	15 189 21,75	32 783 26,65	49 599 30,50	127 350 38,05	179 552 40,10	85 778 35,45	203 596 42,95	258 555 45,55	308 978 47,50	455 753 52,20	535 860 54,30
24,0	2 413 14,75	3 823 16,40	9 060 20,45	15 957 22,85	34 444 28,00	51 307 31,55	133 039 39,75	188 731 42,15	89 650 37,056	212 602 44,85	269 908 47,55	322 638 49,60	475 834 54,60	559 544 56,70
26,0	2 516 15,40	3 986 17,15	9 459 21,39	16 586 23,75	35 797 29,10	53 421 32,85	138 394 41,35	197 910 44,20	93 279 38,55	221 372 46,70	280 977 49,50	335 973 51,65	495 479 56,75	582 242 59,0
28,0	2 633 16,15	4 172 17,95	9 857 22,25	17 109 24,50	37 089 30,15	55 372 35,05	143 582 42,90	205 074 45,80	96 788 40,00	229 668 48,45	291 762 51,40	348 657 53,60	514 250 58,30	604 446 61.25
30,0	2 714 16,65	4 300 18,50	10 168 22,95	17 703 25,35	38 442 31,25	58 218 35,30	148 770 44,45	212 238 47,40	100 176 41,40	237 726 50,15	301 979 53,20	361 016 55,50	532 148 60.95	625 663 63,40
32,0	2 795 17,15	4 428 19,05	10 500 23,70	18 297 26,20	39 734 32,30	59 356 36,50	153 623 45,90	219 179 48,94	103 563 42,80	245 548 51,80	311 913 54,95	372 725 57,30	549 610 62,95	645 893 65,45
34,0	2 875 17,65	4 555 19,60	10 832 24,45	18 855 27,00	41 087 33,40	61 226 37,65	158 308 47,30	225 895 50,45	106 709 44,10	253 132 53,40	317 021 55,85	384 108 59,05	566 635 64,90	666 124 67,50
36,0	2 964 18,15	4 695 20,20	11 142 25,15	19 449 27,85	42 256 34,35	63 097 38,80	162 827 48,65	232 611 51,95	109 733 45,35	260 479 54,95	320 644 58,25	395 167 60,75	583 224 66,80	685 367 69,45
38,0	3 044 18,65	4 823 20,75	11 474 25,90	20 042 28,70	43 362 35,25	64 967 39,95	167 345 50,00	238 380 53,35	112 879 46,65	267 590 56,45	339 727 59,85	406 226 62,45	598 940 68,60	704 117 71,35
40,0	3 150 19,15	4 951 21,30	11 807 26,65	20 705 29,65	44 531 36,20	67 731 41,65	171 696 51,30	245 149 54,75	115 783 47,85	274 463 57,90	848 525 61,40	416 632 64,05	614 655 70,40	722 374 73,20
45,0	3 330 20,50	5 276 22,70	12 449 28,10	21 928 31,4	47 422 38,55	69 645 43,5	182 071 54,40	259 925 58,05	122 800 50,75	291 291 61,45	369 811 65,15	442 001 67,95	651 762 74,65	766 289 77,65
50,0	3 536 21,65	5 601 24,10	13 092 29,55	23 115 33,10	48 492 40,6	73 488 45,9	191 945 57,35	274 029 61,20	129 333 53,45	306 934 64,75	389 678 68,65	165 744 71,60	687 122 78,80	807 737 81,85

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

ходящего по трубе, в *ккал/час*
пара по трубе, в *м/сек*

437 502 39,50	583 450 42,60	662 837 43,85	766 105 45,45	961 877 47,95	1 064 807 48,74	1 213 558 50,25	1 829 227 55,85	2 474 702 59,70	3 290 883 63,75	4 388 623 67,55
458 546 41,40	609 472 44,50	692 313 45,80	800 660 47,50	1 006 006 50,10	111 159 50,83	1 266 688 52,45	1 912 746 58,40	2 586 624 62,40	3 466 397 67,15	4 575 062 70,50
479 037 43,25	634 125 46,30	720 277 47,65	833 529 49,45	1 045 126 52,10	1 158 141 52,92	1 319 819 54,65	1 988 077 60,70	2 688 545 65,10	3 608 357 69,90	4 769 746 73,50
496 759 44,85	658 093 48,05	747 486 49,45	864 713 51,30	1 085 246 54,10	1 206 883 55,10	1 375 365 56,95	2 063 408 63,00	2 787 667 67,25	3 745 154 72,55	4 964 429 76,50
513 926 46,40	681 376 49,75	773 939 51,20	895 054 53,10	1 123 360 56,00	1 246 089 57,86	1 420 044 58,80	2 137 101 65,25	2 870 572 69,25	3 876 790 75,10	5 159 113 79,50
531 094 47,95	703 290 51,35	799 636 52,90	924 552 54,85	1 159 468 57.80	1 286 353 59,27	1 465 929 60.70	2 202 606 67,25	2 963 339 71,50	4 003 263 77,55	5 353 796 82,50
541 708 49,45	725 203 52,95	823 822 54,50	953 207 56,55	1 195 576 59,60	1 326 618 60,47	1 511 815 62,60	2 268 111 69,25	3 052 962 73,65	4 127 165 79,95	5 548 480 85,50
563 768 50,90	746 432 54,50	848 008 56,10	980 176 58,15	1 229 678 61,30	1 366 883 62,28	1 557 701 64,50	2 333 616 71,25	3 193 900 77,05	4 245 885 82,25	5 746 408 88,55
578 721 52,25	766 976 56,00	871 437 57,65	1 007 146 59,75	1 263 780 63,00	1 406 088 65,03	1 602 379 66,35	2 399 121 73,25	3 283 022 79,20	4 362 034 84,50	5 905 400 91,00
593 674 53,60	804 640 58,75	893 356 59,10	1 057 714 62,75	1 296 879 64,65	1 441 054 66,50	1 642 227 68,00	2 459 713 75,10	3 365 000 81,25	4 475 601 86,70	6 057 902 93,35
623 025 56,25	825 184 60,25	937 192 62,00	1 083 841 64,30	1 360 068 67,80	1 509 928 69,19	1 720 716 71,25	2 584 172 78,90	3 531 736 85,20	4 692 413 90,90	6 353 172 97,90
650 715 58,70	861 478 62,90	978 761 64.75	1 131 880 67,15	1 420 248 70,80	1 579 862 72,52	1 800 412 74,55	2 705 357 82,60	3 689 255 89,20	4 901 480 94,95	6 635 463 102,25
677 297 61,15	897 088 65,50	1 018 818 67,40	1 178 234 69,90	1 478 422 73,70	1 655 093 75,20	1 886 146 78,10	2 815 077 85,95	3 838 483 92,00	5 102 805 98,85	6 908 020 106,45
702 772 63,45	930 643 67,95	1 057 364 69,95	1 222 903 72,55	1 534 590 76,50	1 718 669 78,05	1 958 597 81,10	2 921 523 89,20	3 983 566 96,10	5 296 386 102,60	7 167 598 110,45
727 693 65,70	963 514 70,35	1 094 398 72,40	1 265 886 75,10	1 587 749 79,15	1 779 066 80,75	2 027 426 83,95	3 023 056 92,30	4 124 504 99,50	5 482 225 106,20	7 417 441 114,80
750 953 67,80	995 014 72,65	1 130 677 74,80	1 307 183 77,55	1 639 905 81,75	1 837 345 83,37	2 093 840 86,70	3 122 951 95,35	4 259 224 102,75	5 660 319 109,65	7 660 796 118,05
774 212 69,90	1 025 800 74 90	1 165 444 77,10	1 347 637 79,95	1 691 058 84,30	1 893 503 86,88	2 157 838 89,35	3 217 933 98,25	4 389 799 105,90	5 835 833 113,05	7 897 661 121,70
796 918 71,95	1 055 277 77,05	1 198 699 79,30	1 386 406 82,25	1 740 205 86,75	1 948 602 88,35	2 220 629 91,95	3 311 278 101,10	4 518 301 109,00	6 003 604 116,30	8 128 036 125,25
818 516 73,90	1 084 038 79,15	1 231 954 84,50	1 424 332 84,50	1 787 346 89,10	2 001 582 91,73	2 281 005 94.45	3 402 985 103,90	4 642 658 112,00	6 168 793 119,50	— —
840 115 75,85	1 112 115 81.20	1 263 698 83,60	1 461 415 86,70	1 833 484 91,40	2 054 562 93,10	2 341 381 96,95	3 491 417 106,60	4 762 869 114,90	6 288 200 122,60	— —
891 064 80,45	1 179 226 86,10	1 340 789 88,70	1 550 752 92,00	1 944 817 96,95	2 178 535 98,66	2 482 661 102,80	3 702 670 113,05	5 050 963 121,85	6 713 402 130,05	— —
939 245 84,80	1 243 597 90,80	1 413 346 93,50	1 634 189 96,95	2 050 132 102,20	2 296 151 104,93	2 616 696 108,35	3 902 460 119,15	5 324 548 128,45	7 077 335 137,10	— —

Таблица V

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ z В $кг/м^2$ В МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Скорость пара в *м/сек*	Сумма единиц местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9
3,5	0,4	0,8	1,20	1,60	2,0	2,4	2,8	3,20	3,6	4,0
4,0	0,52	1,04	1,56	2,1	2,60	3,10	3,6	4,10	4,7	5,20
4,5	0,66	1,32	2,0	2,66	3,32	4,0	4,66	5,32	6,0	6,66
5,0	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	4,52	5,74	6,56	7,40	8,20
5,5	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
6,0	1,17	2,34	3,51	4,68	5,85	7,02	8,20	9,37	10,54	11,70
6,5	1,37	2,74	4,11	5,48	6,85	8,22	9,60	10,96	12,33	13,70
7,0	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,20	12,8	14,4	16,00
7,5	1,83	3,66	5,50	7,32	9,15	11,0	12,80	14,64	16,47	18,30
8,0	2,10	4,20	6,3	8,40	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	21,00
8,5	2,34	4,68	7,00	9,36	11,70	14,04	16,40	18,70	21,06	23,40
9,0	2,64	5,28	7,92	10,56	13,20	15,84	18,48	21,12	23,76	26,40
9,5	2,94	5,88	8,82	11,76	14,70	17,64	20,58	23,52	26,46	29,40
10,0	3,26	6,52	9,78	13,04	16,30	19,56	22,82	26,08	29,34	32,60
10,5	3,60	7,20	10,80	14,40	18,00	21,60	25,2	28,80	32,40	36,00
11,0	3,94	7,88	11,82	15,76	19,70	23,64	27,58	31,52	35,46	39,40
11,5	4,30	8,60	12,90	17,20	21,50	25,80	30,10	34,40	38,70	43,00
12,0	4,70	9,40	14,10	18,80	23,50	28,20	32,9	27,6	42,30	47,0
12,5	5,10	10,2	15,3	20,40	25,50	30,60	35,70	40,8	45,9	51,0
13,0	5,5	11,0	16,5	22,0	27,5	33,00	38,5	44,0	49,5	55,00
13,5	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0
14,0	6,4	12,8	19,20	25,6	32,0	38,40	44,80	51,20	57,60	64,0
14,5	6,85	13,70	20,55	27,40	34,25	41,10	48,0	54,80	61,65	68,50
15,0	7,35	14,70	22,0	29,40	36,75	44,10	51,45	58,80	66,15	73,50
15,5	7,85	15,70	23,55	31,40	39,25	47,10	55,0	62,80	70,65	78,50
16,0	8,35	16,70	25,00	33,40	41,75	50,10	58,45	66,80	75,15	83,50
16,5	8,85	17,70	26,55	35,40	44,25	53,10	62,0	70,80	79,65	88,50
17,0	9,4	18,8	28,20	37,60	47,0	56,40	65,8	72,20	84,60	94,00
17,5	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,00	100,0
18,0	10,5	21,0	31,5	42,2	52,5	63,0	73,5	84,0	94,5	105,0
19,0	11,80	23,60	35,4	47,20	59,0	71,0	82,60	94,40	106,20	118,0
20,0	13,00	26,00	39,00	52,0	65,0	78,0	91,0	104,0	117,0	130,0
21,0	14,4	28,8	43,20	57,60	72,0	86,40	101,0	115,0	129,60	144,0
22,0	16,0	32,0	48,0	64,0	80,0	96,0	112,0	128,0	144,0	160,0
23,0	17,2	34,4	51,6	68,8	76,0	103,0	120,4	137,6	154,8	172,0

Продолжение табл. V

Скорость пара в *м/сек*	Сумма единиц местных сопротивлений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24,0	19,0	38,0	57,0	76,0	100,0	119,0	138,0	157,0	171,0	190,0
25,0	20,4	40,8	61,2	81,6	102,0	122,4	142,8	163,2	183,6	204,0
26,0	22,0	44,0	66,0	88,0	110,0	132,0	154,0	176,0	198,0	220,0
27,0	23,7	47,4	71,0	94,8	118,5	141,0	165,0	188,6	212,3	237,0
28,0	25,6	51,2	76,8	102,4	128,0	153,6	179,0	205,0	230,0	256,0
29,0	27,4	55,0	72,0	110,0	137,0	164,0	192,0	219,0	247,0	274,0
30,0	29,0	58,0	87,0	116,0	145,0	174,0	203,0	232,0	261,0	290,0
31,0	31,0	62,0	93,0	124,0	155,0	186,0	217	248,0	279,0	310,0
32,0	33,0	66,0	100,0	133,0	166,0	200,0	233,0	266,0	300,0	333,0
33,0	35,6	71,2	107,0	142,0	178,0	214,0	249,0	285,0	320,0	356,0
34	37,7	75,4	113,1	150,8	188,5	226,2	263,9	301,6	339,3	377,0
35	40,0	80,0	120,0	160,0	200,0	240,0	280,0	320,0	360,0	400,0
36	42,2	84,4	126,6	169,0	211,0	253,0	295,5	338,0	380,0	422,0
37	44,6	89,0	134,0	178,0	223,0	267,0	312,0	357,0	401,0	446,0
38	41,0	94,0	141,0	188,0	235,0	282,0	329,0	376,0	423,0	470,0
39	49,6	99,0	149,0	198,0	248,0	298,0	347,0	397,0	446,0	496,0
40	52,0	104,0	156,0	208,0	260,0	312,0	364,0	416,0	468,0	520,0
42	57,5	115,0	172,5	230,0	287,5	345,0	402,5	460,0	517,5	575,0
44	62,5	125,0	187,5	250,0	312,5	375,0	437,5	500,0	562,5	625,0
46	69,0	138,0	207,0	276,0	345,0	414,0	483,0	552,0	621,0	690,0
48	75,0	150,0	225,0	300,0	375,0	450,0	525,0	600,0	675,0	750,0
50	81,5	163,0	244,5	326,0	407,5	489,0	570,5	652,0	733,5	815,0
52	88,0	176,0	264,0	252,0	440,0	528,0	626,0	704,0	792,0	880,0
54	95,5	191,0	286,5	382,0	277,5	573,0	668,5	764,0	860,0	955,0
56	102,5	205,0	307,5	410,0	512,5	615,0	717,5	820,0	922,5	1 025,0
58	110,0	220,0	330,0	440,0	550,0	660,0	770,0	880,0	990,0	1 100,0
60	117,5	235,0	352,5	470,0	587,5	705,0	822,5	940,0	1 057,5	1 175,0
63	129,0	258,0	387,0	516,0	645,0	774,0	903,0	1 032,0	1 161,0	1 290,0
66	142,0	284,0	426,0	568,0	710,0	852,0	994,0	1 136,0	1 278,0	1 420,0
69	156,0	312,0	468,0	624,0	780,0	936,0	1092,0	1 248,0	1 404,0	1 560,0
72	169,0	338,0	507,0	676,0	745,0	1 014,0	1 183,0	1 352,0	1 521,0	1 690,0
75	180,0	360,0	540,0	720,0	900,0	1 080,0	1 260,0	1 440,0	1 620,0	1 800,0
78	202,0	404,0	606,0	808,0	1 010,0	1 212,0	1 414,0	1 616,0	1 818,0	2 020,0
80	209,0	418,0	627,0	836,0	1 045,0	1 254,0	1 463,0	1 672,0	1 881,0	2 090,0
85	236,0	472,0	708,0	944,0	1 180,0	1 416,0	1 652,0	1 888,0	2 124,0	2 360,0
90	264,0	528,0	792,0	1 056,0	1 320,0	1 584,0	1 848,0	2 112,0	2 376,0	2 640,0
95	294,0	588,0	882,0	1 176,0	1 470,0	1 764,0	2 058,0	2 352,0	2 646,0	2 940,0
100	326,0	652,0	978,0	1 304,0	1 630,0	1 956,0	2 282,0	2 608,0	2 934,0	3 260,0

Таблица VI

РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ при K=0,2 *мм*

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	63	50	70	76	2	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,55		1,14 2,43	1,80 2,70	3,65 2,80	5,85 2,85	12,15 3,40	19,40 4,10	37,0 4,67	72,75 5,55	31,45 4,45	82,00 5,90	104,35 6,30	124,70 6,55	185,50 7,25	217,50 7,55	254,45 7,85
0,60		1,17 2,48	1,85 2,75	3,75 2,90	6,10 3,00	12,85 3,60	20,35 4,30	39,4 4,97	76,05 5,80	33,25 4,70	86,20 6,20	109,50 6,60	130,25 6,85	193,40 7,60	227,85 7,90	267,05 8,25
0,65		1,19 2,52	1,90 2,80	3,90 3,00	6,35 3,10	13,45 3,75	21,10 4,45	10,98 5,17	79,30 6,05	35,00 4,95	89,80 6,50	114,30 6,90	135,55 7,15	201,60 7,90	238,25 8,25	278,10 9,60
0,70		1,20 2,57	1,90 2,85	4,00 3,10	6,65 3,25	14,05 3,90	21,85 4,60	42,61 5,38	82,60 6,30	36,50 3,15	93,25 6,75	118,45 7,15	141,10 7,40	209,50 8,20	248,65 8,60	289,10 8,95
0,75		1,23 2,61	1,95 2,90	4,05 3,15	6,90 3,40	14,70 4,10	22,60 4,75	44,28 5,59	85,85 6,55	38,00 5,40	96,70 7,00	122,45 9,35	146,40 7,70	217,70 8,55	257,00 8,90	300,10 9,25
0,80		1,26 2,66	2,00 2,95	4,10 3,20	7,20 3,50	15,20 4,25	23,35 4,90	45,91 5,80	89,10 6,80	39,40 5,55	100,20 7,25	126,40 7,60	151,70 8,00	225,60 8,85	265,35 9,20	311,10 9,60
0,85		1,29 2,70	2,05 3,00	4,20 3,25	7,40 3,60	15,75 4,40	24,10 5,10	47,59 6,01	91,85 7,00	40,85 5,80	103,60 7,50	130,55 7,85	157,25 8,25	233,70 9,15	273,70 9,50	321,15 9,90
0,90		1,33 2,74	2,10 3,05	4,30 3,35	7,70 3,75	16,25 4,50	24,85 5,25	49,23 6,22	94,50 7,20	42,35 6,00	106,40 7,70	134,55 8,10	162,55 8,55	240,10 9,40	282,10 9,80	330,20 10,20
0,95		1,36 2,79	2,15 3,10	4,45 3,45	7,90 3,85	16,80 4,65	25,60 5,40	50,86 6,42	97,25 7,45	43,85 6,20	109,20 7,90	138,70 8,35	166,75 8,75	246,75 9,65	290,45 10,10	339,25 10,50
1,00		1,39 2,85	2,20 3,20	4,60 3,55	8,10 3,95	17,25 4,80	26,40 5,55	52,23 6,64	99,85 7,65	45,25 6,40	111,95 8,10	142,70 8,60	170,90 9,00	253,15 9,90	298,80 10,35	348,30 10,75
1,1		1,42 2,93	2,25 3,25	4,85 3,75	8,60 4,20	17,70 4,90	27,90 5,85	55,04 6,95	105,20 8,05	46,75 6,60	117,35 8,45	150,95 9,10	179,65 9,45	266,40 10,45	313,50 10,90	366,45 11,30
1,2		1,46 3,03	2,30 3,35	5,10 3,95	8,95 4,40	18,65 5,20	29,40 6,20	57,55 7,27	109,55 8,40	49,00 6,95	122,75 8,85	157,10 9,45	187,85 9,90	279,40 10,95	327,95 11,40	382,60 11,80
1,3		1,50 3,10	2,35 3,45	5,30 4,10	9,35 4,55	19,40 5,40	30,75 6,50	60,06 7,59	113,85 8,70	51,25 7,25	128,30 9,25	163,40 9,85	196,20 10,30	290,65 11,40	342,35 11,85	398,80 12,30

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при γ=1 *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0,55		337,45 8,45	384,35 8,70	446,85 9,10	563,45 9,60	565,50 9,07	644,45 9,55	978,30 10,20	1 330,25 11,00	1 784,85 11,85	2 418,25 12,75	3 057,00 13,50	3 820,00 14,15	4 743,75 14,95	5 803,45 15,75	7 977,80 16,95
0,60		354,65 8,85	401,15 9,10	466,05 9,45	588,65 10,05	590,25 10,02	672,65 10,55	1 026,15 10,70	1 395,70 11,50	1 863,30 12 35	2 528,25 13,35	3 181,60 14,05	3 995,50 14,80	4 981,75 15,70	6 061,40 16,45	8 354,35 17,75
0,65		369,05 9,20	417,90 9,45	485,75 9,85	613,30 10,45	615,04 10,4	700,90 10,95	1 065,40 11,15	1 459,90 12,05	1 938,75 12,85	2 636,40 13,90	3 706,10 14,60	4 170,50 15,45	5 172,15 16,30	6 319,35 17,15	8 730,90 18,55
0,70		383,90 9,60	434,25 9,85	505,45 10,25	638,50 10,90	640,44 10,78	729,85 11,35	1 103,70 11,55	1 524,10 12,60	2 021,70 13,40	2 740,70 14,45	3 430,65 15,15	4 364,45 16,10	5 378,40 16,95	6 577,30 17,85	9 083,95 19,30
0,75		398,30 9,95	451,05 10,20	524,70 10,65	660,75 11,25	665,23 11,16	758,10 11,75	1 142,00 11,95	1 575,00 13,00	2 097,15 13,90	2 854,50 15,05	3 555,20 15,70	4 521,95 16,75	5 568,75 17,55	6 798,35 18,45	9 413,35 20,00
0,80		412,70 10,30	467,85 10,60	542,40 11,60	683,05 11,65	690,59 11,54	787,00 12,15	1 180,30 12,35	1 623,45 13,40	2 165,05 14,35	2 939,85 15,50	3 679,75 16,25	4 670,40 17,30	5 759,15 18,15	7 037,85 19,10	9 719,30 20,65
0,85		425,50 10,65	484,20 10,95	559,65 11,35	705,30 12,05	715,38 11,92	815,25 12,55	1 218,60 12,75	1 675,55 13,85	2 232,95 14,80	3 025,20 15,95	3 804,30 16,80	4 805,40 17,80	5 965,40 18,80	7 258,95 19,70	10 025,20 21,30
0,90		437,90 10,95	499,20 11,30	576,90 11,70	722,30 12,30	740,78 12,90	844,20 12,95	1 256,90 13,15	1 726,40 14,25	2 300,85 15,25	3 110,55 16,40	3 928,85 17,35	4 953,90 18,35	6 155,80 19,40	7 480,00 20,30	10 331,15 21,95
0,95		450,75 11,25	512,90 11,60	593,15 12,05	739,00 12,60	765,53 12,68	872,40 13,35	1 295,15 13,55	1 776,10 14,65	2 368,75 15,70	3 195,90 16,85	4 053,40 17,90	5 088,85 18,85	6 314,45 19,90	7 701,10 20,90	10 613,55 22,50
1,00		463,15 11,55	526,60 11,90	603,90 12,35	756,90 12,90	784,13 12,97	893,60 13,65	1 333,45 13,95	1 827,00 15,10	2 436,60 16,15	3 281,25 17,30	4 177,95 18,45	5 237,35 19,40	6 488,95 20,45	7 922,20 21,50	10 895,95 23,15
1,1		485,15 12,10	554,45 12,55	640,45 13,00	791,50 13,50	821,29 13,53	935,95 14,25	1 398,55 14,60	1 926,30 15,90	2 572,40 17,05	3 451,95 18,20	4 370,40 19,30	5 520,80 20,45	6 806,25 21,45	8 309,10 22,55	11 413,70 24,25
1,2		507,60 12,70	578,30 13,10	665,10 13,50	826,10 14,10	838,62 13,82	955,70 14,55	1 462,70 15,80	2 011,15 16,60	2 678,00 17,75	3 622,65 19,10	4 562,90 20,15	5 777,30 21,40	7 139,45 22,50	8 696,00 23,60	11 954,95 25,40
1,3		529,60 13,25	602,60 13,65	689,20 14,00	860,70 14,70	895,01 14,68	1 019,95 15,45	1 526,80 15,95	2 193,35 17,30	2 783,65 18,45	3 793,35 20,00	4 766,70 21,05	6 006,75 22,25	7 456,75 23,50	9 064,45 24,60	12 425,60 26,40

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1,4		1,57 3,20	2,40 3,55	5,50 4,25	9,70 4,75	20,15 5,60	31,85 6,70	62,53 7,90	118,20 9,05	53,50 7,55	133,70 9,65	169,90 10,25	204,55 10,75	301,85 11,85	355,65 12,35	414,70 12,80
1,5		1,59 3,27	2,50 3,60	5,70 4,40	10,10 4,95	21,00 5,85	32,95 6,95	65,08 8,22	122,35 9,35	55,70 7,90	139,25 10,05	176,20 10,60	211,80 11,15	313,10 12,25	368,30 12,75	429,55 13,30
1,6		1,62 3,37	2,55 3,75	5,90 4,55	10,50 5,10	21,70 6,05	34,00 7,15	67,55 8,53	126,70 9,70	57,90 8,20	145,55 10,35	182,50 11,00	218,65 11,50	324,05 12,70	380,70 13,20	443,15 13,70
1,7		1,65 3,46	2,60 3,85	6,15 4,75	10,80 5,30	22,50 6,25	35,10 7,40	69,70 8,80	131,00 10,00	60,20 8,50	147,95 10,70	188,80 11,40	226,05 11,90	333,80 13,10	393,40 13,65	456,75 14,10
1,8		1,68 3,55	2,65 3,95	8,35 4,90	11,15 5,45	23,20 6,45	36,25 7,65	71,77 9,06	135,30 10,35	62,00 8,75	152,40 11,70	194,10 11,70	233,10 12,25	343,70 13,45	404,10 14,00	470,35 14,55
1,9		1,71 3,63	2,70 4,00	6,50 5,05	11,50 5,60	24,00 6,65	37,35 7,85	73,88 9,33	139,60 10,70	63,90 9,05	156,85 11,30	199,49 12,00	240,10 12,65	353,40 13,85	414,75 14,40	483,60 14,95
2,0		1,75 3,70	2,75 4,05	6,70 5,15	12,00 5,85	24,70 6,90	38,45 8,10	75,98 9,60	143,80 11,00	65,75 9,30	161,10 11,65	204,90 12,35	246,60 12,95	363,10 14,25	425,40 14,75	496,90 15,35
2,2		1,87 3,87	2,95 4,30	7,00 5,45	12,50 6,10	27,05 7,50	40,60 8,55	80,13 10,12	150,60 11,50	66,75 10,10	170,00 12,30	215,50 13,00	258,60 13,60	381,25 14,90	447,10 15,50	523,40 16,10
2,4		1,96 4,05	3,10 4,50	7,40 5,70	13,00 6,35	28,15 7,80	42,40 8,90	83,29 10,52	157,40 12,00	74,20 10,50	177,30 12,80	226,10 13,60	270,70 14,20	397,80 15,60	468,10 16,20	543,20 16,80
2,6		2,02 4,22	3,20 4,70	7,70 5,95	13,55 6,60	29,25 8,10	44,10 9,30	86,45 10,93	164,20 12,60	77,00 10,90	184,70 13,30	232,80 14,00	282,90 14,90	414,40 16,20	488,90 16,99	562,60 17,40
2,8		2,08 4,42	3,30 4,90	8,00 6,20	14,10 6,90	30,40 8,40	45,90 9,65	89,61 11,32	166,30 12,70	79,85 11,30	191,20 13,80	244,35 14,70	293,20 15,40	430,50 16,90	506,80 17,60	582,00 18,00
3,0		2,15 4,55	3,40 5,00	8,35 6,40	14,55 7,10	31,50 8,80	47,60 10,00	92,78 11,74	178,00 13,60	82,60 11,70	199,35 14,40	253,30 15,25	303,40 16,00	446,30 17,50	521,80 18,10	601,45 18,60
3,2		2,27 4,75	3,60 5,30	8,60 6,65	15,05 7,30	32,65 9,10	49,35 10,35	95,98 12,12	183,50 14,00	85,40 12,10	206,85 14,90	262,45 15,80	313,70 16,50	462,10 18,10	537,00 18,60	620,90 19,20

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58													
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог.м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*													
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1,4		550,00 13,75	626,45 14,20	713,35 14,50	895,30 15,25	931,55 15,25	1 061,60 16,05	1 590,95 16,60	2 284,40 18,05	2 889,25 19,15	3 935,60 20,75	4 959,20 21,90	6 249,70 23,15	7 726,50 24,35	9 414,50 25,55	12 896,80 27,40
1,5		570,40 14,25	645,45 14,60	738,00 15,00	929,90 15,85	968,72 15,82	1 103,95 16,65	1 655,10 17,30	2 371,50 18,75	2 994,85 19,85	4 068,35 21,45	5 151,70 22,75	6 479,20 24,00	8 012,05 25,25	9 746,50 26,45	13 366,95 28,40
1,6		590,40 14,75	664,40 15,00	762,10 15,50	964,45 16,45	1005,88 16,34	1 146,30 17,20	1 713,50 17,90	2 338,25 19,30	3 100,50 20,55	4 201,10 22,15	5 310,00 23,45	6 708,70 24,85	8 291,75 26,10	10 059,35 27,30	13 837,60 29,40
1,7		606,00 15,10	683,00 15,50	786,75 16,00	999,05 17,05	1036,85 16,86	1 181,60 17,75	1 766,15 18,45	2 404,90 19,85	3 206,10 21,25	4 333,90 22,85	5 480,00 24,20	6 924,65 25,65	8 567,35 27,00	10 372,50 28,15	14 308,30 30,40
1,8		621,25 15,50	702,00 15,90	810,90 16,45	1 033,60 17,65	1065,94 17,29	1 214,75 18,20	1 809,20 18,90	2 471,50 20,40	3 311,70 21,95	4 476,15 23,60	5 638,50 24,90	7 113,60 26,35	8 789,45 27,70	10 685,75 29,00	14 779,00 31,40
1,9		636,50 15,90	721,00 16,30	835,05 16,95	1 068,25 18,20	1095,03 17,76	1 247,90 18,70	1 869,50 19,55	2 538,15 20,95	3 414,30 22,65	4 608,90 24,30	5 797,00 25,60	7 316,10 27,10	9 027,45 28,45	10 930,55 29,80	15 155,50 32,20
2,0		651,70 16,30	740,00 16,75	859,00 17,45	1 092,85 18,65	1123,55 18,14	1 280,40 19,10	1 922,15 20,10	2 604,80 21,50	3 498,80 23,20	4 741,70 25,00	5 955,55 26,30	7 505,05 27,80	9 265,40 29,20	11 275,30 30,60	15 484,95 32,90
2,2		682,50 17,05	777,50 17,60	908,45 18,40	1 142,10 19,50	1181,14 19,09	1 346,70 20,10	2 025,55 21,20	2 738,05 22,60	3 666,25 24,30	4 959,80 26,15	6 283,90 27,75	7 910,00 29,30	9 725,50 30,65	11 864,90 32,20	16 143,90 34,30
2,4		713,30 17,80	815,50 18,50	956,70 19,40	1 190,80 20,30	1239,38 19,95	1 412,40 21,00	2 106,90 22,00	2 871,30 23,70	3 832,20 25,40	5 177,90 27,30	6 544,30 28,90	8 247,50 30,55	10 161,70 32,05	12 399,20 33,65	16 802,80 35,70
2,6		744,10 18,60	853,50 19,30	991,20 20,10	1 239,40 21,10	1292,64 20,80	1 473,10 21,90	2 188,30 22,90	3 004,60 24,80	3 998,20 26,50	5 405,50 28,50	7 087,80 31,30	8 571,40 31,75	10 598,10 33,40	12 933,50 35,10	17 438,20 37,10
2,8		744,60 19,35	891,10 20,20	1 025,70 20,80	1 288,70 22,00	1340,29 21,47	1 527,40 22,60	2 269,65 23,70	3 113,60 25,70	4 164,10 27,60	5 623,60 29,65	7 348,20 32,45	4 908,90 33,00	11 042,30 34,80	13 394,00 36,35	18 097,20 38,45
3,0		805,40 20,10	929,10 21,00	1 060,20 21,50	1 337,30 22,80	1388,03 22,23	1 581,80 23,40	2 352,00 24,60	3 216,60 26,55	4 299,80 28,50	5 822,80 30,70	7 597,30 33,55	9 232,80 34,20	11 423,10 36,00	13 799,40 37,45	18 756,10 39,85
3,2		836,20 20,90	956,50 21,65	1 094,70 22,20	1 386,60 23,65	1435,68 22,99	1 636,10 24,20	2 432,00 25,40	3 325,60 27,45	4 443,25 29,45	6 012,40 31,70	7 812,40 34,50	9 529,80 35,30	11 788,00 37,10	14 186,30 38,50	19 415,00 41,25

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma=1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3,4		2,34 4,95	3,70 5,50	8,90 6,90	15,50 7,60	33,80 9,40	51,10 10,75	99,14 12,53	189,10 14,45	88,25 12,50	212,50 15,35	270,25 16,30	324,15 17,00	475,40 18,60	552,30 19,10	640,30 19,80
3,6		2,43 5,08	3,85 5,65	9,20 7,10	15,95 7,80	34,90 9,70	52,50 11,00	102,30 12,92	194,70 14,90	91,10 12,90	218,20 15,75	278,10 17,00	333,30 17,50	487,10 19,10	567,60 19,70	659,70 20,40
3,8		2,50 5,23	3,95 5,80	9,40 7,30	16,40 8,00	36,00 10,00	53,95 11,35	105,43 13,32	200,20 15,30	93,90 13,30	232,90 16,20	285,70 17,20	342,40 18,00	498,90 19,55	582,60 20,20	679,50 21,00
4,0		2,59 5,40	4,10 6,00	9,70 7,50	16,90 8,20	37,10 10,30	55,40 11,70	108,08 13,65	205,85 15,70	96,25 13,60	229,70 16,60	293,50 17,70	351,50 18,50	510,60 20,00	597,00 20,70	698,90 21,60
4,5		2,71 5,75	4,30 6,40	10,30 8,00	18,00 8,80	39,30 10,95	59,00 12,40	114,70 14,49	218,90 16,70	102,10 14,40	244,00 17,60	311,60 18,80	373,40 19,60	540,20 21,20	636,00 22,00	747,45 23,10
5,0		2,90 6,12	4,60 6,80	10,80 8,35	19,10 9,30	41,60 11,55	62,70 13,10	121,28 15,32	230,70 17,60	108,00 15,30	258,20 18,60	328,80 19,80	393,70 20,70	569,50 22,30	674,00 23,40	796,00 24,60
5,5		3,03 6,38	4,80 7,10	11,30 8,70	20,30 9,90	43,75 12,10	65,00 13,70	127,86 16,15	242,60 18,50	113,90 16,10	272,50 19,70	345,40 20,80	412,20 21,70	598,90 23,50	712,10 24,70	831,30 25,70
6,0		3,22 6,70	5,10 7,45	11,80 9,10	21,40 10,50	46,00 12,80	67,90 14,30	134,48 16,49	253,75 19,40	119,70 16,90	284,60 20,50	360,70 21,70	427,80 22,50	628,50 24,60	749,90 26,00	866,25 26,80
6,5		3,35 7,02	5,30 7,80	12,30 9,50	22,90 11,20	47,75 13,30	70,70 14,90	139,75 17,65	263,95 20,20	124,40 17,60	296,80 21,40	376,10 22,70	443,50 23,30	657,85 25,80	777,60 27,00	901,20 27,80
7,0		3,47 7,28	5,50 8,10	12,75 9,85	23,50 11,50	49,50 13,80	73,50 15,50	144,99 18,32	274,20 20,95	129,10 18,25	308,80 22,30	388,00 23,40	459,10 24,15	687,40 26,90	805,00 27,90	937,50 29,00
7,5		3,60 7,70	5,70 8,70	13,25 10,20	24,60 12,00	51,30 14,90	76,30 16,10	150,19 18,98	284,40 21,70	133,70 18,90	319,20 23,00	399,80 24,10	474,90 25,00	712,45 27,90	832,70 28,90	971,50 30,00
8,0		3,73 8,06	5,90 9,00	13,70 10,60	25,50 12,50	58,10 14,80	79,20 16,70	155,46 19,64	293,50 22,40	138,40 19,60	329,70 23,80	405,60 24,45	490,50 25,80	733,60 28,75	860,10 29,80	1 006,40 31,10
8,5		3,85 8,28	6,10 9,20	14,20 11,00	26,50 12,90	54,90 15,25	81,75 17,20	160,70 20,30	302,70 23,10	143,10 20,20	340,10 24,55	423,50 25,50	506,30 26,60	754,60 29,60	887,50 30,80	1 041,70 32,20

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
3,4		866,60 21,65	983,90 22,30	1 129,20 22,90	1 435,25 24,50	1 483,11 23,70	1 690,50 24,95	2 513,75 26,20	3 428,60 28,30	4 579,00 30,35	6 202,10 32,70	8 050,20 35,55	9 840,30 36,45	12 168,80 38,35	14 573,20 39,55	20 074,00 42,65
3,6		892,25 22,30	1 010,80 22,90	1 163,60 23,60	1 473,90 25,10	1 531,67 24,41	1 745,50 25,70	2 595,10 27,10	3 537,65 29,20	4 714,80 31,25	6 382,30 33,65	8 276,60 36,55	10 137,20 37,55	12 486,10 39,35	14 978,50 40,65	20 732,90 44,05
3,8		914,30 22,80	1 038,20 23,50	1 198,10 24,30	1 512,09 25,80	1 569,50 24,98	1 788,60 26,30	2 676,50 27,95	3 646,70 30,10	4 855,10 32,20	6 572,00 34,65	8 491,70 37,50	10 420,70 38,60	12 771,70 40,25	15 365,40 41,70	21 391,80 45,45
4,0		936,70 23,40	1 065,60 25,10	1 232,60 25,00	1 550,75 26,45	1 607,31 25,60	1 831,70 26,95	2 740,60 28,60	3 749,70 30,95	4 992,40 33,10	6 742,70 35,55	9 023,90 39,85	10 690,70 39,60	13 057,25 41,15	15 770,70 42,80	22 050,80 46,85
4,5		991,50 24,80	1 134,10 25,70	1 318,80 26,80	1 647,50 28,10	1 702,65 27,07	1 940,35 28,50	2 901,40 30,30	3 967,70 32,75	5 274,60 35,00	7 150,45 37,70	9 522,10 42,00	11 379,10 42,15	13 787,10 43,45	16 747,20 45,45	23 368,60 49,65
5,0		1 046,80 26,15	1 202,50 27,20	1 386,30 28,10	1 743,60 29,70	1 797,43 28,50	2 048,35 30,00	3 061,30 32,00	4 179,80 23,50	5 559,70 36,85	7 548,75 39,80	9 986,30 44,10	11 892,00 44,09	14 501,00 45,70	17 723,60 48,10	24 568,80 52,20
5,5		1 102,40 27,50	1 262,20 28,60	1 453,80 29,50	1 824,00 31,10	1 892,77 29,92	2 157,00 31,50	3 221,20 33,65	4 397,80 36,30	5 841,90 38,70	7 912,90 41,70	10 450,50 46,15	12 404,90 45,95	15 214,95 47,95	18 718,50 50,80	25 769,00 54,75
6,0		1 157,60 28,90	1 316,10 29,80	1 521,30 30,90	1 904,90 32,50	1 987,54 31,44	2 265,00 33,10	3 382,00 35,30	4 609,90 38,05	6 090,80 40,40	8 277,10 43,60	10 801,50 47,70	12 917,90 47,85	15 944,80 50,25	19 694,95 53,45	26 969,25 57,30
6,5		1 201,70 30,00	1 370,00 31,00	1 588,80 32,25	1 985,80 33,90	2 071,78 33,67	2 361,00 35,45	3 513,10 36,70	4 791,60 39,55	6 335,20 42,00	8 627,95 45,50	11 152,50 49,25	13 430,80 49,75	16 658,70 52,50	20 413,50 55,40	28 193,00 59,90
7,0		1 245,70 31,10	1 423,90 32,20	1 650,40 33,50	2 066,10 35,20	2 144,87 34,77	2 444,30 36,60	3 643,30 38,00	4 973,30 41,05	6 582,70 43,60	8 948,50 47,20	11 503,50 50,80	13 943,75 51,65	17 372,65 54,75	21 132,00 57,35	29 393,20 62,45
7,5		1 290,10 32,20	1 477,30 33,40	1 705,60 34,60	2 143,50 36,60	2 218,58 35,91	2 528,30 37,80	3 774,45 39,40	5 161,10 42,60	6 828,60 45,20	9 269,00 48,90	11 843,15 52,30	14 486,70 53,55	18 102,45 57,95	21 850,50 59,30	30 428,70 64,65
8,0		1 334,60 33,30	1 531,20 34,70	1 760,70 35,70	2 214,40 37,80	2 291,68 36,10	2 611,60 38,00	3 905,60 40,80	5 342,80 44,10	7 045,80 46,70	9 568,70 50,45	12 194,10 53,85	14 983,10 55,50	18 848,15 59,40	22 587,50 61,30	31 222,90 66,55
8,5		1 378,60 34,40	1 574,50 35,60	1 815,40 36,85	2 282,45 38,90	2 365,38 38,19	2 695,60 40,20	4 035,80 42,20	5 500,30 45,40	7 264,60 48,15	9 815,30 51,75	12 545,10 55,40	15 496,10 57,40	19 435,20 61,25	23 306,00 63,25	32 240,70 68,50

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R^1 на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma=1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9,0		3,98 8,45	6,29 9,40	14,70 11,30	27,45 13,40	56,20 15,60	84,00 17,70	165,17 20,87	312,10 23,85	147,10 20,80	349,10 25,20	435,50 26,25	521,90 27,45	775,70 30,40	915,20 31,70	1 069,55 33,00
9,5		4,10 8,60	6,50 9,50	15,20 11,70	26,70 13,05	57,60 16,00	86,20 18,10	169,60 21,43	320,90 24,50	151,00 21,35	357,30 25,80	447,30 26,95	537,65 28,30	796,70 31,20	982,60 32,70	1 097,40 33,90
10,0		4,17 8,80	6,60 9,80	15,65 12,10	27,50 13,40	59,00 16,40	88,40 18,60	174,07 21,99	328,70 25,10	155,00 21,90	365,20 26,40	459,20 27,70	553,25 29,10	817,80 32,00	975,20 33,80	1 125,50 34,80
11,0		4,42 9,25	7,00 10,25	16,35 12,60	29,00 14,10	61,80 17,20	92,80 19,50	182,98 23,12	344,60 26,30	162,90 23,00	381,30 27,50	482,90 29,10	584,60 30,75	860,00 33,70	1 022,80 35,50	1 181,20 36,50
12,0		4,61 9,80	7,30 10,75	17,00 13,20	30,20 14,75	64,60 18,00	97,20 20,45	193,87 24,12	360,30 27,50	170,00 24,00	397,35 28,70	506,70 30,50	616,20 32,40	902,00 35,35	1 068,30 37,00	1 237,20 38,20
13,0		4,80 10,15	7,60 11,20	17,75 13,70	31,40 15,35	67,40 18,75	101,70 21,40	198,80 25,13	372,70 28,50	177,00 25,00	413,40 29,80	530,40 32,00	641,60 33,75	945,90 37,10	1 111,90 38,55	1 293,20 39,95
14,0		4,96 10,45	7,85 11,55	18,45 14,25	32,70 15,95	70,15 19,50	105,30 22,15	206,72 26,12	385,10 29,40	184,00 26,00	429,50 31,00	556,90 33,60	665,40 35,00	981,70 38,50	1 153,70 40,00	1 341,80 41,45
15,0		5,11 10,75	8,10 11,90	19,15 14,80	33,90 16,55	72,95 20,30	108,90 22,90	214,61 27,12	397,60 30,40	191,10 27,00	445,40 32,15	576,50 34,75	689,20 36,25	1 016,10 39,80	1 194,40 41,40	1 388,70 42,90
16,0		5,27 11,10	8,35 12,30	19,85 15,30	35,15 17,10	75,20 20,90	112,50 23,70	221,52 27,99	410,10 31,30	197,20 27,90	461,50 33,30	595,40 35,90	712,00 37,45	1 049,50 41,10	1 233,60 42,80	1 434,40 44,30
17,0		5,43 11,40	8,60 12,60	20,55 15,90	36,10 17,60	77,40 21,50	116,10 24,40	228,43 28,86	422,60 32,30	203,40 28,80	477,60 34,40	613,70 37,00	733,50 38,60	1 081,70 42,40	1 271,70 44,10	1 478,40 45,70
18,0		5,59 11,70	8,85 13,00	21,25 16,40	37,20 18,10	79,60 22,15	119,80 25,20	235,33 29,73	435,00 33,20	209,50 29,60	493,60 35,60	631,40 38,00	754,80 39,70	1 113,10 43,60	1 308,30 45,40	1 521,10 47,00
19,0		5,75 12,00	9,10 13,35	21,80 16,80	38,20 18,60	81,90 22,80	124,60 26,20	241,91 30,57	447,40 34,20	215,40 30,50	509,70 36,80	648,70 39,10	775,70 40,80	1 143,70 44,80	1 342,30 46,50	1 562,90 48,30
20,0		5,87 12,35	9,30 13,70	22,30 17,20	39,20 19,10	84,10 23,40	128,20 27,00	248 31,34	459,90 35,10	220,85 31,20	524,10 37,80	665,60 40,10	795,60 41,85	1 173,30 46,00	1 379,25 47,80	1 603,70 49,50

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные бесшовные ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на *1 пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
9,0		1 422,60 35,50	1 617,80 36,60	1 870,60 38,00	2 348,70 40,00	2 438,48 39,23	2 778,90 41,30	4 153,50 43,40	5 651,80 46,70	7 483,40 49,60	10 059,90 53,30	12 896,10 56,95	16 008,10 59,30	19 990,45 63,00	24 024,50 65,20	33 134,00 70,40
9,5		1 466,70 36,60	1 660,70 37,60	1 925,80 39,10	2 412,60 41,15	2 511,58 40,42	2 862,20 42,55	4 271,30 44,60	5 811,70 48,00	7 700,65 51,00	9 098,30 54,30	12 900,65 57,00	17 912 66,35	22 116 69,70	26 710 72,49	35 886 78,20
10,0		1 501,90 37,50	1 704,00 38,60	1 973,10 40,00	2 475,35 42,20	2 577,21 41,42	2 937,00 43,60	4 389,00 45,85	5 969,20 49,30	7 889,80 52,40	9 344,90 55,60	13 251,65 58,50	18 371 68,05	22 690 71,51	27 407 74,38	36 822 80,24
11,0		1 575,15 39,35	1 790,10 40,50	2 069,10 42,00	2 597,30 44,30	2 695,50 43,22	3 071,80 45,50	4 623,55 48,30	6 249,00 51,60	8 298,10 55,00	9 783,00 58,20	13 951,40 61,60	19 265 71,36	23 798 75,00	28 748 78,02	38 607 84,13
12,0		1 645,20 41,10	1 869,20 42,30	2 161,80 43,90	2 711,60 46,25	2 813,83 45,03	3 206,65 47,40	4 833,20 50,50	6 530,10 53,90	8 741,70 57,90	10 223,00 60,80	14 651,10 64,70	20 131 74,57	24 861 78,35	30 020 81,47	40 323 87,87
13,0		1 712,00 42,80	1 945,60 44,00	2 250,00 45,70	2 823,00 48,15	2 932,12 46,83	3 341,45 49,30	5 022,70 52,50	6 811,20 56,20	9 099,25 60,30	19 663,10 63,40	15 353,10 67,80	21 435 79,40	25 876 81,55	31 239 84,78	41 975 91,47
14,0		1 776,90 44,40	2 019,00 45,70	2 334,20 47,40	2 929,15 50,00	3 054,14 48,64	3 480,50 51,20	5 212,25 54,45	7 035,30 58,10	9 441,70 62,60	11 014,00 65,95	16 036,90 70,80	21 740 80,53	26 857 84,64	32 418 87,98	43 563 94,93
15,0		1 839,30 45,95	2 089,60 47,30	2 416,50 49,05	3 032,30 51,70	3 155,09 50,25	3 595,55 52,90	5 403,70 56,45	7 248,50 59,80	9 773,65 64,80	11 347,80 68,50	16 598,50 73,30	22 504 83,36	27 790 87,58	33 557 91,07	45 078 98,23
16,0		1 899,40 47,45	2 158,60 48,90	2 496,30 50,70	3 131,40 53,40	3 256,05 51,87	3 710,60 54,60	5 567,40 58,20	7 484,80 61,80	10 093,50 65,90	11 717,60 71,10	17 144,30 75,70	23 414 86,73	28 700 90,45	34 763 94,10	46 565 101,47
17,0		1 957,80 48,90	2 224,80 50,40	2 474,10 52,20	3 227,55 55,00	3 357,00 54,34	3 825,65 57,20	5 732,00 60,00	7 708,90 63,60	10 404,30 69,00	12 068,50 73,70	17 671,90 78,00	23 959 88,75	29 589 93,25	35 727 96,96	48 001 104,60
18,0		2 014,70 50,30	2 289,30 51,80	2 647,50 53,70	3 321,35 56,70	3 458,57 55,86	3 941,40 58,80	5 897,60 61,60	8 063,90 66,60	10 706,10 71,00	12 624,20 76,30	18 183,65 80,30	24 645 91,29	30 328 95,58	36 774 99,80	49 382 107,61
19,0		2 069,90 51,70	2 352,00 53,20	2 720,00 55,20	3 412,25 58,20	3 559,57 57,47	4 056,50 60,50	6 062,30 63,30	8 285,66 68,40	11 000,30 72,90	12 971,30 78,40	18 681,80 82,50	25 322 93,80	31 286 98,60	37 776 102,52	50 736 110,56
20,0		2 123,55 53,00	2 413,00 54,60	2 855,40 58,00	3 500,75 59,70	3 653,03 58,90	4 163 00 62,00	6 218,30 65,00	8 500,00 70,20	11 285,40 74,80	13 307,00 80,50	19 166,40 84,60	25 981 96,24	32 092 101,14	38 756 105,18	52 071 113,47

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м*^{2}		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma=1$ *кг/м*^{3}														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
22,0		6,19 13,00	9,80 14,40	23,40 18,00	41,20 20,10	88,55 24,60	133,90 28,20	260,27 32,89	484,90 37,00	231,70 32,80	549,70 39,70	698,10 42,10	834,40 43,90	1 230,70 48,20	1 446,45 50,15	1 682,80 52,00
24,0		6,50 13,65	10,30 15,15	24,50 18,90	43,30 21,10	93,00 25,90	138,45 29,10	271,80 34,34	509,70 38,95	242,10 34,20	574,10 41,40	729,10 43,95	871,50 45,80	1 285,30 50,40	1 510,80 52,40	1 756,80 54,30
26,0		6,82 14,30	10,80 15,90	25,50 19,70	44,85 21,90	96,60 26,90	144,15 30,30	282,90 35,75	534,70 40,90	251,90 35,60	597,50 43,10	759,00 45,75	907,00 47,70	1 337 90 52,40	1 572,50 54,50	1 828,65 56,50
28,0		7,13 14,90	11,30 16,60	26,60 20,50	45,70 22,30	100,20 27,90	147,80 31,10	293,61 37,10	553,70 42,30	261,45 37,0	620,10 44,80	787,50 47,50	941,30 49,50	1 388,40 54,40	1 631,90 56,60	1 897,30 58,60
30,0		7,32 15,35	11,60 17,10	27,50 21,20	48,00 23,40	103,80 28,90	154,90 32,60	303,90 38,40	573,10 43,80	270,60 38,20	641,90 46,30	815,20 49,10	974,30 51,25	1 437,10 56,30	1 689,00 58,60	1 964,40 60,70
32,0		7,58 15,85	12,00 17,60	28,35 21,90	49,60 24,20	107,35 29,90	160,30 33,70	313,90 39,66	591,90 45,20	279,50 39,50	662,90 47,85	842,00 50,75	1 006,30 52,90	1 484,40 58,20	1 744,70 60,50	2 028,40 62,70
34,0		7,76 16,30	12,30 18,10	29,20 22,60	51,20 25,00	110,95 30,90	165,30 34,80	322,35 40,70	610,20 46,60	288,10 40,70	683,30 49,30	856,00 51,60	1 037,30 54,60	1 529,80 60,00	1 798,30 62,35	2 090,90 64,60
36,0		8,02 16,70	12,70 18,60	30,10 23,25	52,70 25,70	114,00 31,70	170,30 35,80	331,70 41,80	627,90 49,0	296,45 41,90	703,25 50,80	893,00 53,80	1 067,50 56,15	1 574,20 61,70	1 850,25 64,15	2 151,40 66,50
38,0		8,21 17,25	13,00 19,15	31,00 28,90	54,30 26,50	117,20 32,60	175,30 36,90	340,79 43,0	645,00 49,30	304,60 43,00	722,50 52,15	917,40 55,30	1 096,60 57,70	1 617,30 63,40	1 901,00 69,90	2 210,30 68,30
40,0		8,46 17,70	13,40 19,70	31,90 24,60	55,90 27,20	120,25 33,40	180,30 37,90	349,63 44,20	661,80 50,60	312,40 44,20	741,20 53,50	941,50 56,75	1 125,10 59,20	1 659,40 65,00	1 950,60 67,60	2 267,90 70,00
45,0		8,96 18,90	14,20 21,00	33,60 26,00	35,20 27,20	128,00 35,60	192,00 40,30	370,86 46,80	701,80 53,60	331,50 46,90	786,20 56,75	998,40 60,20	1 193,40 62,80	1 759,95 69,00	2 068,90 71,70	2 405,50 74,30
50,0		9,53 20,00	15,10 22,25	35,30 27,30	60,0 30,7	136,0 37,10	202,0 42,40	390,91 49,40	739,90 56,50	349,35 49,40	828,80 59,80	1 052,50 63,40	1 258,00 66,20	1 855,40 72,70	2 180,80 75,60	2 535,60 78,30
55,0		9,98 20,90	15,80 23,25	37,00 28,60	63,15 32,30	143,0 39,30	211,0 44,35	409,98 51,60	776,00 59,30	366,40 51,80	869,20 62,70	1 103,90 66,50	1 319,40 69,40	1 945,70 76,25	2 287,20 79,30	2 659,30 82,15

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245,6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог.м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при γ=1 *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
22,0		2 227,20 55,60	2 531,00 57,30	2 926,85 59,40	3 672,00 62,60	3 828,97 61,56	4 363,50 64,80	6 530,40 68,20	8 915,60 73,60	11 836,10 78,45	13 957,60 84,40	20 103,40 88,80	27 255 100,96	33 663 106,09	40 632 110,30	54 609 119,00
24,0		2 326,50 58,10	2 643,60 59,80	3 056,90 62,00	3 835,55 65,40	3 998,06 64,17	4 556,20 67,55	6 837,70 71,40	9 311,80 76,90	12 362,70 81,90	14 577,80 88,10	20 996,10 92,70	28 462 105,43	35 161 110,81	42 440 115,21	57 027 124,27
26,0		2 421,40 60,50	2 751,40 62,30	3 182,00 64,60	3 992,70 68,10	4 191,29 67,16	4 776,40 70,70	7 113,35 74,30	9 692,10 80,00	12 868,10 85,30	15 173,40 91,70	21 854,35 96,50	29 620 109,72	36 592 115,32	44 183 119,94	59 363 129,36
28,0		2 513,00 62,80	2 855,20 64,60	3 302,25 67,00	4 142,20 70,65	4 349,85 69,54	4 957,10 73,20	7 381,40 77,10	10 058,10 83,00	13 352,40 88,50	15 746,20 95,20	22 678,60 100,15	30 741 113,87	37 975 119,68	46 113 125,18	61 598 134,23
30,0		2 601,10 65,00	2 955,50 66,90	3 418,50 69,40	4 288,20 73,10	4 502,89 71,34	5 131,50 75,10	7 640,80 79,80	10 410,60 85,90	13 821,60 91,60	16 298,10 98,50	23 475,70 103,70	31,818 117,86	39,305 123,87	47 450 128,81	63 929 139,31
32,0		2 686,40 67,10	3 052,30 69,10	3 529,85 71,65	4 429,50 75,55	4 650,26 74,19	5 229,45 78,10	7 891,60 82,40	10 752,30 88,80	14 275,75 94,60	16 832,95 101,80	24 245,60 107,00	32,868 121,75	40 596 127,94	49 005 133,03	65 852 143,50
34,0		2 769,20 69,20	3 146,40 71,20	3 638,75 73,90	4 564,90 77,90	4 696,20 76,38	5 351,80 80,40	8 133,80 85,00	11 083,00 90,50	14 714,80 97,50	17 350,75 104,90	24 990,60 110,40	33 881 125,50	41 853 131,90	50 519 137,14	67 885 147,93
36,0		2 849,30 71,20	3 237,40 73,30	3 744,15 76,00	4 697,40 80,10	4 835,55 78,47	5 510,66 82,60	8 369,30 87,40	11 406,50 94,15	15 141,80 100,40	17 857,15 107,95	26 222 115,80	34 863 129,14	43 062 135,71	51,977 141,10	69 854 152,22
38,0		2 927,80 73,10	3 326,20 73,30	3 846,60 78,10	4 825,80 82,30	5 067,12 80,56	5 774,50 84,80	8 599,00 89,80	11 716,65 96,70	15 555,20 103,10	22 568 115,99	26 947 124,00	35 814 132,66	44 239 139,42	53 407 144,98	71 758 156,37
40,0		3 003,80 75,00	3 412,80 77,25	3 946,60 80,10	4 951,30 84,45	5 199,01 83,22	5 924,80 87,60	8 822,00 92,10	12 020,80 99,20	15 959,50 105,80	23 154 112,08	27 644 132,08	36 748 136,12	45 394 143,06	54 788 148,73	73 626 160,44
45,0		3 185,50 79,60	3 620,00 81,90	4 186,60 85,00	5 252,00 89,60	5 514,30 88,35	6 284,10 93,00	9 357,10 97,75	12 851,30 105,25	16 928,10 112,20	24 554 129,46	29 315 139,46	38 975 144,37	48 139 151,71	58,122 157,78	78 096 170,18
50,0		3 358,00 83,90	3 815,70 86,40	4 412,70 89,60	5 535,80 94,40	5 812,82 92,95	6 624,30 97,85	9 863,55 103,00	13 540,70 110,90	17 843,90 118,30	25 886 136,48	30,905 146,48	41 083 151,18	50 725 159,86	61 257 166,29	82 317 179,39
55,0		3 522,20 88,00	4 001,70 90,60	4 628,00 93,90	5 806,10 99,00	6 095,90 97,28	6 946,90 102,40	10 346,00 108,10	14 196,10 116,35	20 134 133,35	27 147 143,14	32 413 153,14	43 086 159,60	53 228 167,75	64,259 174,44	86 337 188,14

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma=1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
60		10,25 21,80	16 24,25	39 29,95	69 33,59	150 41,08	220 46,43	429 54,24	810 61,95	320 53,85	907 65,51	1 153 69,51	1 378 72,49	2 032 79,65	2 388 82,82	2 777 85,80
65		10,73 22,70	17 25,27	40 31,30	72 34,94	156 42,76	229 48,32	447 56,56	845 64,56	397 56,12	946 68,30	1 200 72,35	1 434 75,44	2,115 82,89	2 486 86,20	2 890 89,29
70		11,23 23,60	17,8 26,25	42 32,65	75 36,25	161 44,35	238 50,13	464 58,60	875 66,90	411 58,13	981 70,79	1 245 75,07	1 488 78,27	2 195 86,02	2,580 89,47	3 000 92,67
75		11,68 24,50	18,5 27,26	44 33,81	78 37,52	167 45,92	246 51,92	478 60,46	906 69,26	425 60,17	1 015 73,26	1 289 77,69	1 541 81,04	2 272 89,04	2 670 92,60	3 105 95,94
80		12,00 25,30	19 28,10	45 34,94	80 38,75	173 47,41	255 53,62	496 62,64	936 71,51	439 62,13	1 062 75,66	1 331 80,24	1 591 83,63	2 347 91,98	2,758 95,65	3 207 99,07
85		12,37 26,10	19,6 28,98	46 36,02	83 39,95	178 48,90	262 55,26	511 64,60	965 73,73	453 64,06	1 080 77,98	1 372 82,71	1 640 86,27	2 419 94,82	2 844 98,60	3 306 102,13
90		12,62 27,00	20 29,81	48 37,05	85 41,72	183 50,32	270 56,86	526 66,46	993 75,88	466 65,88	1 112 80,24	1 412 85,11	1 688 88,78	2 489 97,54	2 925 101,43	3 402 105,11
95		13,13 27,65	20,8 30,65	49 38,06	88 42,25	188 51,66	277 58,39	543 68,64	1 020 77,95	481 68,10	1 142 82,45	1 451 87,44	1 734 91,22	2 557 100,23	3 006 104,23	3 495 107,98
100		13,45 28,40	21,3 31,41	50 39,05	90 43,34	193 53,01	285 59,95	557 70,38	1 046 79,95	494 69,88	1 172 84,60	1 488 89,69	1 779 93,58	2 623 102,81	3 084 106,92	3 586 110,78
110		13,87 29,70	22 32,98	53 40,97	94 45,44	202 55,62	298 62,86	583 73,73	1 097 83,87	518 73,26	1 229 88,71	1 561 94,09	1 866 98,16	2 751 107,83	3 235 112,16	3 666 113,25
120		14,52 31,00	23 34,43	55 42,79	98 47,48	211 57,91	312 65,66	609 77,0	1 141 87,25	541 76,53	1 284 92,67	1 630 98,27	1 949 102,52	2 874 112,63	3 378 117,14	3 530 122,4
130		15,15 32,20	24 35,85	57 44,54	102 49,41	220 60,46	320 68,35	635 80,20	1 193 91,18	573 79,66	1 336 96,45	1 697 102,31	2 028 106,70	2 992 117,25	3 466 121,4	3 660 126,9
140		15,78 33,40	25 37,19	60 46,21	106 51,30	229 62,75	337 70,93	659 83,25	1 238 94,60	585 82,67	1,387 100,09	1 761 106,16	2 104 110,70	3 053 120,8	3 604 126,1	3 801 131,8

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог.* в *м кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при γ=1 *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
60		3 678 91,90	4 179 94,60	4 839 98,22	6 064 103,43	6 811,15 104,48	7 762 109,98	11 575 120,92	15 764 130,12	21 014 139,28	33 853 149,50	35 762 157,93	45 001 166,69	55 592 175,20	67 128 182,18	—
65		3 828 95,65	4 351 98,49	5 031 102,13	6 311 107,65	7 088,44 108,72	8 078 114,45	12 048 125,87	16 407 135,43	21 875 144,99	35 235 155,60	37 221 164,37	46 847 173,53	57 804 182,36	—	—
70		3 972 99,25	4 515 102,20	5 221 105,98	6 550 111,72	7 356,96 112,84	8 384 118,78	12 504 130,63	17 028 140,55	22 697 150,44	36 571 161,50	38 627 170,58	48 613 180,07	—	—	—
75		4 112 102,74	4 676 15,86	5 404 109,69	6 780 115,65	7 615,82 116,81	8 679 122,96	12 942 135,21	17 628 145,50	23 498 155,75	37 855 167,17	39 979 176,55	50 322 186,40	—	—	—
80		4 248 106,12	4 826 109,25	5 581 113,29	7 002 119,43	7 865,03 120,64	8 963 126,99	13 367 139,64	18 226 150,44	24 266 160,84	39 089 172,62	41 288 182,33	—	—	—	—
85		4 379 109,40	4 958 112,23	5 753 116,78	7 217 123,10	8 106,34 124,33	9 238 130,88	13 778 143,93	18 764 154,88	25 012 165,78	40,298 177,96	42 563 187,96	—	—	—	—
90		4 511 112,70	5 119 115,87	5 920 120,16	7 426 126,67	8 342,39 127,96	9 507 134,70	14 179 148,12	19 310 159,39	25 736 170,58	41 469 183,13	43 799 193,42	—	—	—	—
95		4 628 115,61	5 252 118,89	6 072 123,25	7 631 130,16	8 570,54 131,45	9 767 138,37	14 568 152,19	19 838 163,75	26 444 175,27	42 603 188,14	—	—	—	—	—
100		4 730 118,16	5 397 122,16	6 233 126,52	7 823 133,43	8 796,06 134,90	10 024 142,01	14 944 155,11	20 353 168,0	27 130 179,82	—	—	—	—	—	—
110		4 826 121 25	5 535 126,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120		5 092 127,2	5 894 132,5	—	—	—		—	—		—	—	—	—	—	—
130		5 316 132,8	6 132 138,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
140		5 540 138,4	6 371 144,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
150		16,42 34,60	26 38,50	62 47,85	110 53,08	236 64,93	349 73,40	681 86,13	1 281 97,94	605 85,58	1 435 103,61	1 823 109,87	2 178 114,60	3 159 125,1	3 720 130,4	3 931 136,3
160		17,04 35,60	27 39,74	64 49,41	113 54,57	244 67,08	360 75,84	704 88,96	1 323 101,14	625 88,39	1 482 107,0	1 883 113,50	2 250 118,38	3 265 129,3	3 837 134,6	4 055 140,6
170		17,67 36,80	28 40,97	66 50,94	117 56,50	252 69,15	371 78,17	724 91,51	1 364 104,27	644 91,11	1 528 110,3	1 912 115,3	2 353 122,1	3 371 133,5	3 943 138,3	4 168 144,5
180		18,30 37,80	29 42,17	68 52,39	121 58,17	259 71,15	383 80,71	746 94,30	1 404 107,29	663 93,73	1 569 113,25	1 963 118,3	2 427 126,1	3 476 137,8	4 049 142,0	4 280 148,4
190		18,65 38,90	29,4 43,30	70 53,84	124 59,73	266 73,08	393 82,64	767 96,89	1 442 110,23	681 96,31	1 615 116,59	2 021 121,8	2 485,7 129,3	3 572 141,5	4 176 146,3	4 410 152,9
200		18,94 39,90	30 44,43	71 55,22	127 61,30	273 75,0	403 84,78	786 99,29	1 480 113,10	698 98,82	1 657 119,65	2 074,2 125,03	2 544 132,5	3 657 145,2	4 304 150,5	4 537 157,3
210		19,57 40,90	31 45,55	73 56,61	130 62,82	280 76,82	413 86,85	805 101,76	1 524 116,23	715 101,25	1 698 122,48	2 123,5 128,0	2 661 135,7	3 747 151,6	4 404 154,2	4 646 161,1
220		20,20 41,90	32 46,61	75 57,95	133 64,28	286 78,64	422 82,89	824 104,20	1 622 124,0	732 103,61	1 749 126,1	1 828 131,8	2 671 138,9	3 827 151,6	4 505 157,9	4 708 165,0
230		20,52 42,80	32,4 47,66	77 59,22	136 65,73	293 80,42	432 90,89	842 106,52	1 656 128,3	749 105,94	1 786 128,8	1 866 134,6	2761 142,0	3 922 155,3	4 595 161,1	4 802 168,3
240		20,83 43,80	33 48,68	78 60,50	139 67,15	299 82,13	441 92,85	861 108,81	1 691 129,3	765 108,23	1 823 131,3	1 905 137,3	2 851 145,2	4 017 159,0	4 685 164,0	4 896 171,4
250		21,27 44,80	33,7 49,70	80 61,77	142 68,53	305 83,84	450 94,78	878 111,03	1 725 132,0	781 110,45	1 860 134,1	1 944 140,1	2 883 148,4	4 076 162,2	4 791 168,0	5 007 175,6
260		21,58 45,80	34 50,68	81 62,97	145 69,88	311 85,51	459 96,63	896 113,25	1 760 134,6	797 112,67	1 897 136,7	1 982 142,8	2 915 151,6	4 176 165,4	4 897 171,7	5 117 179,4
270		22,10 46,80	35 51,63	83 64,17	148 71,22	317 87,11	468 98,49	925 116,6	1 791 137,3	832 105,0	1 932 139,4	2 019 145,7	2 968 154,2	4 256 168,5	4 987 174,9	5 211 182,8

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
150		5 720 142,9	6 577 148,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160		5 904 147,5	6 784 153,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170		6 092 152,2	6 996 158,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180		6 273 156,7	7 208 163,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190		6 457 161,3	7 420 168,0	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
200		6 637 165,8	7 632 172,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210		6 801 169,9	7 817 177,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220		7 683 174,0	8 003 181,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
230		7 840 177,6	8 167 185,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240		7 999 181,1	8 332 188,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250		8 156 184,7	8 496 192,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260		8 314 188,3	8 660 196,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
270		8 472 191,8	8 825 199,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58						
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70							
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка—скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
280		22,72 47,80	36 52,57	84 65,37	150 72,53	323 88,71	476 100,31	942 118,7	1 823 140,0	848 106,8	1 966 142,0	2 054 148,4	3 021 156,9	4 335 171,7	5 077 178,1	5 305 186,1
290		23,04 48,75	36,3 53,52	86 56,53	153 73,80	329 90,31	485 102,09	959 120,8	1 855 142,0	863 108,7	2 003 144,7	2 093 151,2	3 063 159,5	4 415 174,9	5 168 181,3	5 401 189,4
300		23,36 49,70	37 54,42	87 67,66	156 75,0	335 91,84	493 103,83	976 123,0	1 887 144,2	878 110,7	2 040 147,3	2 132 153,9	3 116 162,2	4 494 178,1	5 268 185,5	5 505 193,8
320		24,00 50,60	38 56,21	90 69,88	162 77,47	345 94,85	508 107,03	1 010 127,3	1 951 148,4	909 114,6	2 114 152,6	2 209 159,5	3 211 167,5	4 553 184,5	5 459 192,9	5 705 201,6
350		27,08 55,00	42,9 61,3	94,7 74,2	178,1 86,4	374,2 103,6	538,5 113,4	1 060,0 133,6	2 035,2 155,8	954,0 120,2	2 204,8 159,0	2 601,7 166,0	3 381,4 176,0	4 844,2 191,9	5 692,2 199,3	6 773,7 208,3
400		28,28 58,80	44,8 65,5	101,3 79,4	190,8 92,4	398,5 110,2	574,5 120,8	1 128,9 142,0	2 173,0 166,4	1 016,0 127,8	2 353,2 169,6	2 776,8 177,2	3 604,0 187,6	5 194,0 205,6	6 084,4 213,1	7 240,4 222,7
450		30,50 62,50	48,6 69,4	107,0 88,0	202,5 98,0	425,1 117,7	609,5 128,3	197,8 150,5	2 310,8 177,0	1 078,0 139,5	2 491,0 180,2	2 939,4 188,3	3 837,2 199,3	5 480,2 217,3	6 444,8 225,8	7 669,3 236,0
500		32,38 65,75	51,3 73,2	113,4 88,7	213,1 103,3	448,4 124,0	639,2 134,6	1 261,4 159,0	2 968,0 185,5	1 135,3 143,1	2 628,8 189,7	3 102,0 198,2	4 038,6 210,0	5 777,0 229,0	6 773,4 237,4	8 060,3 248,1
600		35,47 72,00	56,2 80,1	124,0 97,2	233,2 113,4	489,7 135,7	699,6 147,3	1 378,0 174,9	2 671,2 204,6	1 240,2 157,4	2 872,6 206,7	3 389,7 216,0	4 420,2 230,0	6 338,8 251,2	7 441,2 260,8	8 855,0 272,5
700		38,31 77,80	60,7 86,6	133,5 104,9	251,2 121,9	527,9 146,3	760,0 161,1	1 494,6 188,7	2 883,2 218,4	1 345,1 169,8	3 010,4 224,7	3 552,3 234,8	4 770,0 248,0	6 847,6 271,4	8 013,6 280,9	9 536,2 293,5
800		41,00 83,20	64,9 92,5	143,1 112,3	268,2 130,3	567,1 156,9	810,9 170,7	1 600,6 201,4	3 074 235,3	1 440,5 181,3	3 328,4 240,6	3 927,5 251,4	5 119,8 266,1	7 218,6 290,4	8 596,6 301,0	10 229,9 314,5
900		43,43 88,10	68,8 98,1	151,6 118,7	286,2 138,9	601,0 166,4	860,7 181,3	1 696,0 213,1	3 264,8 250,2	1 526,4 191,8	3 540,4 255,5	4 177,7 267,0	5 427,2 282,0	7 759,2 307,4	9 105,4 319,1	10 835,4 333,4
1 000		45,83 92,80	72,6 102,9	160,0 125,1	301,0 146,3	630,7 174,9	906,3 190,8	1 780,8 224,7	3 445,0 263,9	1 602,7 202,2	3 731,2 269,2	4 402,8 281,3	5 713,4 296,8	8 183,2 323,3	9 593,0 336,1	11 415,7 351,2

Продолжение табл. VI

Диаметры		Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58														
Условный проход	в дюймах	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7	299/8	325/8	351/8	377/9	426/11
	в *мм*															
Наружный диаметр в *мм*		127	133	140	152	159	168	194	219	245	273	299	325	351	377	426
Внутренний диаметр в *мм*		119	125	131	143	150	158	184	207	231	259	283	309	335	357	404
Потери от трения R' на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество проходящего пара в *кг/час* Нижняя строка — скорость пара в трубе в *м/сек* при $\gamma = 1$ *кг/м³*														
1		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
280		8 621 195,4	8 980 203,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
290		8 787 198,9	9 153 207,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300		8 944 202,5	9 317 210,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
320		9 268 209,6	9 654 218,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
350		9 657 218,7	10 059,4 227,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400		10 338,8 234,0	10 769,6 243,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450		10 959,5 1 248,2	11 416,2 258,6	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
500		11 549,8 261,5	12 031 272,4	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
600		12 669 286,9	13 197 298,9	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
700		13 656,2 309,3	14 225,2 322,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800		14 602,5 330,7	15 211 344,5	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900		15 498 351,1	16 143,8 365,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 000		16 352,6 370,4	17 034 385,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица VII

ЗНАЧЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДЛИН (в *м*) МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ K=0,2 *мм*

Внутренний диаметр труб в *мм*	Коэффициенты местных сопротивлений $\Sigma\zeta$ $l_{экв}$														
	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
10	0,15	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,00	1,13	1,26	1,52	1,76	2,00	2,25	2,52
15	0,22	0,37	0,56	0,74	0,93	1,12	1,30	1,48	1,67	1,86	2,24	2,60	2,96	3,33	3,70
20	0,34	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52	2,80	3,36	3,92	4,48	5,04	5,60
25	0,45	0,75	1,13	1,50	1,88	2,25	2,63	3,00	3,38	3,76	4,50	5,26	6,00	6,75	7,50
32	0,66	1,10	1,65	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40	4,95	5,50	6,60	7,70	8,80	9,90	11,00
40	0,78	1,30	1,95	2,60	3,25	3,90	4,55	5,20	5,85	6,50	7,80	9,10	10,40	11,70	13,00
50	1,14	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55	9,50	11,40	13,30	15,20	17,10	19,00
57/3,5	1,44	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60	10,80	12,00	14,40	16,80	19,20	21,60	24,00
70	1,56	2,60	3,90	5,20	6,50	7,80	9,10	10,40	11,70	13,00	15,60	18,20	20,80	23,40	26,00
76/3	1,74	2,90	4,35	5,80	7,25	8,70	10,15	11,60	13,05	14,50	17,40	20,30	23,20	26,10	29,00
83/3,5	1,86	3,10	4,65	6,20	7,75	9,30	10,85	12,40	13,95	15,50	18,60	21,70	24,80	27,90	31,00
89/3,5	2,22	3,70	5,55	7,40	9,25	11,10	12,95	14,80	16,65	18,50	22,20	25,90	29,60	33,30	37,00
102/4	2,40	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00	40,00
108/4	2,60	4,35	6,53	8,70	10,88	13,06	15,23	17,40	19,58	21,76	26,12	30,46	34,80	39,16	43,50
114/4	3,00	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
127/4	3,20	5,35	8,03	10,70	13,38	16,06	18,73	21,40	24,08	26,76	32,12	37,46	42,80	48,15	53,50
133/4	3,50	5,80	8,70	11,60	14,50	17,40	20,30	23,20	26,10	29,00	34,80	40,60	46,40	52,20	58,00
140/4,5	3,90	6,50	9,75	13,00	16,25	19,50	22,75	26,00	29,25	32,50	39,00	45,50	52,00	58,50	65,00
152/4,5	4,40	7,35	11,03	14,70	18,38	22,06	24,73	29,40	33,08	36,76	44,12	49,43	58,80	66,15	73,50
194/5	5,30	8,80	13,20	17,60	22,00	26,40	30,80	35,20	39,60	44,00	52,80	61,60	70,40	79,20	88,00
219/6	6,05	10,10	15,15	20,20	25,25	30,30	35,35	40,40	45,45	50,50	60,60	70,70	80,80	90,90	101,00
245/6	6,90	11,60	17,40	23,20	29,00	34,80	40,60	46,40	52,20	58,00	69,60	81,20	92,80	104,40	116,00
273/7	8,00	13,30	19,95	26,60	33,25	39,90	46,55	53,20	59,85	66,50	79,80	93,10	106,40	119,70	133,00
299/8	9,35	15,60	23,40	31,20	39,00	46,80	54,60	62,40	70,20	78,00	93,60	109,20	124,80	140,40	156,00
325/8	10,40	17,30	25,95	34,60	43,25	51,90	60,55	69,20	77,85	86,50	103,80	121,10	138,40	155,70	173,00
351/8	11,50	19,20	28,80	38,40	48,00	57,60	67,20	76,80	82,40	96,00	115,20	134,40	153,60	164,80	192,00
377/9	12,50	20,80	31,20	41,60	52,00	62,40	72,80	83,20	93,60	104,00	124,80	143,60	166,40	187,20	208,00
426/11	14,30	23,70	35,55	47,40	59,25	71,10	82,95	94,80	106,65	118,50	142,20	165,90	189,60	213,30	237,00

Конечное давление p_2 в *am*										
9,0	5,04									
8,8	4,94	10,0								
8,6	4,84	19,8	9,8							
8,4	4,75	29,3	19,4	9,6						
8,2	4,65	38,8	28,8	19,0	9,4					
8,0	4,56	48,0	38,0	28,2	18,6	9,2				
7,8	4,45	57,0	47,0	37,2	27,6	18,3	9,0			
7,6	4,36	65,8	55,8	46,1	36,6	27,0	17,9	8,8		
7,4	4,26	74,4	64,4	54,6	45,1	35,7	26,5	17,6	8,6	
7,2	4,17	82,9	72,9	63,1	53,4	44,2	34,9	25,9	17,2	
7,0	4,08	91,1	81,1	71,4	61,8	52,3	43,2	34,1	25,3	
6,8	3,97	99,2	89,2	79,4	69,8	60,4	51,2	42,2	33,3	
6,6	3,88	107	97,1	87,3	77,7	68,3	59,1	50,1	41,2	
6,4	3,78	115	105	95,0	85,3	76,0	66,7	57,7	48,9	
6,2	3,69	122	112	103	92,8	83,4	74,3	65,2	56,3	
6,0	3,59	130	120	110	100	90,7	81,5	72,5	63,7	
5,8	3,49	137	127	117	108	97,8	88,6	79,5	70,8	
5,6	3,40	144	133	124	114	105	95,5	86,5	77,6	
5,4	3,3	150	140	130	121	112	102	93,1	84,4	
5,2	3,2	157	147	137	127	118	109	99,7	90,7	
5,0	3,1	163	153	143	134	124	115	106	97,2	
4,8	3,01	169	159	149	140	130	121	112	103	
4,6	2,91	175	165	155	146	136	127	118	109	1
4,4	2,81	181	171	161	151	142	133	124	115	1
4,2	2,71	186	176	166	157	147	138	129	120	1
4,0	2,62	192	182	172	162	153	144	134	126	1
3,8	2,52	197	187	177	167	158	149	140	131	1
3,6	2,42	202	192	182	172	163	153	145	136	1
3,4	2,32	206	197	187	177	167	158	149	141	1
3,2	2,22	211	201	191	182	172	163	154	145	1
3,0	2,12	216	205	196	186	177	167	159	149	1
2,8	2,02	219	210	200	190	181	172	162	154	1
2,6	1,92	223	214	204	194	185	175	167	158	1
2,4	1,82	227	217	208	198	188	179	170	162	1
2,2	1,72	231	221	211	202	192	183	174	165	1
2,0	1,68	234	224	215	205	195	186	177	168	1
1,8	1,52	237	227	218	208	199	189	180	172	1
1,6	1,42	240	230	221	211	202	192	183	175	1
1,4	1,31	243	233	223	214	204	195	186	177	1
1,2	1,21	245	236	226	216	207	198	189	180	1
1,0	1,11	248	238	228	219	209	200	191	182	1
0,8	1,00	251	240	230	221	211	202	193	184	1
0,6	0,90	253	243	233	223	213	204	195	186	1
0,4	0,79	255	244	235	225	215	206	197	188	1
0,2	0,69	256	246	236	227	217	208	199	190	1
0	0,58	258	247	238	228	218	209	200	191	1
—0,2	0,47	259	248	239	229	220	210	201	193	1
—0,4	0,36	260	249	240	230	221	211	202	194	1
—0,6	0,25	261	250	240	231	221	212	203	194	1
—0,8	0,13	261	251	241	231	222	213	203	195	1

p_2	γ_2 / γ_1	5,04	4,94	4,84	4,75	4,65	4,56	4,45	4,36	4,2
	p_1	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4

ЗНАЧЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН $\frac{R \cdot l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\,\gamma_{ср}$ кг/м² ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРОВОГО

	8,4																			
	6,8	8,2																		
	24,7	16,4	8,1																	
	32,6	24,1	16,0	7,9																
	40,2	31,9	23,5	15,6	7,7															
	47,8	39,2	31,1	23,0	15,2	7,5														
	55,0	46,6	38,3	30,3	22,4	14,8	7,3													
	62,2	53,0	45,4	37,3	29,6	21,8	14,4	7,1												
	69,0	60,6	52,3	44,2	36,4	28,8	21,2	14,0	6,9											
	75,6	67,3	59,0	51,0	43,1	35,4	28,0	20,6	13,6	6,7										
	82,2	73,7	65,6	57,4	49,7	42,0	34,5	27,2	20,0	13,2	6,5									
	88,4	80,0	71,8	63,9	55,9	48,4	40,9	33,5	26,3	19,5	12,8	6,3								
	94,6	86,2	77,9	69,9	62,2	54,4	47,0	39,6	32,6	26,6	18,9	12,4	6,1							
	101	92,1	83,8	75,8	68,0	60,4	52,9	45,6	38,4	31,6	24,9	18,2	12,0	5,9						
	106	97,8	89,6	81,5	73,7	66,0	58,6	51,3	44,2	37,2	30,6	24,1	17,7	11,6	5,7					
	112	103	95,2	87,0	79,1	71,6	64,0	56,9	49,7	42,8	36,1	29,6	23,3	17,2	11,5	5,5				
	117	109	100	92,5	84,6	76,8	69,5	62,1	55,1	48,1	41,4	35,0	28,6	22,5	16,1	10,9	5,3			
	122	114	106	97,6	89,6	82,2	74,5	67,3	60,1	53,3	46,6	40,1	53,8	27,7	21,7	16,0	10,5	5,1		
	127	119	110	103	94,6	87,0	79,6	72,2	65,2	58,2	51,5	45,0	38,7	32,6	26,7	21,0	15,4	10,1	4,9	
	132	123	115	107	99,4	91,7	84,2	77,0	69,8	63,0	56,2	49,7	43,5	37,3	31,4	25,7	20,2	14,8	9,7	4,7
	136	128	120	112	104	96,3	88,8	81,5	74,4	67,5	60,8	54,3	48,0	41,9	35,9	30,2	24,7	19,4	14,2	9,3
	141	132	124	116	108	101	93,2	85,8	78,8	71,9	65,1	58,6	52,3	46,2	40,3	34,6	29,0	23,7	18,6	13,6
	145	136	128	120	112	104	97,2	90,0	82,9	76,0	69,4	62,8	56,4	50,3	44,4	38,7	33,2	27,8	22,7	17,8
	149	140	132	124	116	108	101	93,9	86,9	79,9	73,2	66,8	60,4	54,2	48,4	42,7	37,1	31,8	26,7	21,7
	153	144	136	128	120	112	105	97,6	90,5	83,7	76,9	70,4	64,2	58,0	52,1	46,4	40,9	35,5	30,4	25,5
	156	148	140	131	123	116	109	101	94,1	87,2	80,6	74,1	67,7	61,6	55,6	50,0	44,4	39,1	33,9	29,0
	160	151	143	135	127	119	112	105	97,4	90,6	83,9	77,3	71,0	65,0	59,0	53,2	47,8	42,4	37,3	32,3
	163	154	146	138	130	122	115	108	101	93,7	87,0	80,4	74,2	68,0	62,2	56,4	50,9	45,6	40,4	35,5
	166	157	149	141	133	125	118	111	103	96,8	90,0	83,4	77,1	71,0	65,0	59,4	53,9	48,5	43,4	38,4
	169	160	152	144	136	128	121	113	106	99,4	92,8	86,2	79,9	73,9	67,8	62,0	56,6	51,3	46,1	41,1
	171	163	154	146	138	131	123	116	109	102	95,3	88,8	82,4	76,3	70,4	64,6	59,0	53,8	48,6	43,6
	174	165	157	149	141	133	126	118	111	104	97,6	91,1	84,8	78,6	72,7	67,0	61,3	56,0	50,9	45,9
	176	167	159	151	143	135	128	120	113	106	99,8	93,3	87,0	80,8	74,8	69,1	63,5	58,1	52,9	48,0
	178	169	161	153	145	137	130	122	115	108	102	95,5	88,8	82,7	76,8	70,9	65,5	60,0	54,0	49,9
	180	171	163	155	147	139	131	124	117	110	104	97,7	90,6	84,4	78,5	72,8	67,0	61,8	56,5	51,6
	181	173	164	156	149	141	133	126	119	112	105	98,9	92,2	86,0	79,9	74,2	68,7	63,2	58,1	53,1
	183	174	166	158	150	142	134	127	120	113	106	99,9	93,4	87,3	81,3	75,4	69,9	64,6	59,4	54,5
	184	175	167	159	151	143	136	128	121	114	107	101	94,6	88,3	82,4	76,6	71,0	65,6	60,6	55,6
	185	176	168	160	152	144	137	129	122	115	108	102	95,3	89,3	83,2	77,6	71,9	66,6	61,9	56,5
	186	177	169	161	153	145	137	130	123	116	109	103	96,1	89,9	84,1	78,2	72,7	67,2	62,2	57,2
	186	177	169	161	153	145	138	131	124	117	109	103	96,6	90,5	84,4	78,8	73,1	67,8	62,6	57,7
36	4,26	4,17	4,08	3,97	3,88	3,78	3,69	3,59	3,49	3,40	3,3	3,2	3,1	3,02	2,91	2,81	2,71	2,62	2,52	2,42
,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6

Начальное давление p_1 в *ат*

ОТОПЛЕНИЯ ПРИ ДАВЛЕНИИ от 0,8 до 9 *ат*

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ И ТЕПЛОТА ИСПАРЕНИЯ СУХОГО НАСЫЩЕННОГО ПАРА

Давление *p* в *ат*	Теплосодержание 1 *кг* пара *J* в *ккал*	Теплота испарения 1 *кг r* в *ккал*	Давление *p* в *ат*	Теплосодержание 1 *кг* пара *J* в *ккал*	Теплота испарения 1 *кг r* в *ккал*
—0,8	622,8	563,2	2,0	651,0	517,6
—0,6	629,9	554,1	2,2	651,7	516,1
—0,4	633,5	548,1	2,4	652,3	514,6
—0,2	636,5	543,5	2,6	653,0	513,2
0	638,9	539,8	2,8	653,6	511,8
0,1	639,9	538,1	3,0	654,1	510,5
0,2	640,8	536,5	3,2	655,4	507,4
0,3	641,7	535,0	3,4	656,6	504,5
0,4	642,5	533,7	3,6	657,6	501,8
0,5	643,4	532,2	3,8	658,5	499,2
0,6	644,0	531,1	4,0	659,2	496,7
0,8	645,3	528,8	4,5	660,0	494,4
1,0	646,5	526,6	5,0	660,7	492,2
1,2	647,5	524,6	5,5	661,3	490,0
1,4	648,5	522,7	6,0	661,8	487,9
1,6	649,4	520,9	6,5	662,4	486,0
1,8	650,2	519,2	7,0	662,8	484,0
			7,5	663,3	482,1

4,5																				
8,9	4,3																			
13,0	8,5	4,1																		
17,0	12,4	8,1	3,9																	
20,8	16,2	11,8	7,7	3,7																
24,3	19,8	15,4	11,2	7,3	3,5															
27,6	23,1	18,8	14,6	10,6	6,9	3,3														
30,7	26,2	21,9	17,7	13,8	10,0	6,5	3,1													
33,7	29,0	24,7	20,7	16,6	12,9	9,4	6,1	2,9												
36,4	31,8	27,4	23,3	19,5	15,6	12,1	8,8	5,7	2,7											
38,9	34,3	30,0	25,8	21,9	18,2	14,6	11,3	8,2	5,3	2,5										
41,1	36,8	32,3	28,2	24,2	20,4	17,0	13,6	10,5	7,6	4,8	2,3									
43,3	38,7	34,4	30,2	26,3	22,6	19,0	15,0	12,6	9,7	7,0	4,4	2,1								
45,2	40,7	36,3	32,2	28,2	24,5	21,0	17,6	14,6	11,6	8,9	6,3	4,0	1,9							
46,8	42,4	38,0	33,9	29,9	26,2	22,7	19,4	16,1	13,3	10,8	8,0	5,7	3,6	1,7						
48,4	43,8	39,5	35,3	31,4	27,7	24,2	20,8	17,8	14,7	12,0	9,5	7,2	5,0	3,2	1,5					
49,7	45,2	40,8	36,7	32,7	29,0	25,5	22,2	18,9	16,0	13,3	10,8	8,4	6,3	4,4	2,7	1,2				
50,9	46,3	42,0	37,8	33,9	30,2	26,5	23,2	20,1	17,1	14,4	11,8	9,5	7,4	5,4	3,8	2,3	1,0			
51,7	47,2	42,9	38,7	34,8	31,1	27,5	24,0	20,9	18,0	15,2	12,7	10,3	8,2	6,3	4,6	3,1	1,8	0,8		
52,5	47,2	43,6	39,5	35,4	31,7	28,0	24,9	21,6	18,6	15,9	13,3	11,0	8,8	6,9	5,2	3,7	2,5	1,4	0,6	
53,0	48,4	44,1	40,0	36,0	32,0	28,5	25,0	21,9	19,1	16,3	13,7	11,4	9,3	7,3	5,6	4,1	2,8	1,8	1,0	0,4
2,32	2,22	2,12	2,02	1,92	1,82	1,72	1,62	1,52	1,42	1,31	1,21	1,11	1,0	0,9	0,70	0,69	0,58	0,47	0,36	0,25
3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0	—0,2	—0,4	—0,6

Таблица IX

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* ПРИ ДАВЛЕНИИ от 3 до 3,5 *ат*

p_1 \ p_2	3,00	3,02	3,04	3,06	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18	3,20	3,22	3,24	3,26	3,28	3,30	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50
0	0	0,425	0,852	1,281	1,712	2,145	2,580	3,017	3,456	3,897	4,340	4,785	5,232	5,681	6,132	6,585	7,024	7,480	7,956	8,417	8,880	9,345	9,812	10,281	10,752	11,225
3,00			0,428	0,430 0,858	0,432 0,862 1,290	0,434 0,866 1,296 1,724	0,436 0,870 1,302 1,732 2,160	0,874 1,308 1,740 2,170 2,598	1,314 1,748 2,180 2,610 3,038	1,756 2,100 2,622 3,052 3,480	2,200 2,634 3,066 3,496 3,924	2,646 3,080 3,512 3,942 4,370	3,094 3,528 3,960 4,390 4,818	3,544 3,978 4,410 4,840 5,268	3,996 4,430 4,862 5,292 5,720	4,450 4,884 5,316 5,746 6,174	4,895 5,328 5,759 6,188 6,615	5,352 5,785 6,216 6,645 7,072	5,824 6,258 6,690 7,120 7,548	6,286 6,720 7,152 7,582 8,010	6,750 7,184 7,616 8,046 8,474	7,216 7,650 8,082 8,512 8,940	7,684 8,118 8,550 8,980 9,408	8,154 8,588 9,020 9,450 9,878	8,626 9,060 9,492 9,922 10,350	9,100 9,534 9,966 10,396 10,824
3,02								0,438	0,440 0,878	0,442 0,882 1,320	0,444 0,886 1,326 1,764	0,446 0,890 1,332 1,772 2,210	0,894 1,338 1,780 2,220 2,658	1,344 1,788 2,230 2,670 3,108	1,796 2,240 2,682 3,122 3,560	2,250 2,694 3,136 3,576 4,104	2,700 3,143 3,584 4,023 4,460	3,157 3,600 4,041 4,480 4,917	3,624 4,068 4,510 4,950 5,388	4,086 4,530 4,972 5,412 5,850	4,550 4,994 5,436 5,876 6,314	5,016 5,460 5,902 6,342 6,780	5,484 5,928 6,370 6,810 7,248	5,954 6,398 6,840 7,280 7,718	6,426 6,870 7,312 7,752 8,190	6,900 7,344 7,786 8,226 8,664
3,04													0,448	0,450 0,902	0,452 0,906 1,359	0,454 0,908 1,365 1,808	0,454 0,910 1,371 1,828 2,265	0,456 0,916 1,377 1,840 2,305	0,460 0,922 1,386 1,852 2,320	0,462 0,926 1,392 1,860 2,330	0,464 0,930 1,398 1,868 2,340	0,466 0,934 1,404 1,876 2,350	0,468 0,938 1,410 1,884 2,355	0,470 0,940 1,413 1,888 2,772	0,472 0,944 1,416 1,892 3,241	0,474 0,948 1,420 1,896 3,712	3,5 3,48 3,46 3,44 3,42 4,185
3,06																										
3,08																										
3,10																										
3,12																										
3,14																										
3,16																										
3,18																										
3,20																										
3,22																										
3,24																										
3,26																										
3,28																										
3,30																										
3,32																										
3,34																										
3,36																										
3,38																										
3,40																										
3,42																										
3,44																										
3,46																										
3,48																										
3,50																										

Начальное давление p_1 в *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*

Таблица X

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* ПРИ ДАВЛЕНИИ от 2,5 до 3 *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*	2,50	2,52	2,54	2,56	2,58	2,60	2,62	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84	2,86	2,88	2,90	2,92	2,94	2,96	2,98	3,00
3,00																										
2,98																										
2,96																										
2,94																										
2,92																							0,418			
2,90																						0,415	0,834	1,251	1,672	2,095
2,88																					0,413	0,828	1,248	1,664	2,085	2,508
2,86																				0,411	0,824	1,239	1,660	2,075	2,496	2,919
2,84																			0,410	0,822	1,236	1,652	2,075	2,490	2,912	3,336
2,82																		0,408	0,816	1,227	1,640	2,055	2,478	2,891	3,312	3,735
2,80																	0,405	0,814	1,221	1,632	2,045	2,460	2,884	3,296	3,717	4,140
2,78																0,403	0,808	1,218	1,624	2,035	2,448	2,863	3,288	3,699	4,120	4,543
2,76															0,401	0,804	1,209	1,620	2,025	2,436	2,849	3,264	3,690	4,100	4,521	4,944
2,74														0,400	0,802	1,206	1,612	2,025	2,430	2,842	3,256	3,672	4,100	4,510	4,932	5,356
2,72													0,398	0,796	1,197	1,600	2,005	2,418	2,821	3,232	3,645	4,060	4,488	4,896	5,317	5,740
2,70												0,395	0,794	1,191	1,592	1,995	2,400	2,801	3,202	3,627	4,040	4,455	4,884	5,291	5,712	6,135
2,68											0,393	0,788	1,188	1,594	1,985	2,388	2,793	3,208	3,609	4,020	4,433	4,848	5,278	5,684	6,105	6,528
2,66										0,391	0,784	1,179	1,589	1,975	2,376	2,779	3,184	3,600	4,000	4,411	4,824	5,239	5,670	6,075	6,496	6,919
2,64									0,389	0,780	1,179	1,568	1,970	2,364	2,765	3,168	3,573	3,990	4,389	4,800	5,343	5,628	6,006	6,406	6,885	7,308
2,62								0,388	0,776	1,167	1,560	1,955	2,358	2,751	3,152	3,555	3,960	4,378	4,776	5,187	5,600	6,165	6,448	6,851	7,272	7,695
2,60							0,385	0,774	1,161	1,552	1,945	2,340	2,744	3,136	3,537	3,940	4,345	4,764	5,161	5,572	5,985	6,400	6,834	7,236	7,657	8,080
2,58						0,383	0,768	1,158	1,544	1,935	2,328	2,723	3,128	3,519	3,920	4,323	4,728	5,148	5,544	5,955	6,368	6,783	7,218	7,619	8,040	8,423
2,56					0,380	0,764	1,149	1,540	1,925	2,316	2,709	3,104	3,510	3,900	4,301	4,704	5,109	5,530	5,925	6,336	6,749	7,164	7,600	8,000	8,421	8,844
2,54				0,378	0,758	1,143	1,528	1,920	2,304	2,695	3,088	3,483	3,890	4,279	4,680	4,983	5,488	5,910	6,304	6,715	7,128	7,543	7,980	8,379	8,800	9,223
2,52			0,376	0,752	1,139	1,516	1,900	2,292	2,674	3,064	3,456	3,850	4,257	4,644	5,044	5,446	5,850	6,272	6,664	7,074	7,486	7,900	8,337	8,734	9,154	9,576
2,50	0	0,374	0,752	1,128	1,508	1,895	2,280	2,674	3,056	3,447	3,840	4,235	4,644	5,031	5,432	5,835	6,240	6,664	7,056	7,467	7,880	8,295	8,734	9,131	9,552	9,975

Начальное давление p_1 в *ат*

p_1 \ p_2

Таблица XI

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* ПРИ ДАВЛЕНИИ от 2 до 2,5 *ат*

p_1 \ p_2	2,00	2,02	2,04	2,06	2,08	2,10	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	2,22	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42	2,44	2,46	2,48	2,50
2,00																										
2,02	0,325																									
2,04	0,652	0,327																								
2,06	0,981	0,656	0,329																							
2,08	1,312	0,987	0,66	0,331																						
2,10	1,646	1,320	0,993	0,664	0,333																					
2,12	1,98	1,655	1,328	0,999	0,668	0,335																				
2,14	2,317	1,992	1,665	1,336	1,005	0,672	0,337																			
2,16	2,656	2,331	2,004	1,675	1,344	1,011	0,676	0,339																		
2,18	2,997	2,672	2,345	2,016	1,685	1,352	1,017	0,680	0,341																	
2,20	3,340	3,015	2,688	2,359	2,028	1,695	1,36	1,023	0,684	0,343																
2,22	3,685	3,360	3,033	2,704	2,373	2,040	1,705	1,368	1,029	0,688	0,345															
2,24	4,032	3,707	3,380	3,051	2,720	2,387	2,052	1,715	1,376	1,035	0,692	0,347														
2,26	4,381	4,056	3,729	3,400	3,069	2,736	2,401	2,064	1,725	1,384	1,041	0,696	0,349													
3,28	4,732	4,407	4,08	3,751	3,420	3,087	2,752	2,415	2,076	1,735	1,392	1,047	0,70	0,351												
3,30	5,085	4,76	4,433	4,104	3,773	3,440	3,105	2,768	2,429	2,088	1,745	1,40	1,053	0,704	0,353											
3,32	5,44	5,115	4,788	4,459	4,128	3,795	3,460	3,123	2,784	2,443	2,10	1,755	1,408	1,059	0,708	0,355										
3,34	5,797	5,472	5,145	4,816	4,485	4,152	3,817	3,480	3,141	2,80	2,457	2,112	1,765	1,416	1,065	0,712	0,357									
3,36	6,156	5,831	5,504	5,175	4,844	4,511	4,176	3,839	3,500	3,159	2,816	2,471	2,124	1,775	1,424	1,071	0,716	0,359								
3,38	6,517	6,192	5,865	5,536	5,205	4,872	4,537	4,200	3,861	3,520	3,177	2,832	2,485	2,136	1,785	1,424	1,077	0,72	0,361							
3,40	6,88	6,555	6,228	5,899	5,568	5,235	4,90	4,563	4,224	3,886	3,540	3,195	2,848	2,499	2,148	1,795	1,44	1,083	0,724	0,363						
3,42	7,245	6,92	6,593	6,264	5,933	5,600	5,265	4,928	4,589	4,248	3,905	3,560	3,213	2,864	2,513	2,16	1,805	1,448	1,089	0,728	0,365					
3,44	7,612	7,287	6,96	6,631	6,300	5,967	5,632	5,295	4,956	4,615	4,272	3,927	3,580	3,231	2,88	2,527	2,172	1,815	1,456	1,095	0,732	0,367				
3,46	7,981	7,656	7,329	7,00	6,669	6,336	6,001	5,664	5,325	4,984	4,641	4,296	3,949	3,600	3,249	2,896	2,541	2,184	1,825	1,464	1,101	0,736	0,369			
3,48	8,352	8,027	7,70	7,371	7,04	6,707	6,372	6,035	5,696	5,355	5,012	4,667	4,32	3,971	3,620	3,267	2,912	2,555	2,196	1,835	1,472	1,107	1,48	0,371		
3,50	8,725	8,40	8,073	7,744	7,413	7,08	6,745	6,408	6,069	5,728	5,385	5,04	4,693	4,344	3,903	3,640	3,285	2,928	2,569	2,208	1,845	1,48	1,113	0,744	0,373	

Начальное давление p_1 в *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*

Таблица XII

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\,\gamma_{ср}$ *кг/м²* ПРИ ДАВЛЕНИИ от 1,5 до 2 *ат*

p_2 \ p_1	2,00	1,98	1,96	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84	1,82	1,80	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70	1,68	1,66	1,64	1,62	1,60	1,58	1,56	1,54	1,52	1,50
2,00																										
1,98	0,323																									
1,96	0,643	0,32																								
1,94	0,96	0,638	0,318																							
1,92	1,276	0,954	0,634	0,316																						
1,90	1,59	1,268	0,948	0,631	0,315																					
1,88	1,902	1,58	1,262	0,945	0,628	0,313																				
1,86	2,21	1,891	1,575	1,256	0,939	0,623	0,311																			
1,84	2,524	2,20	1,882	1,565	1,246	0,933	0,618	0,308																		
1,82	2,84	2,512	2,19	1,87	1,555	1,236	0,924	0,615	0,306																	
1,80	3,14	2,82	2,492	2,18	1,855	1,54	1,23	0,918	0,611	0,305																
1,78	3,44	3,116	2,80	2,472	2,16	1,842	1,53	1,222	0,915	0,608	0,303															
1,76	3,74	3,42	3,092	2,775	2,46	2,142	1,832	1,525	1,216	0,909	0,603	0,30														
1,74	4,045	3,71	3,39	3,072	2,755	2,444	2,135	1,825	1,515	1,206	0,90	0,598	0,298													
1,72	4,325	4,0	3,684	3,37	3,056	2,745	2,432	2,12	1,81	1,50	1,196	0,894	0,594	0,296												
1,70	4,62	4,3	3,98	3,664	3,355	3,04	2,725	2,412	2,10	1,795	1,49	1,188	0,888	0,589	0,293											
1,68	4,91	4,59	4,275	3,96	3,65	3,335	3,016	2,70	2,392	2,082	1,781	1,48	1,178	0,879	0,584	0,291										
1,66	5,20	4,89	4,57	4,25	3,94	3,62	3,30	2,992	2,68	2,376	2,07	1,768	1,465	1,168	0,875	0,58	0,289									
1,64	5,50	5,18	4,86	4,545	4,215	3,90	3,59	3,28	2,968	2,665	2,356	2,05	1,751	1,455	1,16	0,867	0,576	0,287								
1,62	5,80	5,465	5,15	4,82	4,50	4,185	3,875	3,562	3,255	2,944	2,64	2,336	2,04	1,74	1,445	1,152	0,861	0,572	0,285							
1,60	6,075	5,755	5,42	5,10	4,785	4,475	4,15	3,85	3,536	3,22	2,92	2,62	2,32	2,022	1,728	1,435	1,144	0,855	0,568	0,283						
1,58	6,36	6,025	5,70	5,38	5,07	4,75	4,445	4,125	3,81	3,502	3,20	3,90	2,60	2,304	2,008	1,718	1,425	1,136	0,849	0,564	0,281					
1,56	6,63	6,30	5,98	5,66	5,345	5,04	4,71	4,40	4,08	3,78	3,48	3,18	3,88	2,585	2,288	1,993	1,705	1,415	1,128	0,843	0,560	0,279				
1,54	6,90	6,58	6,26	5,94	5,62	5,30	4,98	4,67	4,36	4,06	3,76	3,456	3,16	2,86	2,565	2,272	1,98	1,692	1,405	1,12	0,837	0,555	0,277			
1,52	7,18	6,86	6,54	6,22	5,89	5,56	5,25	4,95	4,64	4,34	4,09	3,73	3,436	3,14	2,84	2,55	2,256	1,97	1,68	1,395	1,11	0,831	0,552	0,275		
1,50	7,45	7,125	6,81	6,485	6,15	5,84	5,53	5,215	4,91	4,605	4,30	4,0	3,70	3,41	3,115	2,82	2,53	2,24	1,952	1,67	1,385	1,104	0,825	0,548	0,273	0

Начальное давление p_1 в *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1000} = 1\,000\ \gamma_{ср}\ кг/м^2$ ПРИ ДАВЛЕНИИ от 1 до 1,5 *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50
1,50																							0,264	0,266	0,268	0,27
1,48																							0,53	0,534	0,538	0,804
1,46																								0,797	0,804	1,068
1,44																									1,068	1,42
1,42																					0,263	0,526	0,792	1,06	1,33	1,40
1,40																				0,261	0,522	0,788	1,052	1,32	1,591	1,38
1,38																			0,259	0,518	0,783	1,044	1,315	1,58	1,85	1,36
1,36																		0,258	0,514	0,778	1,036	1,304	1,568	1,84	2,102	1,34
1,34																	0,256	0,51	0,775	1,028	1,296	1,554	1,826	2,088	2,368	1,32
1,32																0,253	0,506	0,768	1,02	1,29	1,542	1,815	2,072	2,35	2,61	1,30
1,30															0,251	0,502	0,76	1,012	1,28	1,53	1,805	2,058	2,332	2,59	2,87	1,28
1,28														0,249	0,498	0,752	1,004	1,266	1,518	1,79	2,04	2,322	2,57	2,855	3,108	1,26
1,26													0,248	0,494	0,748	0,996	1,255	1,508	1,771	2,021	2,30	2,55	2,84	3,082	3,37	1,24
1,24												0,245	0,49	0,745	0,988	1,247	1,495	1,758	2,008	2,28	2,53	2,818	3,06	3,35	3,60	1,22
1,22											0,243	0,485	0,737	0,98	1,24	1,482	1,745	1,991	2,26	2,51	2,782	3,038	3,33	3,57	3,87	1,20
1,20										0,242	0,482	0,73	0,972	1,225	1,471	1,735	1,975	2,242	2,49	2,76	3,012	3,29	3,54	3,84	4,07	1,18
1,18									0,24	0,478	0,725	0,964	1,215	1,46	1,72	1,96	2,23	2,47	2,742	2,988	3,262	3,518	3,80	4,05	4,35	1,16
1,16									0,237	0,474	0,718	0,956	1,21	1,416	1,71	1,942	2,21	2,45	2,726	2,962	3,24	3,488	3,77	4,02	4,31	4,55	1,14
1,14								0,235	0,47	0,712	0,948	1,197	1,434	1,694	1,923	2,19	2,43	2,698	2,94	3,22	3,46	3,74	3,986	4,27	4,52	4,81	1,12
1,12							0,233	0,466	0,706	0,940	1,187	1,422	1,675	1,911	2,179	2,41	2,678	2,918	3,183	3,43	3,72	3,953	4,24	4,48	4,775	5,02	1,10
1,10						0,231	0,462	0,70	0,932	1,178	1,411	1,66	1,896	2,152	2,39	2,66	2,89	3,16	3,40	3,68	3,92	4,21	4,45	4,74	4,98	5,275	1,08
1,08					0,228	0,458	0,692	0,925	1,167	1,40	1,648	1,88	2,138	2,37	2,635	2,87	3,142	3,378	3,65	3,89	4,17	4,415	4,71	4,94	5,24	5,48	1,06
1,06				0,226	0,454	0,684	0,916	1,155	1,387	1,632	1,863	2,12	2,35	2,61	2,841	3,11	3,344	3,63	3,859	4,13	4,375	4,655	4,90	5,20	5,44	5,74	1,04
1,04			0,224	0,45	0,678	0,908	1,14	1,374	1,615	1,85	2,10	2,33	2,59	2,82	3,082	3,32	3,59	3,822	4,115	4,34	4,62	4,86	5,15	5,39	5,7	5,93	1,02
1,02	0	0,223	0,448	0,675	0,915	1,13	1,362	1,6	1,83	2,08	2,32	2,56	2,68	3,05	3,3	3,57	3,82	4,06	4,32	4,58	4,85	5,10	5,36	5,63	5,875	6,2	1,00
p_1 \ p_2	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50

Начальное давление p_1 в *ат*

Таблица XIV

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{\bar{R}' l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ *кг/м²* ПРИ ДАВЛЕНИИ от 0,64 до 1 *ат*

p_2 / p_1	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64
0,62	3,825	3,608	3,392	3,174	2,958	2,745	2,534	2,326	2,120	1,916	1,715	1,616	1,320	1,126	0,432	0,741	0,552	0,356	0,182
0,64	3,643	3,426	3,210	2,992	2,776	2,563	2,352	2,144	1,938	1,736	1,533	1,334	1,138	0,944	0,750	0,559	0,370	0,184	
0,66	3,459	3,242	3,260	2,808	2,592	2,379	2,168	1,960	1,754	1,550	1,349	1,150	0,954	0,760	0,566	0,375	0,186		
0,68	3,271	3,054	2,832	2,620	2,404	2,191	1,980	1,772	1,566	1,362	1,161	0,962	0,766	0,572	0,380	0,189			
0,70	3,089	2,865	2,649	2,431	2,215	2,002	1,791	1,583	1,377	1,173	0,972	0,773	0,577	0,383	0,191				
0,72	2,891	2,674	2,458	2,240	2,024	1,811	1,600	1,392	1,176	0,782	0,791	0,582	0,346	0,192					
0,74	2,699	2,482	2,266	2,048	1,832	1,619	1,408	1,200	0,994	0,790	0,589	0,395	0,194						
0,76	2,501	2,284	2,068	1,854	1,638	1,425	1,214	1,006	0,800	0,596	0,395	0,196							
0,78	2,301	2,084	1,868	1,654	1,442	1,229	1,018	0,810	0,604	0,400	0,199								
0,80	2,100	1,883	1,667	1,453	1,241	1,030	0,819	0,611	0,405	0,201									
0,82	1,914	1,680	1,464	1,250	1,038	0,827	0,618	0,410	0,204										
0,84	1,699	1,478	1,260	1,046	0,834	0,523	0,414	0,206											
0,86	1,495	1,274	1,056	0,840	0,628	0,417	0,208												
0,88	1,289	1,068	0,850	0,634	0,420	0,209													
0,90	1,080	0,859	0,641	0,425	0,211														
0,92	0,869	0,648	0,430	0,214															
0,94	0,655	0,434	0,216																
0,96	0,439	0,218																	
0,98	0,221																		
1,00																			

Конечное давление p_2 в *ат*

Начальное давление p_1 в *ат*

ЗНАЧЕНИЯ $\frac{R'l}{1\,000} = \frac{p_1 - p_2}{1\,000}\gamma_{ср}$ кг/м² ПРИ ДАВЛЕНИИ от 0,2 до 0,6 ат

p_1 \ p_2	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
0,20																					0,136	0,275
0,22																				0,138	0,279	0,415
0,24																			0,141	0,283	0,422	0,558
0,26																		0,143	0,288	0,428	0,567	0,703
0,28																	0,145	0,292	0,435	0,575	0,714	0,850
0,30																0,147	0,296	0,441	0,584	0,724	0,863	1,000
0,32															0,149	0,300	0,447	0,592	0,735	0,876	1,014	1,151
0,34														0,151	0,305	0,454	0,601	0,745	0,888	1,029	1,167	1,304
0,36													0,153	0,309	0,460	0,609	0,756	0,901	1,044	1,184	1,323	1,459
0,38												0,155	0,313	0,466	0,618	0,767	0,914	1,059	1,201	1,342	1,480	1,617
0,40											0,158	0,317	0,473	0,626	0,777	0,927	1,074	1,219	1,361	1,502	1,640	1,776
0,42										0,160	0,322	0,479	0,634	0,788	0,939	1,088	1,236	1,381	1,523	1,664	1,802	1,938
0,44									0,162	0,326	0,486	0,643	0,798	0,952	1,103	1,252	1,399	1,544	1,687	1,828	1,966	2,102
0,46								0,164	0,330	0,492	0,652	0,809	0,965	1,118	1,269	1,418	1,565	1,710	1,853	1,994	2,132	2,269
0,48							0,166	0,330	0,499	0,661	0,820	0,978	1,133	1,286	1,437	1,586	1,733	1,878	2,021	2,162	2,301	2,437
0,50						0,169	0,335	0,506	0,670	0,832	0,991	1,148	1,303	1,457	1,608	1,756	1,903	2,048	2,191	2,332	2,471	2,608
0,52					0,171	0,340	0,512	0,680	0,844	1,006	1,165	1,322	1,476	1,629	1,780	1,929	2,076	2,220	2,363	2,504	2,643	2,780
0,54				0,172	0,343	0,517	0,686	0,854	1,020	1,182	1,341	1,498	1,652	1,804	1,955	2,104	2,251	2,395	2,538	2,679	2,817	2,954
0,56			0,174	0,346	0,517	0,686	0,854	1,020	1,182	1,341	1,498	1,652	1,804	1,955	2,104	2,251	2,395	2,538	2,679	2,817	2,954	3,090
0,58		0,176	0,350	0,522	0,693	0,862	1,030	1,196	1,360	1,519	1,676	1,830	1,982	2,132	2,281	2,428	2,572	2,715	2,855	2,994	3,130	3,309
0,60	0,179	0,355	0,529	0,701	0,870	1,039	1,207	1,373	1,537	1,700	1,857	2,011	2,163	2,313	2,460	2,607	2,751	5,894	3,034	3,172	3,309	

Начальное давление p_1 в *ат*

Конечное давление p_2 в *ат*

Диаметры		Трубы стальные и водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55										
Условный переход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в мм	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в мм		21,25	26,75	33,3	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в мм		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82,5
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²		Верхняя строка—количество воды, Нижняя строка — скорость движе										
0,50		42,10 0,062	82 0,063	131 0,064	290 0,081	441 0,093	1 155 0,118	1 671 0,128	758 0,107	1 886 0,136	2 409 0,145	2 907 0,153
0,55		42,90 0,063	85 0,065	138 0,067	307 0,085	464 0,098	1 215 0,124	1 761 0,135	801 0,113	1 989 0,148	2 535 0,153	3 036 0,160
0,60		43,80 0,064	88 0,068	145 0,070	321 0,089	487 0,102	1 275 0,130	1 841 0,141	844 0,119	2 091 0,151	2 661 0,160	3 169 0,167
0,65		44,60 0,065	92 0,070	151 0,074	335 0,093	505 0,106	1 334 0,136	1 920 0,147	879 0,124	2 177 0,157	2 779 0,167	3 300 0,174
0,70		45,40 0,067	95 0,073	157 0,077	350 0,097	523 0,110	1 395 0,142	2 001 0,153	915 0,129	2 261 0,163	2 877 0,173	3 432 0,180
0,75		46,30 0,068	96 0,074	164 0,080	362 0,101	542 0,114	1 448 0,148	2 079 0,159	950 0,134	2 346 0,169	2 975 0,179	3 563 0,187
0,80		47,10 0,069	97 0,075	170 0,083	375 0,104	560 0,118	1 495 0,153	2 158 0,165	985 0,139	2 430 0,175	3 072 0,185	3 694 0,194
0,85		47,55 0,070	99 0,076	176 0,086	388 0,108	578 0,122	1 543 0,158	2 223 0,170	1 021 0,144	2 515 0, 181	3 172 0,191	3 825 0,201
0,90		48,40 0,071	102 0,078	181 0,088	400 0,111	596 0,125	1 591 0,163	2 289 0,175	1 057 0,149	2 581 0,186	3 270 0,197	3 956 0,208
0,95		49,25 0,073	105 0,081	187 0,091	412 0,114	614 0,129	1 638 0,167	2 353 0,180	1 092 0,154	2 648 0,191	3 368 0,203	4 059 0,213
1,00		50,00 0,074	108 0,083	192 0,094	423 0,117	633 0,133	1 685 0,172	2 418 0,185	1 127 0,159	2 714 0,196	3 467 0,209	4 160 0,219
1,1		51,70 0,076	114 0,088	203 0,099	445 0,124	669 0,141	1 780 0,182	2 548 0,195	1 181 0,167	2 846 0,205	3 663 0,220	4 365 0,229
1,2		53,30 0,078	120 0,92	212 0,103	463 0,129	705 0,148	1 859 0,190	2 653 0,203	1 235 0,175	2 979 0,215	3 817 0,230	4 570 0,240
1,3		54,90 0,080	125 0,096	221 0,108	481 0,134	737 0,155	1 938 0,198	2 756 0,210	1 289 0,182	3 112 0,225	3 972 0,239	4 776 0,251
1,4		56 0,083	130 0,100	231 0,112	500 0,139	763 0,161	2 017 0,206	2 859 0,218	1 342 0,190	3 243 0,234	4 126 0,249	4 979 0,262
1,5		58 0,085	135 0,104	240 0,117	518 0,144	790 0,166	2 096 0,214	2 964 0,226	1 397 0,197	3 376 0,244	4 280 0,258	5 152 0,271
1,6		59 0,087	139 0,108	248 0,121	536 0,149	816 0,172	2 165 0,221	3 068 0,234	1 450 0,205	3 483 0,251	4 435 0,267	5 325 0,280
1,7		61 0,090	144 0,111	256 0,125	554 0,154	843 0,177	2 226 0,227	3 171 0,242	1 495 0,211	3 590 0,259	4 589 0,277	5 498 0,289
1,8		62 0,092	149 0,115	264 0,129	572 0,159	869 0,183	2 287 0,234	3 276 0,250	1 540 0,218	3 696 0,267	4 718 0,284	5 671 0,298
1,9		64 0,094	153 0,118	272 0,133	590 0,164	895 0,188	2 349 0,240	3 379 0,258	1 585 0,224	3 803 0,274	4 848 0,292	5 844 0,307

ПРОВОДОВ при K=0,5 *мм*

Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	159	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
ния воды по трубе в *м/сек*

4 282 0,168	5 056 0,175	5 827 0,182	8 006 0,196	8 836 0,20	10 346 0,21	12 899 0,22	14 245 0,22	16 234 0,23	23 931 0,25	33 923 0,27	45 262 0,30	60 693 0,32
4 527 0,177	5 310 0,184	6 151 0,192	8 406 0,206	9 277 0,21	10 838 0,22	14 071 0,23	14 865 0,23	16 940 0,24	25 846 0,27	35 134 0,29	46 771 0,31	64 487 0,34
4 723 0,185	5 564 0,193	6 474 0,202	8 806 0,217	9 719 0,22	11 331 0,23	14 657 0,24	15 484 0,24	17 646 0,25	26 803 0,28	36 346 0,30	49 789 0,33	66 383 0,35
4 917 0,193	5 818 0,202	6 798 0,210	9 207 0,226	10 161 0,23	11 824 0,24	15 244 0,25	16 104 0,25	18 352 0,26	27 760 0,29	38 769 0,32	51 297 0,34	70 177 0,37
5 114 0,200	6 071 0,210	7 122 0,218	9 399 0,235	10 603 0,24	12 316 0,25	15 830 0,26	16 723 0,26	19 058 0,27	28 718 0,30	39 980 0,33	52 806 0,35	72 073 0,38
5 310 0,208	6 276 0,218	7 445 0,227	9 607 0,244	11 045 0,25	12 809 0,26	16 416 0,27	17 343 0,27	19 764 0,28	29 675 0,31	41 192 0,34	55 824 0,37	75 867 0,40
5 504 0,216	6 481 0,225	7 769 0,235	10 007 0,253	11 486 0,26	13 302 0,27	17 003 0,28	17 961 0,28	20 469 0,29	31 589 0,32	42 403 0,35	57 332 0,38	77 763 0,41
5 701 0,223	6 686 0,232	7 850 0,242	10 408 0,260	11 928 0,27	13 794 0,28	17 331 0,29	18 581 0,29	21 175 0,30	32 547 0,33	44 826 0,36	58 841 0,39	79 660 0,42
5 861 0,230	6 891 0,239	8 093 0,249	10 808 0,268	12 370 0,28	14 287 0,29	17 589 0,30	19 200 0,29	21 881 0,31	33 504 0,35	46 038 0,37	60 350 0,40	83 453 0,44
6 020 0,236	7 095 0,246	8 417 0,256	11 208 0,276	12 578 0,29	14 563 0,30	18 175 0,31	19 820 0,30	22 587 0,32	34 461 0,36	47 250 0,39	63 367 0,41	58 350 0,45
6 180 0,242	7 300 0,253	8 517 0,263	11 344 0,283	12 812 0,30	14 780 0,31	18 761 0,32	20 440 0,31	23 293 0,33	35 418 0,37	48 461 0,40	64 876 0,43	87 247 0,46
6 499 0,255	7 655 0,265	9 064 0,277	12 009 0,297	13 695 0,31	15 765 0,32	19 348 0,33	21 678 0,33	24 704 0,35	37 333 0,38	50 884 0,42	67 894 0,45	91 040 0,48
6 818 0,267	8 010 0,278	9 388 0,289	12 409 0,311	14 137 0,32	16 258 0,33	20 520 0,34	22 297 0,34	25 410 0,36	38 290 0,40	53 307 0,44	70 911 0,47	96 730 0,51
7 091 0,278	8 361 0,290	9 711 0,301	12 809 0,324	14 579 0,33	16 750 0,34	21,107 0,36	23 536 0,36	26 822 0,38	40,205 0,42	55 730 0,46	73 929 0,49	100 523 0,53
7 364 0,29	8 687 0,30	10 035 0,31	13 610 0,34	15 462 0,35	17 243 0,35	21,693 0,37	24 156 0,37	27 528 0,39	42 119 0,44	58 153 0,48	76 946 0,51	104 317 0,55
7 637 0,30	8 996 0,31	10 359 0,32	14 010 0,35	15 904 0,36	17 735 0,36	22 865 0,39	25 394 0,39	28 939 0,41	44 034 0,45	60 576 0,50	79 964 0,53	108 110 0,57
7 908 0,31	9 302 0,32	10 683 0,33	14 410 0,36	16 346 0,37	18 228 0,37	23 452 0,40	26 633 0,41	30 351 0,43	44 991 0,47	61 788 0,51	81 472 0,54	111 904 0,59
8 145 0,32	9 610 0,33	11 330 0,34	14 811 0,37	16 788 0,38	19 213 0,38	24 624 0,42	27 252 0,42	31 057 0,44	46 905 0,49	64 211 0,53	84 490 0,56	115 697 0,61
8 383 0,33	9 870 0,34	11 654 0,35	15 211 0,38	17 230 0,39	19 706 0,40	25 211 0,43	27 872 0,43	31 763 0,45	47 863 0,50	65 422 0,54	87 507 0,58	119 490 0,63
8 622 0,34	10 132 0,35	11 977 0,36	15 611 0,39	17 671 0,40	20 199 0,41	26 383 0,45	28 491 0,44	32 469 0,46	48 820 0,51	66 634 0,55	90 525 0,60	123 284 0,65

Диаметры		Трубы стальные и водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в мм	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в мм		21,25	26,75	33,3	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в мм		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82

Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²	Верхняя строка — количество воды, Нижняя строка — скорость движе										
2,0	66 0,096	158 0,122	284 0,139	609 0,169	922 0,194	2 409 0,546	3 482 0,266	1 630 0,230	3 908 0,282	4 977 0,300	5 998 0,315
2,2	69 0,101	166 0,128	296 0,144	645 0,179	974 0,205	2 552 0,259	3 649 0,279	1 729 0,243	4 122 0,30	5 236 0,31	6 293 0,33
2,4	72 0,105	174 0,135	308 0,150	672 0,187	1 016 0,214	2 654 0,271	3 812 0,291	1 788 0,253	4 300 0,31	5 493 0,33	6 588 0,35
2,6	75 0,110	182 0,140	321 0,157	700 0,194	1 058 0,222	2 775 0,284	3 978 0,304	1 856 0,262	4 479 0,32	5 715 0,34	6 882 0,36
2,8	78 0,114	189 0,146	334 0,163	725 0,202	1 099 0,231	2 887 0,295	4 142 0,317	1 924 0,272	4 658 0,34	5 936 0,36	7 133 0,37
3,0	81 0,119	196 0,152	345 0,168	752 0,209	1 141 0,240	2 986 0,305	4 308 0,329	1 991 0,282	4 837 0,35	6 157 0,37	7 384 0,39
3,2	84 0,123	203 0,157	356 0,174	779 0,217	1 183 0,249	3 085 0,315	4 443 0,339	2 059 0,291	5 015 0,36	6 379 0,38	7 635 0,40
3,4	87 0,127	209 0,162	367 0,179	805 0,22	1 224 0,25	3 184 0,33	4 578 0,35	2 127 0,30	5 154 0,37	6 566 0,40	7 886 0,41
3,6	90 0,132	216 0,167	377 0,184	832 0,23	1 259 0,26	3 284 0,34	4 714 0,36	2 195 0,31	5 294 0,38	6 754 0,41	8 108 0,43
3,8	92 0,136	222 0,172	388 0,189	859 0,24	1 293 0,27	3 383 0,35	4 849 0,37	2 263 0,32	5 432 0,39	6 943 0,42	8 331 0,44
4,0	95 0,139	228 0,176	399 0,195	886 0,25	1 328 0,28	3 481 0,36	4 983 0,38	2 320 0,33	5 571 0,40	7 130 0,43	8 544 0,45
4,5	101 0,149	243 0,188	426 0,208	938 0,26	1 414 0,30	3 697 0,38	5 299 0,40	2 462 0,35	5 917 0,43	7 570 0,46	9 084 0,48
5,0	107 0,158	254 0,196	453 0,221	991 0,27	1 491 0,31	3 897 0,40	5 587 0,43	2 603 0,37	6 264 0,45	7 990 0,48	9 582 0,50
5,5	113 0,166	266 0,205	480 0,234	1 044 0,29	1 558 0,33	4 097 0,42	5 873 0,45	2 745 0,39	6 610 0,48	8 391 0,51	10 027 0,53
6,0	118 0,174	277 0,214	507 0,247	1 097 0,39	1 626 0,34	4 296 0,44	6 143 0,47	2 887 0,41	6 904 0,50	8 765 0,53	10 409 0,55
6,5	124 0,182	289 0,223	525 0,256	1 139 0,32	1 694 0,36	4 466 0,46	6 390 0,49	2 999 0,42	7 196 0,52	9 139 0,55	10 791 0,57
7,0	128 0,189	300 0,232	543 0,265	1 181 0,33	1 762 0,37	4 637 0,47	6 638 0,51	3 112 0,44	7 490 0,54	9 427 0,57	11 173 0,59
7,5	133 0,196	311 0,240	561 0,274	1 224 0,34	1 830 0,38	4 807 0,49	6 885 0,53	3 224 0,46	7 743 0,55	9 715 0,59	11 555 0,61
8,0	138 0,203	323 0,249	578 0,282	1 266 0,35	1 898 0,40	4 976 0,51	7 106 0,54	3 337 0,47	7 997 0,58	9 858 0,59	11 937 0,63
8,5	143 0,210	334 0,258	597 0,291	1 309 0,36	1 960 0,41	5 124 0,52	7 327 0,56	3 449 0,49	8 252 0,60	10 293 0,62	12 320 0,65
9,0	147 0,21	346 0,26	614 0,30	1 342 0,37	2 012 0,42	5 272 0,54	7 548 0,57	3 544 0,50	8 471 0,61	10 581 0,63	12 702 0,66

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
ния воды по трубе, в *м/сек*

8 860 0,35	10 395 0,36	12 301 0,37	16 012 0,40	18 113 0,41	20 691 0,42	26 970 0,46	29 730 0,45	33 880 0,48	50 734 0,53	69 057 0,57	92 034 0,61	127 078 0,66
9 301 0,36	10 920 0,38	12 625 0,40	16 812 0,42	18 997 0,43	22 169 0,45	28 142 0,48	30 969 0,47	35 292 0,50	53 606 0,56	72 692 0,60	96 560 0,64	132 767 0,70
9 704 0,38	11 433 0,40	13 272 0,41	17 613 0,44	19 880 0,45	23 155 0,47	29 315 0,50	32 827 0,50	37 410 0,53	55 521 0,58	76 326 0,63	101 086 0,67	136 560 0,73
10 110 0,40	11 947 0,41	13 596 0,42	18 413 0,46	20 764 0,47	24 140 0,49	30 487 0,52	34 065 0,52	38 821 0,55	57 485 0,60	79 961 0,66	105 612 0,70	144 147 0,76
10 501 0,41	12 376 0,43	14 243 0,44	18 814 0,47	21 645 0,49	25 125 0,51	31 660 0,54	35 304 0,54	40 233 0,57	60 307 0,63	82 384 0,68	110 138 0,73	149 837 0,79
10 888 0,43	12 748 0,44	14 567 0,45	19 614 0,49	22 973 0,52	25 618 0,952	32 833 0,56	36 543 0,56	41 645 0,59	62 222 0,65	84 807 0,70	114 665 0,76	155 527 0,82
11 274 0,44	13 121 0,45	15 214 0,47	20 415 0,51	23 415 0,53	26 603 0,54	34 005 0,58	37 782 0,58	43 056 0,61	64 136 0,67	88 441 0,73	117 682 0,78	159 320 0,84
11 598 0,45	13 493 0,47	15 538 0,48	21 215 0,53	24 298 0,54	27 589 0,56	36 178 0,60	39 021 0,60	44 468 0,63	66 051 0,69	90 864 0,75	120 700 0,80	165 010 0,87
11 884 0,46	13 862 0,48	16 186 0,50	22 016 0,55	24 740 0,56	28 081 0,57	36 350 0,62	40 260 0,62	45 880 0,65	67 955 0,71	93 287 0,77	125 226 0,83	170 700 0,90
12 172 0,48	14 234 0,49	16 509 0,51	22 416 0,56	25 623 0,58	29 066 0,59	36 937 0,63	41 498 0,64	47 291 0,67	70 837 0,74	96 922 0,80	128 243 0,85	174 494 0,92
12 460 0,49	14 606 0,51	17 157 0,53	22 817 0,57	26 065 0,59	30 052 0,61	38 109 0,65	42 117 0,65	47 997 0,68	71 794 0,75	99 345 0,82	132 770 0,88	180 184 0,95
13 177 0,52	15 535 0,54	18 128 0,56	24 418 0,61	27 832 0,63	32 022 0,65	40 454 0,69	44 595 0,68	50 821 0,72	76 580 0,80	105 403 0,87	140 313 0,93	189 667 1,00
13 897 0,54	16 463 0,57	19 423 0,60	25 619 0,64	29 600 0,67	33 500 0,68	42 800 0,73	47 046 0,72	53 614 0,76	80 409 0,84	110 249 0,91	147 857 0,98	201 047 1,06
14 617 0,57	17 392 0,60	20 394 0,63	26 820 0,67	30 925 0,70	35 471 0,72	44 558 0,76	49 550 0,76	56 467 0,80	85 196 0,89	116 306 0,96	155 401 1,03	210 530 1,11
15 334 0,60	18 821 0,64	21 041 0,65	28 421 0,71	32 250 0,73	36 949 0,75	46 904 0,80	52 028 0,80	59 291 0,84	89 025 0,93	122 364 1,91	161 436 1,07	220 014 1,16
16 053 0,63	18 993 0,66	22 012 0,68	29 622 0,74	33 576 0,76	38 427 0,78	48 663 0,83	54 505 0,84	62 114 0,88	92 854 0,97	127 210 1,05	167 471 1,11	229 497 1,21
16 773 0,66	19 665 0,68	22 984 0,71	30 422 0,76	34 901 0,79	39 905 0,81	51 008 0,87	56 364 0,86	64 232 0,91	95 725 1,00	132 056 1,09	175 015 1,16	237 084 1,25
17 385 0,68	20 337 0,70	23 631 0,73	31 623 0,79	36 226 0,82	41 383 0,84	52 767 0,90	58 221 0,89	66 349 0,94	99 554 1,04	136 902 1,13	181 050 1,20	246 567 1,30
17 901 0,70	21 009 0,73	24 602 0,76	32 824 0,82	37 552 0,85	42 861 0,87	54 526 0,93	60 080 0,92	68 467 0,97	103 383 1,08	141 749 1,17	187 085 1,24	254 154 1,34
18 413 0,72	21 681 0,75	25 573 0,79	33 625 0,84	38 435 0,87	44 846 0,89	55 698 0,96	61 937 0,95	70 584 1,00	106 255 1,11	145 383 1,20	193 119 1,28	261 741 1,38
18 926 0,74	22 363 0,77	26 221 0,81	34 825 0,87	39 761 0,90	45 324 0,92	57 457 0,98	63 796 0,98	72 702 1,03	109 127 1,14	149 018 1,23	197 646 1,31	267 431 1,41

Диаметры		Трубы стальные и водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55										
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,3	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, Нижняя строка — скорость движения										
9,5		151 0,22	357 0,27	632 0,31	1 375 0,38	2 066 0,43	5 419 0,55	7 770 0,59	3 640 0,51	8 665 0,62	10 870 0,65	13 082 0,69
10,0		155 0,23	368 0,28	650 0,32	1 408 0,39	2 118 0,44	5 568 0,57	7 959 0,61	3 736 0,53	8 860 0,64	11 157 0,67	13 464 0,71
11,0		163 0,24	385 0,30	686 0,33	1 474 0,41	2 224 0,47	5 862 0,60	8 340 0,64	3 927 0,55	9 248 0,67	11 734 0,71	14 228 0,75
12,0		170 0,25	401 0,31	715 0,35	1 541 0,43	2 330 0,49	6 114 0,62	8 721 0,67	4 097 0,58	9 637 0,70	12 312 0,74	14 996 0,79
13,0		177 0,26	418 0,32	744 0,36	1 607 0,45	2 436 0,51	6 366 0,65	9 023 0,69	4 267 0,60	10 026 0,72	12 887 0,78	15 609 0,82
14,0		183 0,27	434 0,33	773 0,38	1 674 0,47	2 523 0,53	6 603 0,67	9 324 0,71	4 436 0,63	10 416 0,75	13 533 0,82	16 196 0,85
15,0		189 0,28	451 0,35	802 0,39	1 740 0,48	2 610 0,55	6 835 0,70	9 627 0,74	4 605 0,65	10 805 0,78	14 007 0,84	16 764 0,88
16,0		195 0,29	467 0,36	831 0,40	1 793 0,50	2 697 0,57	7 082 0,72	9 928 0,76	4 754 0,67	11 194 0,81	14 467 0,87	17 316 0,91
17,0		200 0,30	484 0,37	855 0,42	1 847 0,51	2 783 0,59	7 300 0,75	10 230 0,78	4 902 0,69	11 584 0,84	14 913 0,90	17 848 0,94
18,0		206 0,31	500 0,39	879 0,43	1 900 0,53	2 870 0,60	7 513 0,77	10 531 0,80	5 050 0,71	11 972 0,86	15 344 0,92	18 365 0,97
19,0		212 0,32	513 0,40	903 0,44	1 953 0,54	2 986 0,63	7 719 0,79	10 833 0,83	5 192 0,73	12 361 0,89	15 764 0,95	18 869 0,99
20,0		217 0,33	525 0,41	927 0,45	2 006 0,56	3 061 0,64	7 919 0,81	11 134 0,85	5 323 0,75	12 713 0,92	16 174 0,97	19 358 1,02
22,0		229 0,34	550 0,43	976 0,48	2 113 0,59	3 211 0,68	8 306 0,85	11 737 0,90	5 585 0,79	13 333 0,96	16 965 1,02	20 304 1,07
24,0		240 0,35	576 0,44	1 024 0,50	2 219 0,62	3 318 0,70	8 675 0,89	12 341 0,94	5 834 0,82	13 926 1,01	17 718 1,07	21 208 1,12
26,0		225 0,37	601 0,46	1 061 0,52	2 305 0,64	3 455 0,73	9 030 0,92	12 944 0,99	6 071 0,86	14 494 1,05	18 442 1,11	22 073 1,16
28,0		263 0,39	626 0,48	1 081 0,53	2 390 0,66	3 584 0,75	9 371 0,96	13 406 1,02	6 301 0,89	15 042 1,09	19 138 1,15	22 905 1,20
30,0		271 0,40	647 0,50	1 136 0,55	2 476 0,69	3 713 0,78	9 700 0,99	13 876 1,06	6 522 0,92	15 570 1,12	19 809 1,19	23 711 1,25
32,0		279 0,41	667 0,52	1 173 0,57	2 561 0,71	3 842 0,81	10 018 1,02	14 331 1,10	6 736 0,95	16 079 1,16	20 459 1,23	24 487 1,29
34,0		287 0,42	688 0,53	1 210 0,59	2 647 0,74	3 962 0,88	10 326 1,06	14 772 1,13	6 943 0,98	16 575 1,20	20 799 1,25	25 242 1,33
36,0		295 0,43	709 0,55	1 248 0,61	2 721 0,76	4 082 0,86	10 624 1,09	15 200 1,16	7 145 1,01	17 056 1,23	21 700 1,31	25 974 1,37
38,0		304 0,45	729 0,56	1 285 0,63	2 795 0,78	4 202 0,88	10 916 1,12	15 616 1,19	7 341 1,04	17 523 1,26	22 294 1,34	26 685 1,40
40,0		312 0,46	750 0,58	1 322 0,64	2 869 0,80	4 322 0,91	11 200 1,14	16 022 1,22	7 531 1,06	17 979 1,30	22 874 1,38	27 379 1,44

Трубы стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
воды по трубе в *м/сек*

19 442 0,76	23 025 0,79	26 868 0,83	36 026 0,90	40 644 0,92	46 802 0,95	59 216 1,01	66 273 1,01	75 525 1,06	112 956 1,18	153 864 1,27	203 681 1,35	273 121 1,44
19 955 0,78	23 824 0,83	27 516 0,85	36 827 0,92	41 970 0,95	47 787 0,97	60 975 1,04	67 512 1,03	76 937 1,09	115 328 1,21	157 498 1,30	209 716 1,39	280 707 1,48
20 983 0,82	24 986 0,87	28 810 0,89	38 428 0,96	43 737 0,99	50 251 1,02	63 906 1,09	70 609 1,08	80 466 1,14	121 571 1,27	164 768 1,36	220 277 1,46	293 984 1,55
22 009 0,86	26 097 0,90	30 105 0,93	40 429 1,01	45 946 1,04	52 221 1,06	66 838 1,14	73 705 1,13	83 995 1,19	127 315 1,33	173 248 1,43	232 347 1,54	307 261 1,62
23 083 0,90	27 164 0,94	31 724 0,98	42 031 1,05	47 713 1,08	54 684 1,11	69 183 1,18	76 802 1,18	87 524 1,24	132 101 1,38	180 517 1,49	241 399 1,60	318 641 1,68
23 953 0,94	28 188 0,98	32 695 1,01	43 632 1,09	49 480 1,12	56 655 1,15	72 114 1,23	79 899 1,22	91 053 1,29	137 845 1,44	186 575 1,54	250 452 1,66	331 917 1,75
24 793 0,97	29 177 1,01	33 990 1,05	45 233 1,13	51 247 1,16	58 626 1,19	74 460 1,27	82 996 1,27	94 583 1,34	142 631 1,49	191 421 1,58	259 504 1,72	345 194 1,82
25 607 1,00	30 135 1,04	34 961 1,08	46 434 1,16	53 014 1,20	60 596 1,23	76 805 1,31	85 474 1,31	97 406 1,38	146 460 1,53	197 479 1,63	267 048 1,77	358 471 1,89
26 393 1,03	31 061 1,08	36 256 1,12	48 035 1,20	54 340 1,23	62 567 1,27	79 150 1,35	87 951 1,35	100 229 1,42	151 246 1,58	203 536 1,68	276 101 1,83	373 644 1,97
27 161 1,06	31 963 1,11	37 227 1,15	49 236 1,23	56 107 1,27	64 045 1,30	81 495 1,39	91 048 1,40	103 759 1,47	155 075 1,62	213 229 1,76	283 644 1,88	385 024 2,03
27 904 1,09	32 794 1,14	38 198 1,18	50 837 1,27	57 874 1,31	66 015 1,34	83 840 1,43	93 526 1,43	106 582 1,51	159 861 1,67	219 286 1,81	291 188 1,93	396 404 2,08
28 628 1,12	33 688 1,17	39 169 1,21	52 038 1,30	59 199 1,34	69 464 1,41	86 186 1,47	96 003 1,47	109 405 1,55	163 690 1,71	225 344 1,86	298 732 1,98	405 888 2,14
30 027 1,18	35 338 1,23	41 111 1,27	54 440 1,36	61 850 1,40	70 942 1,44	90 290 1,54	100 339 1,54	114 346 1,62	172 306 1,80	236 248 1,95	313 819 2,08	424 854 2,24
31 364 1,23	36 907 1,28	43 054 1,33	56 841 1,42	64 942 1,47	74 391 1,51	94 394 1,61	104 674 1,61	119 287 1,70	179 964 1,88	245 940 2,03	327 398 2,17	443 821 2,34
32 645 1,28	38 413 1,33	44 672 1,38	59 243 1,48	67 593 1,53	77 346 1,57	97 911 1,67	110 249 1,69	125 640 1,78	183 793 1,96	256 844 2,12	340 977 2,26	462 788 2,44
33 875 1,33	39 863 1,38	46 291 1,43	61 645 1,54	69 802 1,58	80 302 1,63	102 015 1,74	113 965 1,75	129 875 1,84	194 323 2,03	265 536 2,20	354 555 2,35	479 858 2,53
35 066 1,37	41 262 1,43	47 909 1,48	63 646 1,59	72 453 1,64	82 766 1,68	105 533 1,80	118 301 1,81	134 816 1,91	202 023 2,10	275 016 2,27	366 626 2,43	496 928 2,62
36 217 1,42	42 618 1,48	49 528 1,53	65 648 1,64	74 662 1,69	85 722 1,74	109 051 1,86	122 017 1,87	139 051 1,97	207 724 2,17	284 709 2,35	378 695 2,51	513 998 2,71
37 330 1,46	43 927 1,52	51 147 1,58	68 050 1,69	77 312 1,75	88 185 1,79	111 983 1,91	125 733 1,93	143 286 2,03	214 426 2,24	283 189 2,42	390 765 2,59	527 275 2,79
38 412 1,51	45 202 1,57	52 765 1,63	69 651 1,74	79 521 1,80	90 648 1,84	115 500 1,97	129 450 1,98	147 521 2,09	231 237 2,31	310 670 2,49	401 326 2,66	544 345 2,87
39 466 1,55	46 442 1,61	54 060 1,67	71 652 1,79	81 730 1,85	93 111 1,89	118 432 2,02	133 166 2,04	151 756 2,15	236 980 2,37	310 151 2,56	411 888 2,73	— —
40 491 1,59	47 648 1,65	53 355 1,71	73 654 1,84	83 497 1,89	95 575 1,94	121 950 2,08	136 262 2,09	155 285 2,20	242 725 2,43	317 420 2,62	422 449 2,80	— —

Продолжение табл. XVI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55					
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
	в *мм*	15	20	25	34	40	50
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, проходящей по трубе, в *л/час* Нижняя строка—скорость движения воды по трубе в *м/сек*					
45		333 0,493	775 0,611	1 347 0,685	3 012 0,836	4 335 0,918	7 740 1,100
50		353 0,524	826 0,642	1 468 0,722	3 152 0,882	4 620 0,997	8 150 1,160
55		370 0,547	865 0,673	1 535 0,757	3 308 0,926	4 940 1,048	8 680 1,212
60		386 0,570	907 0,704	1 610 0,780	3 458 0,966	5 160 1,092	— —
65		402 0,594	947 0,736	1 672 0,822	3 590 1,005	5 375 1,138	— —
70		416 0,615	990 0,768	1 738 0,854	3 730 1,042	5 575 1,180	— —
75		433 0,642	1 025 0,795	1 793 0,882	3 860 1,082	5 765 1,223	— —
80		446 0,661	1 058 0,821	1 855 0,912	3 972 1,118	— —	— —
85		460 0,682	1 092 0,848	1 915 0,938	4 110 1,152	— —	— —
90		474 0,700	1 122 0,869	1 965 0,967	4 235 1,185	— —	— —
95		486 0,720	1 152 0,895	2 023 0,992	4 345 1,218	— —	— —

Продолжение табл. XVI

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55					
Условный диаметр	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
	в *мм*	15	20	25	32	40	50
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, проходящей по трубе в *л/час* Нижняя строка — скорость движения воды по трубе в *м/сек*					
100		498 0,738	1 182 0,920	2 078 1,022	4 450 1,248	— —	— —
110		524 0,776	1 240 0,965	2 176 1,068	4 665 1,310	— —	— —
120		547 0,805	1 295 1,015	2 275 1,115	— —	— —	— —
130		569 0,842	1 347 1,048	2 368 1,162	— —	— —	— —
140		592 0,872	1 400 1,085	2 453 1,209	— —	— —	— —
150		612 0,905	1 448 1,124	2 542 1,248	— —	— —	— —
160		632 0,934	1 495 1,162	— —	— —	— —	— —
170		651 0,962	1 538 1,200	— —	— —	— —	— —
180		669 0,990	1585 1,232	— —	— —	— —	— —
190		687 1,020	— —	— —	— —	— —	— —
200		706 1,043	— —	— —	— —	— —	— —

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые). ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в мм	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в мм		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в мм		15,75	21,25	27,00	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²		Верхняя строка — количество воды, Нижняя строка — скорость движе										
0,50		36 0,053	71 0,055	113 0,055	259 0,071	390 0,082	1 027 0,105	1 479 0,113	672 0,095	1 676 0,121	2 140 0,129	2 586 0,136
0,55		37 0,054	74 0,057	119 0,058	270 0,075	409 0,086	1 076 0,110	1 557 0,119	708 0,100	1 773 0,128	2 256 0,136	2 700 0,142
0,60		37 0,055	76 0,059	125 0,061	280 0,078	428 0,090	1 125 0,115	1 636 0,125	743 0,105	1 856 0,134	2 372 0,143	2 833 0,149
0,65		38 0,056	79 0,061	131 0,064	295 0,082	442 0,093	1 184 0,121	1 701 0,130	778 0,110	1 940 0,140	2 472 0,149	2 947 0,155
0,70		39 0,057	82 0,063	137 0,067	306 0,085	461 0,097	1 233 0,126	1 780 0,136	806 0,114	2 009 0,145	2 555 0,154	3 061 0,161
0,75		39 0,058	83 0,064	141 0,069	316 0,088	475 0,100	1 281 0,131	1 845 0,141	842 0,119	2 092 0,151	2 654 0,160	3 175 0,167
0,80		40 0,059	84 0,065	148 0,072	327 0,091	494 0,104	1 321 0,135	1 911 0,146	870 0,123	2 161 0,156	2 737 0,165	3 289 0,173
0,85		41 0,060	85 0,066	152 0,074	338 0,094	508 0,107	1 369 0,140	1 976 0,151	905 0,128	2 230 0,161	2 820 0,170	3 403 0,179
0,90		41 0,061	88 0,068	158 0,077	349 0,097	523 0,110	1 409 0,144	2 028 0,155	934 0,132	2 300 0,166	2 920 0,176	3 536 0,186
0,95		42 0,062	91 0,070	162 0,079	360 0,100	544 0,114	1 448 0,148	2 094 0,160	962 0,136	2 355 0,170	3 003 0,181	3 612 0,190
1,00		43 0,063	93 0,072	166 0,081	370 0,103	556 0,117	1 497 0,153	2 146 0,164	997 0,141	2 411 0,174	3 086 0,186	3 707 0,195
1,1		44 0,065	98 0,076	176 0,086	388 0,108	589 0,124	1 575 0,161	2 264 0,173	1 047 0,148	2 535 0,183	3 238 0,197	3 897 0,206
1,2		46 0,067	104 0,080	184 0,090	406 0,113	618 0,130	1 643 0,163	2 356 0,180	1 089 0,154	2 646 0,191	3 401 0,205	4 068 0,214
1,3		47 0,070	107 0,083	193 0,094	421 0,117	646 0,136	1 712 0,175	2 447 0,187	1 138 0,161	2 771 0,200	3 534 0,213	4 259 0,224
1,4		48 0,071	111 0,086	201 0,098	439 0,122	670 0,141	1 790 0,183	2 539 0,194	1 188 0,168	2 882 0,208	3 683 0,222	4 449 0,234
1,5		49 0,073	117 0,090	207 0,101	453 0,126	694 0,146	1 859 0,190	2 630 0,201	1 231 0,174	3 006 0,217	3 816 0,230	4 601 0,242
1,6		50 0,074	120 0,093	215 0,105	467 0,130	718 0,151	1 917 0,196	2 722 0,208	1 280 0,181	3 103 0,224	3 948 0,238	4 753 0,250
1,7		52 0,076	124 0,096	221 0,108	485 0,135	741 0,156	1 966 0,201	2 814 0,215	1 322 0,187	3 187 0,230	4 081 0,246	4 905 0,258
1,8		53 0,079	128 0,099	230 0,112	500 0,139	765 0,161	2 025 0,207	2 905 0,222	1 358 0,192	3 283 0,237	4 197 0,253	5 057 0,266
1,9		54 0,080	132 0,102	236 0,115	518 0,144	789 0,166	2 084 0,213	2 997 0,229	1 400 0,198	3 380 0,244	4 313 0,260	5 209 0,274
2,0		56 0,083	136 0,105	246 0,120	532 0,148	808 0,170	2 132 0,218	3 088 0,236	1 443 0,204	3 477 0,251	4 430 0,267	5 342 0,281

ПРОВОДОВ при $K=1$ мм

Таблица XVII

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
ния воды по трубе в *м/сек*

3 828 0,150	4 528 0,157	5 277 0,163	7 045 0,176	8 085 0,183	9 360 0,190	11 843 0,202	12 821 0,200	14 611 0,207	22 017 0,23	30 288 0,25	41 038 0,27	55 572 0,29
4 057 0,159	4 759 0,165	5 568 0,172	7 405 0,185	8 482 0,192	9 853 0,200	12 488 0,213	13 378 0,205	15 246 0,216	23 357 0,24	31 863 0,26	42 848 0,28	58 417 0,31
4 236 0,166	4 990 0,173	5 859 0,181	7 806 0,195	8 836 0,200	10 296 0,209	13 016 0,222	13 998 0,215	15 952 0,226	24 506 0,25	33 438 0,27	44 810 0,30	61 073 0,32
4 389 0,172	5 221 0,181	6 086 0,188	8 126 0,203	9 189 0,208	10 740 0,218	13 602 0,232	14 555 0,223	16 587 0,235	25 367 0,26	35 013 0,29	46 620 0,31	63 728 0,34
4 568 0,179	5 451 0,189	6 345 0,196	8 446 0,211	9 587 0,217	11 134 0,226	14 130 0,241	15 175 0,228	17 293 0,24	26 324 0,27	36 467 0,30	48 582 0,32	66 389 0,35
4 746 0,186	5 624 0,195	6 571 0,203	8 766 0,219	9 940 0,225	11 577 0,235	14 657 0,250	15 794 0,237	17 999 0,25	27 186 0,28	37 678 0,31	50 392 0,33	68 849 0,36
4 925 0,193	5 797 0,201	6 830 0,211	9 087 0,227	10 294 0,233	11 971 0,243	15 126 0,258	16 351 0,247	18 634 0,26	28 143 0,29	38 890 0,32	52 052 0,34	70 935 0,37
5 104 0,200	5 999 0,208	7 025 0,217	9 367 0,234	10 691 0,242	12 366 0,251	15 595 0,266	16 971 0,256	19 340 0,27	29 005 0,30	40 101 0,33	53 711 0,35	73 022 0,38
5 231 0,205	6 172 0,214	7 219 0,223	9 647 0,241	11 000 0,249	12 710 0,258	16 006 0,273	17 528 0,265	19 975 0,28	29 962 0,31	41 313 0,34	55 371 0,36	75 108 0,40
5 384 0,211	6 345 0,220	7 445 0,230	9 927 0,248	11 310 0,256	13 105 0,266	16 358 0,279	18 147 0,275	20 681 0,29	30 919 0,32	42 525 0,35	57 031 0,38	77 195 0,41
5 537 0,217	6 547 0,227	7 640 0,236	10 167 0,254	11 619 0,263	13 449 0,273	16 768 0,286	18 581 0,285	21 175 0,30	31 781 0,33	43 736 0,36	58 539 0,39	79 281 0,42
5 818 0,228	6 865 0,238	8 028 0,248	10 688 0,267	12 237 0,277	14 139 0,287	17 589 0,300	19 448 0,294	22 163 0,31	33 312 0,35	46 159 0,38	61 859 0,41	83 454 0,44
6 099 0,239	7 182 0,249	8 384 0,259	11 168 0,279	12 723 0,268	14 681 0,298	18 292 0,312	20 316 0,313	23 152 0,33	34 844 0,36	48 219 0,40	64 423 0,43	87 626 0,47
6 354 0,249	7 499 0,260	8 740 0,27	11 648 0,29	13 254 0,30	15 223 0,31	19 055 0,32	21 183 0,323	24 140 0,34	36 376 0,38	50 278 0,41	65 988 0,44	91 609 0,48
6 583 0,258	7 788 0,270	9 096 0,28	12 089 0,30	13 784 0,31	15 765 0,32	19 817 0,34	221 050 0,332	25 128 0,35	37 907 0,39	52 338 0,43	69 402 0,46	95 023 0,50
6 839 0,268	8 047 0,279	9 420 0,29	12 529 0,31	14 225 0,32	16 307 0,33	20 579 0,35	22 917 0,351	26 116 0,37	39 439 0,41	54 398 0,44	71 967 0,48	98 248 0,52
7 068 0,277	8 336 0,289	9 711 0,30	12 969 0,32	14 623 0,33	16 849 0,34	21 341 0,36	23 846 0,361	27 175 0,38	40 875 0,43	55 972 0,46	74 532 0,49	101 471 0,53
7 298 0,286	8 595 0,298	10 003 0,31	13 330 0,33	15 065 0,34	17 341 0,35	22 103 0,38	24 489 0,380	28 022 0,40	42 119 0,44	57 547 0,47	77 097 0,51	104 696 0,55
7 502 0,294	8 826 0,306	10 294 0,32	13 650 0,34	15 462 0,35	17 883 0,36	22 866 0,39	25 270 0,389	28 798 0,41	43 364 0,45	59 122 0,49	79 662 0,53	108 110 0,57
7 706 0,302	9 085 0,315	10 585 0,33	14 010 0,35	15 904 0,36	18 425 0,37	23 628 0,40	25 952 0,399	29 575 0,42	44 608 0,46	60 819 0,50	82 076 0,54	111 335 0,59
7 910 0,310	9 316 0,323	10 877 0,34	14 330 0,36	16 302 0,37	18 367 0,38	24 214 0,41	26 633 0,408	30 351 0,43	45 852 0,47	62 394 0,51	84 188 0,56	114 559 0,60

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, Нижняя строка — скорость движения										
2,2		58 0,086	142 0,110	256 0,125	564 0,157	856 0,180	2 240 0,229	3 232 0,247	1 520 0,215	3 671 0,265	4 662 0,281	5 608 0,295
2,4		61 0,090	150 0,116	266 0,130	586 0,163	894 0,188	2 347 0,240	3 390 0,259	1 577 0,223	3 824 0,276	4 894 0,295	5 723 0,301
2,6		64 0,095	157 0,121	279 0,136	611 0,170	931 0,196	2 455 0,251	3 533 0,270	1 641 0,232	3 990 0,288	5 093 0,307	6 141 0,323
2,8		66 0,098	163 0,126	289 0,141	633 0,176	965 0,203	2 553 0,261	3 677 0,281	1 697 0,240	4 156 0,300	5 292 0,319	6 369 0,335
3,0		69 0,101	170 0,130	290 0,146	658 0,183	1 003 0,211	2 641 0,270	3 821 0,292	1 761 0,249	4 295 0,310	5 491 0,331	6 578 0,346
3,2		71 0,105	175 0,135	309 0,151	680 0,189	1 041 0,219	2 729 0,279	3 939 0,301	1 817 0,257	4 461 0,32	5 674 0,34	6 806 0,36
3,4		75 0,109	180 0,139	318 0,155	705 0,196	1 074 0,22	2 817 0,288	4 057 0,310	1 881 0,266	4 586 0,33	5 856 0,35	7 034 0,37
3,6		77 0,113	186 0,144	328 0,160	726 0,202	1 107 0,23	2 905 0,297	4 188 0,320	1 938 0,274	4 710 0,34	6 022 0,36	7 224 0,38
3,8		79 0,116	192 0,148	336 0,164	751 0,209	1 136 0,24	2 993 0,306	4 306 0,329	2 001 0,283	4 835 0,35	6 188 0,37	7 434 0,39
4,0		81 0,119	197 0,152	346 0,169	777 0,216	1 169 0,25	3 081 0,315	4 423 0,338	2 051 0,290	4 960 0,36	6 354 0,38	7 624 0,40
4,5		86 0,127	210 0,162	369 0,180	820 0,228	1 245 0,26	3 277 0,335	4 698 0,359	2 178 0,308	5 265 0,38	6 736 0,40	8 099 0,42
5,0		92 0,135	220 0,170	394 0,192	866 0,241	1 312 0,27	3 454 0,353	4 960 0,379	2 298 0,325	5 569 0,40	7 117 0,43	8 555 0,45
5,5		96 0,142	229 0,177	416 0,203	913 0,254	1 369 0,29	3 629 0,371	5 208 0,398	2 426 0,343	5 874 0,42	7 466 0,45	8 935 0,47
6,0		101 0,149	240 0,185	441 0,215	960 0,267	1 431 0,30	3 805 0,389	5 457 0,417	2 553 0,361	6 138 0,44	7 797 0,47	9 278 0,49
6,5		105 0,155	249 0,192	455 0,222	996 0,277	1 488 0,31	3 952 0,404	5 667 0,433	2 652 0,375	6 401 0,46	8 129 0,49	9 620 0,50
7,0		109 0,161	259 0,200	471 0,230	1 032 0,287	1 549 0,32	4 108 0,420	5 889 0,450	2 751 0,389	6 664 0,48	8 395 0,51	9 962 0,52
7,5		113 0,167	268 0,207	486 0,237	1 071 0,298	1 606 0,34	4 255 0,435	6 111 0,467	2 850 0,403	6 886 0,50	8 660 0,52	10 304 0,54
8,0		117 0,173	278 0,215	502 0,245	1 107 0,308	1 668 0,35	4 402 0,450	6 308 0,482	2 949 0,417	7 107 0,51	8 776 0,53	10 646 0,56
8,5		122 0,17	289 0,22	516 0,25	1 143 0,31	1 720 0,36	4 539 0,46	6 504 0,50	3 048 0,43	7 313 0,53	9 174 0,55	10 989 0,58
9,0		125 0,18	298 0,23	633 0,26	1 172 0,32	1 768 0,37	4 666 0,48	6 700 0,51	3 133 0,44	7 537 0,54	9 423 0,57	11 331 0,59
9,5		129 0,19	308 0,24	547 0,27	1 204 0,33	1 816 0,38	4 803 0,49	6 897 0,53	3 218 0,45	7 703 0,55	9 689 0,58	11 673 0,61

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
воды в трубе в *м/сек*

8 319 0,326	9 778 0,339	11 459 0,35	15 011 0,38	17 141 0,39	20 051 0,41	25 269 0,43	27 996 0,427	31 904 0,45	48 246 0,50	65 544 0,54	87 507 0,58	119 490 0,63
8 676 0,340	10 239 0,355	11 913 0,37	15 691 0,39	17 980 0,41	21 135 0,43	26 383 0,45	29 049 0,446	33 104 0,47	50 256 0,52	79 815 0,57	92 033 0,61	125 180 0,66
9 033 0,354	10 701 0,371	12 333 0,38	16 372 0,41	18 820 0,42	21 874 0,44	27 439 0,47	30 597 0,465	34 869 0,49	52 170 0,54	82 965 0,59	96 560 0,64	130 870 0,69
9 391 0,368	11 076 0,384	12 754 0,39	17 052 0,43	19 615 0,44	22 662 0,46	28 494 0,48	31 774 0,484	36 210 0,51	54 085 0,56	74 509 0,61	99 577 0,66	136 560 0,72
9 748 0,382	11 393 0,395	13 175 0,41	17 733 0,44	20 454 0,46	23 401 0,47	29 608 0,50	32 889 0,503	37 480 0,53	55 999 0,58	77 063 0,64	104 103 0,69	140 354 0,74
10 079 0,39	11 739 0,40	13 596 0,42	18 373 0,46	21 073 0,48	24 140 0,49	30 663 0,52	34 004 0,522	38 751 0,55	58 010 0,60	79 597 0,65	107 121 0,71	146 044 0,77
10 360 0,40	12 085 0,42	14 049 0,43	19 054 0,47	21 091 0,49	24 928 0,50	31 777 0,54	35 118 0,532	40 021 0,56	59 924 0,62	82 141 0,68	110 138 0,73	149 837 0,79
10 641 0,42	12 402 0,43	14 470 0,45	19 614 0,49	22 265 0,50	25 667 0,52	32 598 0,56	36 295 0,551	41 362 0,58	61 839 0,64	84 686 0,70	113 156 0,75	153 630 0,81
10 896 0,43	12 748 0,44	14 891 0,46	20 095 0,50	22 884 0,52	26 455 0,54	33 477 0,57	37 171 0,570	42 360 0,60	63 849 0,66	87 230 0,72	116 173 0,77	159 320 0,84
11 151 0,44	13 066 0,45	15 312 0,47	20 615 0,51	23 502 0,53	27 194 0,55	34 357 0,58	38 091 0,580	43 409 0,61	65 285 0,68	89 774 0,74	120 700 0,80	163 114 0,86
11 789 0,46	13 902 0,48	16 380 0,50	21 816 0,54	25 004 0,57	29 116 0,59	36.468 0,62	40 321 0,617	45 950 0,65	69 114 0,72	94 983 0,78	126 735 0,84	172 597 0,91
12 427 0,48	14 739 0,51	17 448 0,54	23 017 0,57	26 506 0,60	30 594 0,62	38 578 0,66	42 551 0,646	48 491 0,68	72 943 0,76	100 072 0,82	134 278 0,89	182 080 0,96
13 065 0,51	15 575 0,54	18 225 0,56	24 258 0,60	27 832 0,63	32 072 0,65	40 396 0,69	44 843 0,684	51 103 0,72	76 772 0,80	105 231 0,87	140 313 0,93	191 564 1,01
13 703 0,53	16 411 0,57	18 970 0,58	25 458 0,63	28 980 0,65	33 550 0,68	41 155 0,72	47 073 0,722	63 644 0,76	80 601 0.84	110 870 0,91	146 348 0,97	199 150 1,05
14 366 0,56	17 017 0,59	19 746 0.61	26 419 0,66	30 173 0,68	35 077 0,71	43 972 0,75	49 055 0,750	55 903 0,79	83 760 0,87	114 853 0,95	152 383 1,01	208 634 1,10
15 030 0,59	17 594 0,61	20 523 0,63	27 420 0,68	31 366 0,71	36 407 0,74	45 731 0,78	50 789 0,779	57 879 0,82	86 823 0,91	119 214 0,98	158 418 1,05	216 220 1,14
15 540 0,61	18 200 0,63	21 300 0,66	28 381 0,71	32 559 0,74	37 639 0,76	47 431 0,81	52 540 0,807	59 855 0,85	89 982 0,94	123 576 1,02	164 453 1,09	223 807 1,18
16 000 0,63	18 805 0,65	22 045 0,68	29 341 0,73	33 752 0,76	38 870 0,79	49 014 0,83	54 257 0,826	61 832 0,87	93 045 0,97	127 937 1,05	168 980 1,12	231 394 1,22
16 459 0,64	19 411 0,67	22 822 0,70	30 302 0,75	34 679 0,78	40 053 0,81	50 539 0,86	56 054 0,855	63 879 0,90	96 204 1,00	131 693 1.08	175 015 1,16	237 084 1,25
16 918 0,66	20 017 0,72	23 437 0,78	31 303 0,81	35 651 0,84	41 284 0,89	52 004 0,93	57 788 0,883	65 855 0,93	98 980 1,02	135 449 1,12	179 541 1,19	242 774 1,28
17 377 0,68	20 622 0,71	24 052 0,74	32 263 0,80	36 579 0,83	42 516 0,86	53 412 0,91	59 522 0,912	67 831 0,96	101 756 1,06	139 204 1,15	185 576 1,23	248 464 1,31

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в мм	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в мм		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в мм		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 пог. м в кг/м²		Верхняя строка — количество воды, Нижняя строка — скорость движения										
10,0		132 0,195	317 0,25	563 0,28	1 233 0,34	1 863 0,39	4 930 0,50	7 067 0,54	3 303 0,46	7 889 0,57	938 0,60	12 015 0,63
11,0		139 0,205	331 0,26	594 0,29	1 291 0,36	1 953 0,41	3 194 0,53	7 520 0,57	3 472 0,49	8 230 0,59	10 452 0,63	12 681 0,67
12,0		145 0,214	346 0,27	619 0,30	1 348 0,37	2 048 0,43	5 419 0,55	7 747 0,59	3 621 0,51	8 576 0,62	10 966 0,66	13 365 0,70
13,0		151 0,223	360 0,28	646 0,31	1 406 0,39	2 139 0,45	5 634 0,57	8 009 0,61	3 769 0,53	8 922 0,64	11 480 0,69	13 917 0,73
14,0		156 0,230	374 0,29	670 0,33	1 463 0,41	2 219 0,46	5 850 0,59	8 271 0,63	3 918 0,55	9 269 0,67	12 031 0,73	14 449 0,76
15,0		162 0,238	388 0,30	695 0,34	1 521 0,42	2 296 0,48	6 055 0,62	8 546 0,65	4 066 0,57	9 601 0,69	12 476 0,75	14 943 0,78
16,0		166 0,245	403 0,31	721 0,35	1 568 0,44	2 372 0,50	6 270 0,64	8 807 0,67	4 201 0,59	9 947 0,72	12 890 0,78	15 437 0,81
17,0		171 0,252	417 0,32	742 0,36	1 614 0,45	2 448 0,51	6 466 0,66	9 082 0,69	4 328 0,61	10 294 0,74	13 272 0,80	15 913 0,84
18,0		176 0,259	431 0,33	762 0,37	1 661 0,46	2 524 0,53	6 652 0,68	9 344 0,71	4 462 0,63	10 640 0,77	13 670 0,82	16 388 0,86
19,0		181 0,266	443 0,34	783 0,38	1 708 0,47	2 624 0,55	6 838 0,70	9 619 0,73	4 590 0,65	10 987 0,79	14 035 0,85	16 825 0,88
20,0		185 0,273	453 0,35	804 0,39	1 754 0,49	2 690 0,57	7 014 0,72	9 880 0,75	4 703 0,66	11 305 0,81	14 400 0,87	17 263 0,91
22,0		196 0,288	475 0,36	847 0,41	1 848 0,51	2 823 0,59	7 356 0,75	10 417 0,79	4 936 0,70	11 859 0,85	15 113 0,91	18 099 0,95
24,0		205 0,302	497 0,38	887 0,43	1 941 0,54	2 918 0,61	7 679 0,78	10 954 0,84	5 155 0,73	12 386 0,89	15 777 0,95	18 917 0,99
26,0		215 0,316	518 0,40	920 0,45	2 017 0,56	3 037 0,64	7 992 0,82	11 490 0,88	5 368 0,76	12 885 0,93	16 424 0,99	19 677 1,03
28,0		224 0,330	540 0,42	953 0,46	2 089 0,58	3 151 0,66	8 295 0,85	11 896 0,91	5 565 0,78	13 369 0,96	17 055 1,03	20 438 1,07
30,0		232 0,341	558 0,43	984 0,48	2 164 0,60	3 260 0,68	8 589 0,88	12 315 0,94	5 764 0,81	13 841 1,00	17 652 1,06	21,141 1,11
32,0		238 0,351	576 0,44	1 017 0,49	2 240 0,62	3 375 0,71	8 872 0,91	12 720 0,97	5 955 0,84	14 298 1,03	18 216 1,10	21,844 1,15
34,0		245 0,361	593 0,46	1 050 0,51	2 315 0,64	3 484 0,73	9 146 0,93	13 113 1,00	6 138 0,87	14 741 1,06	18 531 1,12	22 510 1,18
36,0		252 0,371	611 0,47	1 092 0,53	2 380 0,66	3 588 0,75	9 410 0,96	13 492 1,03	6 315 0,89	15 171 1,09	19 327 1,16	23 156 1,22
38,0		259 0,382	629 0,48	1 115 0,54	2 445 0,68	3 693 0,78	9 665 0,99	13 859 1,06	6 485 0,92	15 586 1,12	19 858 1,20	23 803 1,25
40,0		266 0,392	647 0,50	1 146 0,56	2 510 0,70	3 798 0,80	9 919 1,01	14 225 1,09	6 655 0,94	15 988 1,15	20 373 1,23	24 411 1,28

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

проходящей по трубе, в *л/час*
воды по трубе в *м/сек*

17 837 0,70	21 315 0,74	24 667 0,76	33 024 0,82	37 552 0,85	43 353 0,88	54 526 0,93	61 318 0,940	69 878 0,99	104 341 1,09	142 960 1,18	190 102 1,26	254 154 1,34
18 755 0,74	22 382 0,77	25 897 0,80	34 625 0,86	39 451 0,89	45 817 0,93	57 456 0,98	63 796 0,978	72 702 1,03	110 084 1,15	150 229 1,24	199 154 1,32	267 431 1,41
19 674 0,77	23 362 0,81	27 127 0,84	36 186 0,90	41 174 0,93	47 787 0,97	59 802 1,02	66 893 1,026	76 231 1,08	114 870 1,20	156 287 1,29	209 716 1,39	278 811 1,47
20 644 0,81	24 314 0,84	28 325 0,87	37 657 0,94	42 853 0,97	49 265 1,00	62 734 1,07	69 370 1,064	79 054 1,12	119 657 1,25	163 556 1,35	218 768 1,45	290 191 1,53
21 435 0,84	25 237 0,87	29 393 0,91	39 068 0,97	44 488 1,01	51 729 1,05	65 079 1,11	72 467 1,112	82 583 1,17	124 443 1,30	168 402 1,39	226 312 1,50	301 571 1,59
22 175 0,87	26 131 0,90	30 429 0,94	40 470 1,01	46 034 1,04	53 207 1,08	66 883 1,14	74 945 1,150	85 407 1,21	129 229 1,35	173 248 1,43	235 364 1,56	314 847 1,66
22 889 0,90	26 968 0,93	31 432 0,97	41 790 1,04	47 536 1,07	55 177 1,12	69 183 1,18	77 422 1,187	88 230 1,25	133 058 1,39	179 306 1,48	242 908 1,61	326 227 1,72
23 604 0,92	27 804 0,96	32 371 1,00	43 071 1,07	49 038 1,11	56 655 1,15	71 528 1,22	79 280 1,216	90 348 1,28	136 887 1,43	184 152 1,52	250 452 1,66	337 607 1,78
24 293 0,95	28 612 0,99	33 342 1,03	44 312 1,11	50 452 1,14	58 626 1,19	73 287 1,25	81 758 1,254	93 172 1,32	140 716 1,47	192 632 1,59	257 995 1,71	348 987 1,84
24 956 0,98	29 362 1,02	34 249 1,06	45 513 1,14	51 821 1,17	60 104 1,22	75 632 1,29	84 235 1,292	95 994 1,36	144 545 1,51	198 690 1,64	264 030 1,75	358 471 1,89
25 594 1,00	30 169 1,05	35 155 1,09	46 714 1,17	53 191 1,20	63 060 1,28	77 391 1,32	86 093 1,321	98 112 1,39	148 374 1,55	203 536 1,68	271 574 1,80	367 954 1,94
26 845 1,05	31 640 1,10	36 871 1,14	48 996 1,22	55 753 1,26	64 538 1,31	81 495 1,39	90 429 1,387	103 053 1,46	156 032 1,63	213 229 1,76	285 153 1,89	386 921 2,04
28 044 1,10	33 054 1,15	38 489 1,19	51 157 1,28	58 227 1,32	67 493 1,37	85 013 1,45	94 238 1,453	107 394 1,53	162 733 1,70	222 921 1,84	297 223 1,97	403 991 2,13
29 192 1,14	34 380 1,19	40 076 1,24	53 279 1,33	60 613 1,37	70 449 1,43	88 531 1,51	99 100 1,520	112 935 1,60	169 434 1,77	232 613 1,92	309 293 2,05	417 268 2,20
30 289 1,19	35 678 1,24	41 597 1,28	55 280 1,38	62 910 1,42	72 913 1,48	91 462 1,56	102 817 1,577	117 170 1,66	176 135 1,84	241 094 1,99	321 363 2,13	436 234 2,30
31 361 1,23	36 947 1,28	43 054 1,33	57 202 1,43	65 119 1,47	75 376 1,53	94 980 1,62	106 533 1,634	121 405 1,72	181 878 1,90	249 574 2,06	331 924 2,20	451 408 2,38
32 382 1,27	38 159 1,32	44 445 1,37	59 083 1,47	67 240 1,52	77 839 1,58	97 911 1,67	110 249 1,691	125 640 1,78	187 622 1,96	258 055 2,13	343 994 2,28	466 581 2,46
33 377 1,31	39 341 1,36	45 805 1,41	60 924 1,52	69 316 1,57	80 302 1,63	100 843 1,72	113 345 1,738	129 168 1,83	194 323 2,03	265 324 2,19	354 555 2,35	479 858 2,53
34 347 1,35	40 466 1,40	47 165 1,46	62 686 1,57	71 348 1,61	82 766 1,68	103 774 1,77	117 062 1,795	133 404 1,89	199 108 2,08	272 593 2,25	363 608 2,41	495 031 2,61
35 291 1,38	41 591 1,44	48 427 1,50	64 407 1,61	73 292 1,66	84 736 1,72	106 706 1,82	120 159 1,843	136 934 1,94	204 852 2,14	281 074 2,32	374 169 2,48	— —
36 210 1,42	42 658 1,48	49 690 1,53	66 048 1,65	75 192 1,70	87 200 1,77	109 637 1,87	123 255 1,890	140 462 1,99	210 596 2,20	288 343 2,38	383 221 2,54	— —

Продолжение табл. XVII

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55					
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
	в *мм*	15	20	25	32	40	50
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, проходящей по трубе, в *л/час* Нижняя строка — скорость движения воды по трубе в *м/сек*					
45		281 0,418	667 0,518	1 143 0,582	2 570 0,761	3 690 0,780	6 565 0,935
50		302 0,446	703 0,545	1 235 0,614	2 678 0,751	3 930 0,848	6 935 0,985
55		317 0,466	734 0,572	1 305 0,643	2 810 0,787	4 200 0,893	7 380 1,032
60		329 0,484	769 0,598	1 365 0,663	2 942 0,822	4 390 0,930	— —
65		343 0,506	804 0,625	1 422 0,698	3 055 0,855	4 665 0,966	— —
70		356 0,524	842 0,652	1 475 0,727	3 175 0,885	4 740 1,008	— —
75		369 0,546	871 0,674	1 525 0,750	3 280 0,920	4 900 1,040	— —
80		381 0,563	901 0,697	1 575 0,775	3 377 0,95	— —	— —
85		391 0,581	929 0,720	1 628 0,797	3 500 0,970	— —	— —
90		403 0,596	955 0,737	1 670 0,822	3 598 1,017	— —	— —

Продолжение табл. XVII

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55					
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
	в *мм*	15	20	25	32	40	50
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка — количество воды, проходящей по трубе, в *л/час* Нижняя строка — скорость движения воды по трубе в *м/сек*					
95		414 0,613	981 0,761	1 720 0,844	3 690 1,035	— —	— —
100		424 0,627	1 006 0,782	1 765 0,868	3 795 1,062	— —	— —
110		446 0,661	1 053 0,819	1 845 0,908	3 960 1,112	— —	— —
120		466 0,686	1 105 0,864	1 933 0,947	— —	— —	— —
130		486 0,718	1 114 0,892	2 010 0,990	— —	— —	— —
140		504 0,742	1 192 0,924	2 080 1,028	— —	— —	— —
150		523 0,771	1 230 0,957	2 161 1,061	— —	— —	— —
160		537 0,794	1 272 0,990	— —	— —	— —	— —
170		554 0,819	1 318 1,020	— —	— —	— —	— —
180		569 0,843	1 348 1,042	— —	— —	— —	— —
190		586 0,867	— —	— —	— —	— —	— —
200		602 0,887	— —	— —	— —	— —	— —

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество Нижняя строка—скорость										
0,50		36 0,052	70 0,054	116 0,055	253 0,070	384 0,081	744 0,100	1 470 0,112	661 0,093	1 659 0,119	2 122 0,128	2 564 0,135
0,55		37 0,054	73 0,056	121 0,058	268 0,074	404 0,085	786 0,105	1 548 0,119	698 0,099	1 749 0,126	2 232 0,135	2 679 0,141
0,60		37 0,054	75 0,058	125 0,061	281 0,077	423 0,089	829 0,110	1 619 0,124	735 0,104	1 840 0,133	2 243 0,142	2 800 0,147
0,65		38 0,055	78 0,061	130 0,064	293 0,081	439 0,092	864 0,113	1 689 0,129	767 0,108	1 914 0,138	2 447 0,148	2 912 0,153
0,70		39 0,057	81 0,063	136 0,066	305 0,084	455 0,095	898 0,114	1 758 0,135	797 0,112	1 989 0,143	2 553 0,153	3 027 0,159
0,75		39 0,057	82 0,064	142 0,069	316 0,087	471 0,099	929 0,119	1 827 0,140	829 0,116	2 063 0,149	2 620 0,158	3 143 0,165
0,80		39 0,058	85 0,064	147 0,072	326 0,090	486 0,102	968 0,123	1 898 0,145	859 0,121	2 138 0,154	2 707 0,163	3 259 0,172
0,85		40 0,059	84 0,065	152 0,074	339 0,093	502 0,106	1 003 0,126	1 954 0,149	891 0,124	2 212 0,160	2 793 0,168	3 375 0,177
0,90		41 0,060	87 0,067	157 0,076	348 0,096	518 0,109	1 038 0,131	2 012 0,154	921 0,128	2 270 0,164	2 881 0,174	3 490 0,183
0,95		42 0,061	89 0,069	152 0,079	359 0,099	534 0,112	1 072 0,136	2 069 0,158	952 0,133	2 328 0,168	2 967 0,179	3 581 0,188
1,0		42 0,062	92 0,071	167 0,081	369 0,102	550 0,114	1 108 0,140	2 126 0,163	983 0,137	2 387 0,172	3 053 0,184	3 671 0,193
1,1		44 0,064	97 0,075	176 0,085	388 0,108	581 0,122	1 160 0,147	2 240 0,171	1 030 0,144	2 504 0,181	3 227 0,195	3 851 0,203
1,2		45 0,067	102 0,079	184 0,089	404 0,112	613 0,129	1 213 0,154	2 332 0,178	1 077 0,151	2 620 0,189	3 363 0,203	4 122 0,212
1,3		47 0,068	107 0,083	192 0,093	419 0,116	641 0,135	1 266 0,161	2 423 0,185	1 124 0,157	2 736 0,198	3 498 0,211	4 214 0,222
1,4		48 0,070	110 0,086	199 0,097	436 0,120	663 0,139	1 318 0,167	2 514 0,192	1 170 0,164	2 853 0,206	3 635 0,219	4 394 0,231
1,5		49 0,072	115 0,088	208 0,101	451 0,125	686 0,145	1 372 0,174	2 606 0,199	1 218 0,170	2 970 0,214	3 770 0,227	4 546 0,239
1,6		50 0,074	119 0,092	214 0,105	467 0,129	710 0,149	1 424 0,181	2 697 0,206	1 264 0,177	3 064 0,221	3 906 0,236	4 699 0,247
1,7		52 0,076	124 0,095	222 0,107	483 0,134	732 0,154	1 469 0,186	2 789 0,213	1 304 0,182	3 152 0,228	4 041 0,244	4 851 0,255
1,8		53 0,077	127 0,099	229 0,111	499 0,138	755 0,159	1 513 0,192	2 880 0,220	1 343 0,188	3 251 0,235	4 156 0,251	5 003 0,263
1,9		54 0,080	131 0,101	236 0,114	515 0,142	778 0,164	1 558 0,198	2 971 0,227	1 382 0,193	3 344 0,241	4 269 0,258	5 157 0,272

ВОДОСНАБЖЕНИЯ при K=1 *мм*

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	153	184	207	231	259

воды, проходящей по трубе, в *л/час*
движения воды по трубе в *м/сек*

3 786 0,148	4 477 0,155	5 232 0,162	6 970 0,174	8 015 0,181	9 261 0,188	11 698 0,200	13 280 0,202	15 034 0,213	22 304 0,233	30 891 0,255	41 340 0,274	56 141 0,296
4 004 0,157	4 701 0,163	5 518 0,170	7 342 0,184	8 378 0,189	9 750 0,198	12 330 0,210	13 750 0,211	15 670 0,222	23 549 0,246	32 348 0,267	42 245 0,290	59 176 0,312
4 176 0,164	4 926 0,171	5 788 0,179	7 714 0,193	8 741 0,198	10 177 0,206	12 881 0,220	14 370 0,220	16 376 0,232	24 793 0,259	33 802 0,279	45 564 0,302	62 021 0,327
4 350 0,170	5 151 0,178	6 027 0,186	8 031 0,201	9 104 0,206	10 604 0,215	13 432 0,229	14 927 0,228	17 011 0,241	26 037 0,272	35 255 0,291	47 875 0,314	64 297 0,339
4 522 0,177	5 376 0,186	6 265 0,194	8 348 0,209	9 467 0,215	11 030 0,224	13 982 0,239	15 484 0,237	17 646 0,250	26 899 0,281	36 709 0,303	49 185 0,326	66 763 0,352
4 696 0,184	5 557 0,193	6 504 0,201	8 665 0,217	9 830 0,223	11 456 0,233	14 468 0,247	16 041 0,246	18 281 0,259	27 760 0,290	38 168 0,315	51 144 0,339	69 228 0,365
4 869 0,191	5 738 0,199	6 742 0,208	8,982 0,225	10 194 0,221	11 836 0,240	14 953 0,255	16 599 0,255	18 917 0,268	28 718 0,300	39 496 0,326	52 957 0,351	71 694 0,378
5 043 0,198	5 919 0,205	6 958 0,215	9 255 0,231	10,557 0,239	12 214 0,248	15 438 0,263	17 218 0,264	19 622 0,278	29 579 0,309	40 707 0,336	54 767 0,363	73 970 0,390
5 183 0,203	6 101 0,211	7 155 0,221	9 528 0,238	10 875 0,246	12 592 0,256	15 817 0,270	17 776 0,272	20 258 0,287	30 441 0,318	41 798 0,345	56 276 0,373	75 867 0,400
5 324 0,209	6 283 0,218	7 352 0,227	9 802 0,245	11 177 0,253	12 952 0,263	16 195 0,276	18 334 0,281	20 893 0,296	31 302 0,327	42 888 0,354	57 785 0,383	77 764 0,410
5 466 0,214	6 463 0,224	7 531 0,233	10 076 0,252	11 478 0,260	13 299 0,270	16 575 0,283	18 891 0,289	21 528 0,305	32 259 0,337	44 100 0,364	59 294 0,393	79 660 0,420
5 748 0,225	6 777 0,235	7 942 0,245	10 559 0,264	12 082 0,273	13 982 0,284	17 332 0,295	19 882 0,305	22 658 0,321	33 983 0,355	46 401 0,383	62 160 0,412	82 454 0,440
6 030 0,236	7 090 0,246	8 292 0,256	11 077 0,276	12 605 0,285	14 513 0,294	18 089 0,309	20 749 0,318	23 646 0,335	35 514 0,371	48 703 0,402	65 178 0,432	82 247 0,460
6 272 0,246	7 403 0,257	8 641 0,267	11 526 0,288	13 129 0,297	15 044 0,306	18 846 0,322	21 554 0,330	24 563 0,348	36 854 0,385	50 521 0,417	66 687 0,448	91 040 0,480
6 514 0,255	7 691 0,267	8 990 0,278	11 966 0,299	13 653 0,309	15 576 0,316	19 599 0,334	22 421 0,344	25 551 0,362	38 290 0,400	52 459 0,433	70 006 0,464	95 023 0,501
6 755 0,264	7 963 0,276	9 311 0,288	12 407 0,310	14 065 0,318	16 107 0,327	20 362 0,347	23 226 0,356	26 469 0,375	39 630 0,414	54 276 0,448	72 420 0,480	98 627 0,520
6 995 0,274	8 235 0,285	9 606 0,297	12 847 0,321	14 477 0,328	16 638 0,338	21 118 0,361	24 028 0,368	27 383 0,388	41 162 0,430	56 215 0,464	74 683 0,495	101 662 0,536
7 205 0,282	8 506 0,295	9 900 0,306	13 181 0,329	14 889 0,337	17 169 0,348	21 876 0,373	24 899 0,382	28 375 0,402	42 406 0,443	58 032 0,479	77 079 0,511	104 696 0,552
7 415 0,290	8 738 0,303	10 195 0,315	13 513 0,338	15 300 0,346	17 700 0,360	22 634 0,386	25 704 0,394	29 292 0,415	43 651 0,456	59 607 0,492	79 360 0,526	107 541 0,567
7 626 0,299	8 970 0,311	10 484 0,324	13 850 0,346	15 713 0,356	18 231 0,370	23 391 0,399	26 385 0,405	30 069 0,426	44 800 0,468	61 051 0,504	81 774 0,542	110 576 0,583

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество Нижняя строка—скорость										
2,0		55 0,082	134 0,104	246 0,119	530 0,147	801 0,168	1 602 0,203	3 062 0,234	1 421 0,199	3 438 0,248	4 382 0,265	5 293 0,279
2,2		58 0,085	142 0,110	256 0,125	562 0,156	847 0,178	1 689 0,215	3 208 0,246	1 500 0,210	3 625 0,261	4 611 0,278	5 405 0,292
2,4		60 0,089	149 0,115	267 0,130	585 0,162	883 0,186	1 756 0,223	3 352 0,256	1 559 0,219	3 783 0,373	4 839 0,292	5 813 0,306
2,6		63 0,093	155 0,120	279 0,135	609 0,169	919 0,193	1 823 0,231	3 496 0,267	1 618 0,227	3 940 0,285	5 034 0,303	6 073 0,319
2,8		65 0,097	162 0,125	290 0,141	632 0,175	955 0,201	1 889 0,239	3 642 0,279	1 677 0,235	4 097 0,296	5 228 0,315	6 295 0,331
3,0		68 0,100	167 0,129	299 0,145	655 0,181	991 0,209	1 956 0,248	3 787 0,290	1 737 0,243	4 255 0,307	5 423 0,319	6 516 0,343
3,2		70 0,104	173 0,134	308 0,150	679 0,188	1 028 0,215	2 024 0,256	3 906 0,299	1 796 0,252	4 412 0,319	5 618 0,338	6 737 0,354
3,4		73 0,107	179 0,138	317 0,154	702 0,194	1 064 0,224	2 090 0,264	4 025 0,308	1 855 0,260	4 534 0,328	5 784 0,349	6 958 0,366
3,6		76 0,112	187 0,143	327 0,159	725 0,201	1 094 0,230	2 157 0,273	4 144 0,317	1 915 0,268	4 655 0,336	5 949 0,359	7 154 0,376
3,8		78 0,115	190 0,147	337 0,163	749 0,208	1 124 0,236	2 223 0,281	4 263 0,326	1 973 0,276	4 778 0,345	6 115 0,369	7 351 0,386
4,0		80 0,118	195 0,151	346 0,168	772 0,214	1 154 0,243	2 279 0,288	4 382 0,335	2 023 0,283	4 899 0,354	6 280 0,378	7 548 0,397
4,5		85 0,125	208 0,160	369 0,179	820 0,226	1 229 0,259	2 418 0,306	4 659 0,356	2 147 0,300	5 204 0,375	6,668 0,401	8 015 0,422
5,0		90 0,133	217 0,168	393 0,190	864 0,239	1 295 0,273	2 557 0,323	4 910 0,376	2 270 0,318	5 509 0,398	7 036 0,424	8 455 0,445
5,5		95 0,140	227 0,175	416 0,202	910 0,252	1 354 0,285	2 696 0,341	5 163 0,395	2 394 0,336	5 815 0,420	7 391 0,446	8 849 0,465
6,0		100 0,147	237 0,183	440 0,213	955 0,265	1 413 0,298	2 835 0,359	5 400 0,413	2 510 0,353	6 072 0,438	7 720 0,465	9 185 0,483
6,5		105 0,154	246 0,191	455 0,221	993 0,275	1 472 0,310	2 946 0,372	5 618 0,430	2 615 0,367	6 330 0,457	8 049 0,486	9 522 0,501
7,0		108 0,160	257 0,198	471 0,228	1 030 0,285	1 531 0,323	3 057 0,386	5 836 0,446	2 713 0,381	6 587 0,475	8 303 0,500	9 859 0,518
7,5		113 0,166	266 0,205	486 0,236	1 067 0,295	1 591 0,335	3 166 0,400	6 034 0,463	2 811 0,394	6 811 0,492	8 558 0,516	10 196 0,536
8,0		116 0,171	276 0,213	502 0,243	1 104 0,305	1 650 0,347	3 278 0,414	6 248 0,479	2 909 0,408	7 034 0,508	8 682 0,524	10 533 0,554
8,5		120 0,178	285 0,221	517 0,251	1 141 0,316	1 703 0,358	3 388 0,428	6 442 0,493	3 008 0,423	7 257 0,524	9 066 0,546	10 870 0,572
9,0		124 0,183	295 0,228	533 0,258	1 169 0,323	1 749 0,368	3 482 0,440	6 636 0,507	3 091 0,434	7 450 0,537	9 319 0,562	11 207 0,589

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

воды, проходящей по трубе, в *л/час*
движения воды по трубе в *м/сек*

7 836 0,307	9 202 0,319	10 772 0,335	14 182 0,354	16 125 0,365	18 762 0,381	23 926 0,408	27 005 0,414	30 775 0,436	45 948 0,480	62 515 0,516	84 037 0,557	113 611 0,599
8 226 0,322	9 666 0,335	11 349 0,351	14 849 0,371	16 949 0,383	19 825 0,402	24 996 0,427	28 305 0,434	32 257 0,457	48 246 0,504	65 544 0,541	88 412 0,586	119 490 0,630
8 584 0,337	10 121 0,351	11 779 0,363	15 518 0,388	17 773 0,402	20 887 0,424	26 067 0,445	29 606 0,454	33 739 0,478	50 447 0,527	68 451 0,565	92 184 0,611	124 991 0,659
8 940 0,351	10 576 0,366	12 193 0,377	16 186 0,404	18 596 0,421	21 640 0,440	27 137 0,463	30 845 0,473	35 151 0,498	52 553 0,549	71 359 0,589	95 805 0,635	129 732 0,684
9 288 0,364	10 956 0,380	12 614 0,390	16 854 0,421	19 420 0,441	22 392 0,455	28 207 0,482	32 145 0,493	36 633 0,519	54 372 0,568	74,267 0,613	99 426 0,659	134 664 0,710
9 630 0,377	11 285 0,392	13 037 0,403	17 522 0,437	20 244 0,458	23 145 0,470	29 277 0,499	33 261 0,510	37 904 0,537	56 095 0,586	77 295 0,638	103 198 0,684	139 405 0,735
9 971 0,391	11 614 0,403	13 458 0,416	18 191 0,455	20 840 0,471	23 898 0,485	30 353 0,517	34 314 0,526	39 104 0,554	57 914 0,605	79 718 0,658	106 819 0,708	144 337 0,761
10 257 0,402	11 943 0,414	13 880 0,429	18 859 0,471	21 436 0,485	24 650 0,501	31 418 0,536	35 367 0,542	49 304 0,571	59 733 0,624	82 020 0,677	111 496 0,789	149 268 0,787
10 511 0,413	12 272 0,425	14 302 0,442	18 413 0,485	22 032 0,498	25 403 0,516	32 262 0,550	36 419 0,558	41 503 0,588	61 456 0,642	84 201 0,695	114 514 0,739	154 010 0,812
10 765 0,422	12 602 0,437	14 724 0,455	19 862 0,497	22 628 0,513	26 155 0,531	33 105 0,565	37 472 0,575	42 703 0,605	63 275 0,661	86 503 0,714	117 531 0,779	158 562 0,836
11 020 0,432	12 930 0,448	15 146 0,468	20 376 0,509	23 223 0,526	26 908 0,546	33 450 0,579	38 525 0,591	43 903 0,622	65 093 0,680	88 805 0,733	120 549 0,799	162 734 0,858
11 656 0,457	13 752 0,477	16 200 0,500	20 575 0,569	24 713 0,559	28 789 0,584	36 061 0,615	40 631 0,623	46 303 0,656	69 497 0,726	94 499 0,780	128 093 0,849	172 597 0,910
12 292 0,482	14 575 0,506	17 256 0,533	22 778 0,569	26 203 0,593	30 261 0,614	38 171 0,651	42 674 0,654	48 632 0,689	73 517 0,768	100 436 0,829	134 429 0,891	181 891 0,959
12 927 0,507	15 397 0,534	18 015 0,556	23 982 0,599	27 506 0,623	31 733 0,644	39 937 0,681	44 719 0,686	50 962 0,722	77 155 0,806	105 403 0,870	140 917 0,934	190 805 1,006
13 563 0,531	16 219 0,562	18 776 0,580	25 184 0,629	28 680 0,649	33 204 0,674	41 704 0,712	46 763 0,717	53 291 0,755	80 601 0,842	110,128 0,909	147 254 0,976	199 340 1,051
14 199 0,556	16 814 0,583	19 535 0,604	26 144 0,653	29 852 0,676	34 676 0,704	43 470 0,742	48 806 0,749	55 620 0,788	83 855 0,876	114 610 0,946	153 289 1,016	207 496 1,094
14 834 0,581	17 409 0,604	20 296 0,627	27 107 0,677	31 026 0,702	36 026 0,732	45 237 0,771	50 851 0,780	57 950 0,821	87 014 0,909	118 972 0,982	159 022 1,054	215 272 1,135
15 377 0,603	18 004 0,624	21 055 0,650	28 069 0,702	32 198 0,729	37 229 0,756	46 930 0,801	52 709 0,808	60 067 0,851	90 078 0,941	123 091 1,016	164 604 1,091	222 859 1,175
15 832 0,621	18 598 0,645	21 816 0,674	29 032 0,725	33 371 0,755	38 430 0,780	48 473 0,827	54 443 0,835	62 043 0,879	93 045 0,972	127,089 1,049	170 036 1,127	230 256 1,214
16 286 0,638	19 194 0,665	22 576 0,697	29 992 0,749	34 311 0,776	39 632 0,805	49 967 0,852	56 177 0,862	64 020 0,907	95 917 1,002	131 087 1,082	175 316 1,162	237 274 1,251
16 740 0,656	19 788 0,686	23 182 0,716	30 953 0,774	35 252 0,798	40 835 0,829	51 414 0,877	57 788 0,886	65 855 0,933	98 693 1,031	137 266 1,113	180 295 1,195	244 102 1,287

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество Нижняя строка—скорость										
9,5		128 0,188	305 0,235	548 0,266	1 198 0,332	1 795 0,378	3 576 0,451	6 831 0,523	3 174 0,446	7 621 0,550	9 574 0,577	11 558 0,607
10		131 0,193	314 0,243	563 0,274	1 228 0,340	1 841 0,388	3 670 0,464	6 999 0,535	3 258 0,458	7 792 0,562	9 827 0,592	11 881 0,625
11		138 0,203	329 0,254	594 0,288	1 286 0,356	1 934 0,407	3 858 0,488	7 333 0,561	3 424 0,482	8 134 0,587	10 336 0,623	12 555 0,660
12		144 0,211	343 0,265	619 0,300	1 344 0,372	2 025 0,426	4 024 0,509	7 668 0,586	3 573 0,502	8 477 0,612	10 844 0,654	13 232 0,696
13		150 0,221	357 0,276	645 0,313	1 402 0,388	2 118 0,445	4 191 0,530	7 933 0,607	3 821 0,524	8 819 0,637	11 352 0,684	13 772 0,724
14		155 0,228	371 0,286	670 0,325	1 459 0,404	2 193 0,461	4 358 0,551	8 193 0,627	3 868 0,544	9 161 0,662	11 919 0,714	14 291 0,752
15		160 0,235	385 0,297	695 0,337	1 517 0,420	2 268 0,477	4 525 0,572	8 464 0,648	4 016 0,565	9 503 0,686	12 337 0,744	14 793 0,778
16		164 0,242	399 0,308	720 0,349	1 564 0,433	2 344 0,493	4 670 0,590	8 729 0,668	4 146 0,583	9 845 0,710	12 742 0,768	15 279 0,804
17		169 0,249	413 0,319	741 0,349	1 610 0,445	2 419 0,509	4 816 0,609	8 994 0,688	4 275 0,602	10 188 0,735	13 134 0,792	15 749 0,828
18		174 0,257	427 0,330	762 0,370	1 656 0,458	2 495 0,525	4 962 0,627	9 459 0,708	4 404 0,620	10 530 0,760	13,516 0,815	16 221 0,852
19		178 0,263	438 0,338	793 0,379	1 702 0,471	2 596 0,546	5 100 0,645	9 524 0,729	4 527 0,638	10 872 0,785	13 884 0,837	16 649 0,876
20		183 0,270	449 0,346	803 0,390	1 749 0,484	2 661 0,560	5 230 0,661	9 789 0,749	4 642 0,653	11 182 0,807	14 246 0,859	17 081 0,898
22		183 0,284	470 0,363	846 0,410	1 842 0,510	2 790 0,587	5 487 0,693	10 320 0,789	4 871 0,685	11 728 0,846	14 942 0,901	17 915 0,942
24		203 0,299	492 0,380	887 0,431	1 935 0,536	2 884 0,607	5 730 0,724	10 851 0,830	5 087 0,716	12 249 0,884	15 606 0,941	18 713 0,984
26		212 0,312	513 0,396	919 0,446	2 009 0,554	3 003 0,632	5 965 0,753	11 381 0,871	5 295 0,745	12 749 0,920	16 243 0,979	19 477 1,024
28		222 0,327	535 0,413	952 0,462	2 084 0,577	3 115 0,655	6 190 0,782	11 786 0,902	5 494 0,774	13 229 0,955	16 856 1,016	20 211 1,063
30		229 0,337	552 0,427	984 0,477	2 158 0,597	3 227 0,679	6 407 0,809	12 199 0,933	5 688 0,801	13 694 0,988	17 447 1,052	20 922 1,101
32		236 0,347	570 0,440	1 017 0,493	2 234 0,618	3 339 0,703	6 618 0,834	12 600 0,964	5 874 0,827	14 143 1,021	18 019 1,086	21 608 1,137
34		242 0,358	588 0,454	1 049 0,508	2 307 0,639	3 443 0,725	6 822 0,862	12 988 0,994	6 056 0,853	14 578 1,052	18 320 1,102	22 273 1,172
36		249 0,368	605 0,468	1 081 0,525	2 372 0,657	3 548 0,747	7 019 0,886	13 363 1,022	6 231 0,878	15 002 1,083	19 112 1,152	22 918 1,205
38		257 0,378	623 0,481	1 113 0,540	2 437 0,674	3 652 0,769	7 212 0,911	13 731 1,050	6,402 0,901	15 412 1,112	19 638 1,183	23 546 1,239

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168/5	194/5	219/6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

воды, проходящей по трубе, в *л/час*
движения воды по трубе в *м/сек*

17 195 0,674	20 378 0,707	23 787 0,735	31 916 0,797	36 192 0,819	42 036 0,853	52 823 0,901	59 398 0,911	67 690 0,959	101 373 1,059	138 477 1,143	185 274 1,228	250 740 1,322
17 650 0,692	21 089 0,731	24 393 0,753	32 673 0,816	37 133 0,841	43 073 0,875	54 193 0,924	60 947 0,935	69 455 0,984	104 054 1,087	142 112 1,173	190 102 1,260	257 378 1,357
18 558 0,727	22 118 0,767	25 605 0,791	34 269 0,856	39 013 0,883	45 176 0,917	56 839 0,968	63 857 0,979	72 772 1,031	109 031 1,139	149 139 1,231	199,456 1,322	269 896 1,423
19,467 0,763	23 102 0,801	26 817 0,828	35 792 0,894	40 736 0,922	47 186 0,958	59 369 1,012	66 769 1,024	76 090 1,078	114 009 1,191	155 681 1,285	208 207 1,380	281 846 1,486
20 415 0,800	24 046 0,833	28 029 0,866	37 251 0,931	42 398 0,959	49 110 1,997	61 791 1,054	69 432 1,065	79 125 1,121	118 604 1,239	162 102 1,338	216 656 1,436	293 415 1,547
21 187 0,830	24 952 0,865	29 080 0,898	38 660 0,965	43 998 0,996	50 955 1,034	64 141 1,094	72 095 1,106	82 160 1,164	123 103 1,286	168 160 1,388	224 954 1,491	304 416 1,605
21 929 0,859	25 831 0,895	30 100 0,930	40 016 1,000	45 542 1,031	52 754 1,071	66 379 1,133	74 572 1,144	84 983 1,204	127 411 1,331	174 096 1,437	232 799 1,543	315 037 1,661
22 648 0,887	26 677 0,925	31 087 0,961	41 330 1,032	47 036 1,065	54 524 1,106	68 553 1,169	77 050 1,182	87 807 1,244	131 622 1,375	179 790 1,484	240 494 1,594	325 469 1,716
23 345 0,915	27 497 0,954	32 044 0,990	42 599 1,064	48 486 1,097	56 159 1,140	70 662 1,205	79 404 1,218	90 489 1,282	135 643 1,417	185 363 1,530	247 736 1,642	335 521 1,769
24 024 0,942	28 295 0,981	32 972 1,019	43 834 1,095	49 889 1,129	57 789 1,173	72 710 1,240	81 758 1,254	93 171 1,320	139 568 1,458	190 694 1,574	255 129 1,691	345 190 1,820
24 681 0,967	29 030 1,006	33 878 1,046	45 037 1,125	51 258 1,160	59 372 1,205	74 703 1,274	83 925 1,287	95 641 1,355	143 397 1,498	195 940 1,617	262 069 1,737	354 677 1,870
25 321 0,993	29 824 1,034	34 758 1,074	49 206 1,154	52 588 1,190	60 904 1,235	76 644 1,308	86 155 1,321	98 183 1,391	147 130 1,537	200 992 1,659	268 858 1,782	363 781 1,918
26 558 1,041	31 284 1,085	36 454 1,136	48 461 1,211	55 154 1,249	63 888 1,297	80 387 1,371	90 367 1,386	102 982 1,459	154 214 1,611	210 806 1,740	281 985 1,869	381 610 2,012
27,739 1,087	32 672 1,133	38 074 1,176	50 617 1,265	57 607 1,304	66 731 1,355	83 964 1,432	94 392 1,448	107 570 1,524	161 106 1,683	220 255 1,818	294 507 1,952	398 680 2,102
28 872 1,131	34 005 1,179	39 635 1,225	52 684 1,316	59 960 1,357	69 456 1,410	87 391 1,491	98 232 1,507	111 946 1,586	167 711 1,752	229 221 1,892	306 426 2,031	414 992 2,188
29 962 1,175	35 288 1,223	41 125 1,270	54 675 1,366	62 224 1,409	72 076 1,463	90 694 1,547	101 887 1,563	116 111 1,645	174 029 1,818	237 823 1,963	318 044 2,108	430 644 2,270
31 014 1,215	36 527 1,267	42 569 1,315	56 594 1,414	64 408 1,458	74 625 1,515	93 877 1,606	105 480 1,618	120 205 1,703	180 155 1,882	246 182 2,032	329 208 2,182	445 718 2,350
32 032 1,255	37 727 1,308	43 964 1,359	58 447 1,460	66 519 1,505	77 052 1,564	96 953 1,654	108 948 1,671	124 157 1,759	185 995 1,943	254 299 2,099	340 071 2,254	460 322 2,427
33 017 1,294	38 887 1,348	45 319 1,400	60 248 1,505	68 570 1,552	79 425 1,613	99 939 1,705	112 293 1,722	127 969 1,813	191 738 2,003	262 063 2,163	350 482 2,323	474 547 2,502
33 974 1,331	40 014 1,388	46 691 1,440	61 996 1,549	70 555 1,597	81 728 1,659	102 837 1,754	115 575 1,773	131 710 1,866	197 386 2,062	269 686 2,226	360 741 2,391	488 203 2,574
34 902 1,368	41 112 1,428	47 910 1,480	63 694 1,591	72 495 1,641	83 968 1,705	105 655 1,802	118 734 1,821	135 310 1,917	202 746 2,118	277 076 2,287	370 548 2,456	501 669 2,645

Диаметры		Трубы стальные водо-газо проводные (газовые), ГОСТ-3262-55							Трубы			
Условный проход	в дюймах	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5
	в *мм*	15	20	25	32	40	50	70				
Наружный диаметр в *мм*		21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89
Внутренний диаметр в *мм*		15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82
Потери от трения на 1 *пог. м* в *кг/м²*		Верхняя строка—количество Нижняя строка—скорость										
40		268 0,388	640 0,495	1 145 0,559	2 501 0,692	3 757 0,791	7 398 0,934	14 087 1,077	6 567 0,925	15 813 1,142	20 148 1,215	24 159 1,271
45		280 0,413	675 0,522	1 216 0,593	2 662 0,736	3 977 0,837	7 848 0,991	14 938 1,143	6 966 0,982	6 772 1,211	21 369 1,288	25 624 1,348
50		297 0,439	710 0,549	1 282 0,625	2 789 0,776	4 197 0,883	8 271 1,044	15 750 1,205	7 342 1,034	7 680 1,276	22 526 1,358	27 010 1,421
55		311 0,459	745 0,575	1 343 0,655	2 926 0,814	4 401 0,926	8 675 1,095	16 519 1,263	7 701 1,084	18 542 1,339	23 625 1,424	28 327 1,490
60		325 0,478	780 0,602	1 403 0,692	3 055 0,850	4 597 0,967	9 052 1,144	17 254 1,320	8 043 1,132	19 368 1,398	24 675 1,488	29 588 1,557
65		338 0,498	815 0,629	1 460 0,712	3 180 0,885	4 785 1,007	9 432 1,190	17 958 1,373	8 372 1,178	20 159 1,455	25 670 1,548	30 795 1,620
70		351 0,517	850 0,656	1 516 0,739	3 300 0,918	4 966 1,044	9 787 1,236	18 635 1,425	8 688 1,222	20 918 1,510	26 653 1,607	31 958 1,681
75		365 0,537	881 0,680	1 568 0,765	3 416 0,950	5 140 1,082	10 064 1,279	19 291 1,476	8 998 1,265	21 652 1,563	27 588 1,663	33 079 1,740
80		376 0,554	909 0,702	1 620 0,790	3 528 0,981	5 309 1,117	10 395 1,321	19 942 1,524	9 292 1,307	22 364 1,614	28 492 1,717	34 165 1,797
85		388 0,571	938 0,724	1 670 0,815	3 637 1,012	5 471 1,151	10 714 1,362	20 555 1,571	9 578 1,347	23 052 1,664	29 369 1,770	35 215 1,852
90		399 0,588	965 0,745	1 720 0,838	3 742 1,041	5 631 1,185	11 018 1,401	21 151 1,617	9 856 1,385	23 719 1,712	30 221 1,822	36 233 1,906
95		410 0,604	991 0,765	1 765 0,861	3 845 1,069	5 781 1,216	11 327 1,447	21 730 1,661	10 126 1,432	24 369 1,759	31 049 1,871	37 229 1,959
100		421 0,619	1 017 0,785	1 811 0,884	3 945 1,097	5 935 1,249	11 621 1,484	22 295 1,703	10 390 1,469	25 001 1,805	31,851 1,920	38 196 2,009
110		441 0,650	1 066 0,824	1 900 0,927	4 138 1,151	6 224 1,310	12 188 1,554	23 383 1,787	10 897 1,540	26 223 1,892	33,411 2,014	40 060 2,108
120		461 0,679	1 114 0,860	1 984 0,968	4 321 1,202	6 502 1,368	12 731 1,623	24 432 1,866	11 381 1,609	27 390 1,977	34 896 2,103	41 843 2,201
130		479 0,707	1 159 0,895	2 065 1,007	4 498 1,251	6 767 1,426	13 242 1,696	25 420 1,966	11 845 1,675	28 508 2,058	36 322 2,190	43 553 2,291
140		498 0,733	1 203 0,929	2 114 1,046	4 667 1,298	7 022 1,478	13 750 1,755	26 380 2,016	12 292 1,738	29 584 2,135	37 693 2,272	45 195 2,377
150		515 0,759	1 245 0,962	2 218 1,082	4 831 1,344	7 269 1,529	14 233 1,816	27 306 2,087	12 724 1,800	30 622 2,210	39 015 2,351	46 781 2,460

стальные бесшовные, ГОСТ 8732-58

102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	159/4,5	168 5	194/5	219,6	245/6	273/7
102	108	114	127	133	140	152	159	168	194	219	245	273
94	100	106	119	125	131	143	150	158	184	207	231	259

воды, проходящей по трубе, в *л/час*
движения воды по трубе в *м/сек*

35 811 1,404	42 180 1,462	49 155 1,518	65 349 1,633	74 373 1,684	86 150 1,749	108 398 1,849	121 831 1,868	138 839 1,967	208 011 2,173	284 224 2,346	380 204 2,520	514 756 2,714
37 984 1,488	44 738 1,551	52 137 1,611	69 310 1,731	78 885 1,786	91 381 1,855	114 735 1,961	129 201 1,982	147 238 2,086	220 647 2,305	301 549 2,489	403 288 2,673	545 862 2,878
40 040 1,569	47 159 1,635	54 956 1,697	73 062 1,826	83 152 1,883	96 319 1,955	121 194 2,067	136 200 2,089	155 214 2,199	232 613 2,430	317 783 2,623	425 165 2,818	575 450 3,034
41 993 1,645	49 459 1,715	57 639 1,781	76 628 1,914	87 209 1,974	101 019 2,051	127 106 2,168	142 828 2,191	162 767 2,306	243 908 2,548	333 412 2,752	445 834 2,955	603 331 3,181
43 861 1,719	51 661 1,791	60 202 1,860	80 035 2,000	91 088 2,062	105 511 2,142	132 762 2,264	149 207 2,288	170 037 2,409	254 725 2,651	348 193 2,874	465 599 3,086	630 264 3,323
45 652 1,789	53 770 1,864	62 659 1,935	83 302 2,081	94 808 2,146	109 878 2,229	138 184 2,357	155 277 2,381	176 954 2,507	265 159 2,770	362 367 2,991	484 609 3,212	656 058 3,459
47 376 1,856	55 797 1,935	65 027 2,009	86 447 2,159	98 385 2,227	113 959 2,313	143 401 2,446	161 162 2,472	183 660 2,602	275 211 2,875	376 058 3,104	502 865 3,333	680 905 3,590
49 038 1,921	57 756 2,002	67 307 2,080	89 483 2,235	101 887 2,306	117 987 2,394	148 431 2,532	166 798 2,558	190 083 2,693	284 879 2,976	389 263 3,213	520 668 3,451	704 803 3,716
50 647 1,985	59 651 2,068	69 516 2,147	92 418 2,309	105 179 2,381	121 833 2,473	153 298 2,615	172 310 2,640	196 365 2,782	294 164 3,093	401 984 3,318	537 717 3,564	727 753 3,956
52 205 2,046	61 486 2,132	71 656 2,213	95 262 2,380	108 417 2,454	125 583 2,549	158 016 2,695	177 575 2,723	202 365 2,867	303 258 3,168	414 342 3,420	554 162 3,673	750 323 3,956
53 719 2,105	63 271 2,193	73 732 2,278	98 016 2,449	111 561 2,525	129 228 2,623	162 594 2,773	182 778 2,803	208 294 2,951	312 065 3,260	426 457 3,520	570 155 3,779	771 945 4,070
55 189 2,163	65 001 2,254	76 260 2,340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56 622 2,219	66 690 2,312	77 720 2,401	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59 385 2,327	69 944 2,425	81 516 2,455	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62 030 2,431	73 058 2,533	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64 562 2,530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ГРАФИК И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ЗА СЧЕТ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ В ТРУБОПРОВОДАХ

Расчетные формулы для определения дополнительного давления вследствие охлаждения воды в трубопроводах

Двухтрубная система с естественной циркуляцией воды:

$$H = 4{,}55 l^m n^{1{,}5} \text{ кг/м}^2.$$

Двухтрубная система с насосной циркуляцией воды:

$$H' = 2{,}46 l^m n^{1{,}6} \text{ кг/м}^2.$$

Однотрубная система с естественной циркуляцией воды:

$$H = 2{,}46 l^m n^{1{,}62} \text{ кг/м}^2.$$

Однотрубная система с насосной циркуляцией воды:

$$H' = 0{,}16 l^m n^{2{,}74} \text{ кг/м}^2,$$

где l — расстояние от главного стояка до расчетного в *м*;

n — расчетный этаж.

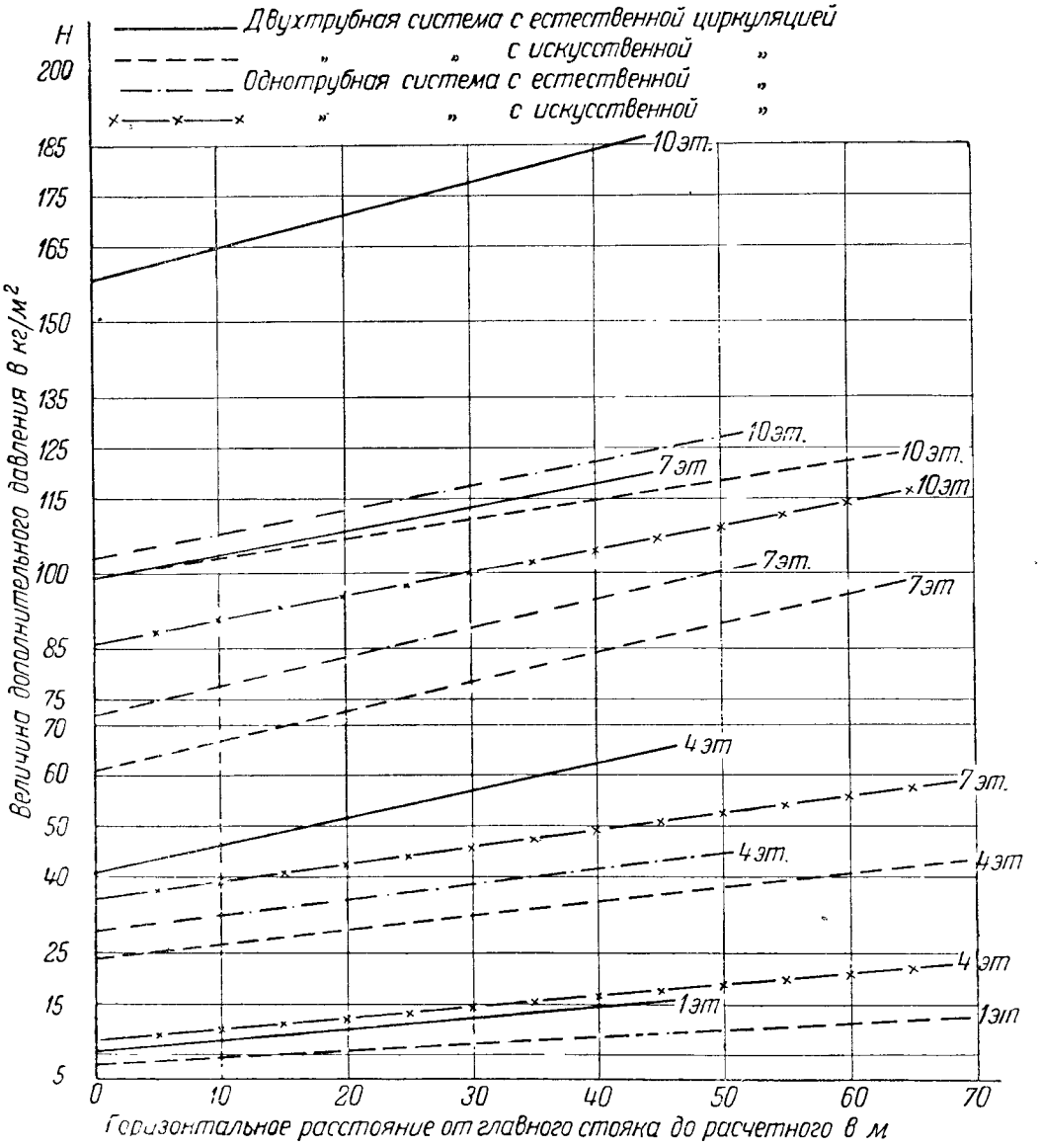
Показатель m для первого этажа равен 0,2; для каждого последующего этажа m уменьшается на 0,02.

Примечания к графику. 1. График составлен для открытой прокладки стояков при изолированных магистральных трубопроводах.

2. При прокладке стояков в бороздах без изоляции вводится поправочный коэффициент 0,75.

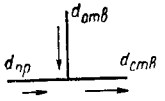
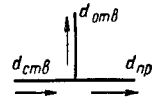
3. При прокладке стояков в бороздах с изоляцией дополнительное давление, получающееся вследствие охлаждения воды, не учитывается.

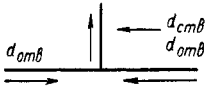
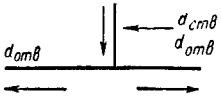
График для определения дополнительных давлений за счет охлаждения воды в трубопроводах



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТРОЙНИКОВ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ВОДОГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ
(по опытным данным быв. ЦНИПС)

§	Коэффициенты местного сопротивления ответвления $\zeta_{отв}$										
	Эскизы / $H_{отв} = \zeta_{отв} \frac{v^2_{отв}}{2g} \gamma$	$\frac{d_{отв}}{d_{ств}}$	Группа	$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}$									
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1		1	I	—85	—15	—2,66	0,625	2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
		0,74	II	—25	—3,62	0	1	1,4	1,6	1,8	1,9	2	2
		0,66	III	—15,2	—1,29	0,55	1	1,2	1,4	1,55	1,7	1,73	1,73
		0,59	IV	—9	—0,3	0,8	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5
		0,52	V	—5	0	0,9	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,32	1,34
		0,44	VI	—2	0,5	0,9	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
		0,3	VII	—0,4	0,6	0,9	1	1,05	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
2		1	I	90	25	12,5	7,75	5,4	4,15	3,3	2,8	2,55	2,3
		0,74	II	33	9,4	4,7	3	2	1,5	1,2	1,05	1	1
		0,66	III	23	6,88	3,52	2,25	1,6	1,25	1	0,9	0,9	0,9
		0,59	IV	13,5	4,73	2,88	1,8	1,34	1,1	0,95	0,83	0,8	0,8
		0,52	V	10	3,3	1,88	1,3	1	0,83	0,72	0,67	0,65	0,65
		0,44	VI	5,3	1,9	1,4	0,8	0,6	0,52	0,5	0,5	0,5	0,5
		0,3	VII	2,11	0,935	0,542	0,4	0,305	0,25	0,215	0,2	0,2	0,2

§	Эскизы $H_{отв}=\zeta_{отв}\frac{v^2_{отв}}{2g}\gamma$	$\frac{d_{отв}}{d_{ств}}$	Группа	Коэффициенты местного сопротивления ответвления $\zeta_{отв}$									
				$\frac{Q_{отв}}{Q_{ств}}$									
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
3		1	I	80	21,5	11	7	5	3,9	3,25	2,8	2,5	2,3
4		1	I	100	29	14,5	9	6,3	4,75	3,8	3,1	2,66	2,3
				Коэффициенты местного сопротивления проходу $\zeta_{пр}$									
	$\Delta H_{пр}=\zeta_{пр}\frac{v^2_{пр}}{2g}\gamma$			$\frac{Q_{пр}}{Q_{ств}}$									
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
5	При смешивании или делении потоков во всех видах тройников			70	16	6,7	3,56	2,2	1,41	1	0,85	0,76	0,7

КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
(по опытным данным НИИ санитарной техники АСиА СССР)

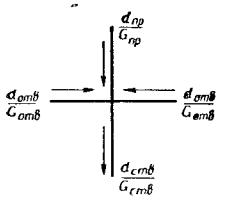
Наименование	Значение ζ	Примечание
Котлы чугунные	2,5	
„ стальные	2	
Компенсаторы П-образные	2	
„ сальниковые	0,5	
Внезапное расширение	1	Относится к сечению с большей скоростью
„ сужение	1	

Наименование	Условный диаметр в *мм*	Значения ζ при скорости в *м/сек*					Примечание
		0,025	0,05	0,075	0,1	0,2 и более	
1	2	3	4	5	6	7	8
Нагревательные приборы							
Радиаторы двухколонные (вход и выход) при диаметре подводки	15	3,8	2,2	1,7	1,6	1,6	По данным испытаний МИСИ имени В. В. Куйбышева и НИИ санитарной техники АСиА СССР
	20	2	1,4	1,3	1,2	1,2	
Змеевик из труб плоский (длиной 1 500 *мм*, высотой 500 *мм*)	15	48	28	28	28	28	По данным испытаний МИСИ имени В. В. Куйбышева
	20	40	22	22	22	22	
Арматура							
Краны пробковые проходные	15	5,7	3,8	3,5	3,4	3	По данным испытаний НИИ санитарной техники
	20	3,7	2	1,6	1,4	1,2	
	25	3,2	1,8	1,5	1,3	1	
Краны двойной регулировки:							
а) с цилиндрической пробкой	15	—	—	—	—	4	По данным испытаний быв. ВНИИСТО
	20	—	—	—	—	2	
б) типа ЗИМ	15	11	8	7	6,8	6,5	По данным испытаний НИИ санитарной техники АСиА СССР
в) шиберного типа	15	4,8	3,9	3,7	3,5	3	
Вентили							
Вентили с вертикальными шпинделями (15 и 18 бр)	15	—	—	—	—	16	
	20	—	—	—	—	10	
	25	—	—	—	—	9	
	32	—	—	—	—	9	
	40	—	—	—	—	8	
	50 и более	—	—	—	—	7	

Наименование	Условный диаметр в *мм*	Значения ζ при скорости в *м/сек*					Примечание
		0,025	0,05	0,075	0,1	0,2 и более	
1	2	3	4	5	6	7	8
Вентили прямоточные с косыми шпинделями (15 с и 58)	15	—	—	—	—	3	
	20	—	—	—	—	3	
	25	—	—	—	—	3	
	32	—	—	—	—	2,5	
	40	—	—	—	—	2,5	
	50 и более	—	—	—	—	2	
Задвижки параллельные	25	—	—	—	—	0,5	
	32	—	—	—	—	0,5	
	40	—	—	—	—	0,5	
	50 и более	—	—	—	—	0,5	
Гнутые детали из труб							
Утки под углом 45° с радиусами закругления $R = 3d$	15	3,2	1,5	0,9	0,7	0,6	По данным испытаний НИИ санитарной техники
	20	1,7	1	0,7	0,65	0,6	
	25	1,6	0,8	0,65	0,65	0,6	
Скобы с радиусом закругления $R = 3d$	15	6	2,2	2,1	2,1	2	
	20	4	1,3	1	1	1,2	
	25	2,3	1,1	0,7	0,7	0,6	
	32	1,4	0,8	0,6	0,5	0,4	
Отводы под углом 90° с радиусом закругления $R = 3d$	15	5	1,6	1,4	1,3	1,3	
	20	3,7	1,5	1,2	1,1	1,1	
	25	3	1,2	0,8	0,6	0,6	
	32	1	0,3	0,2	0,2	0,2	

КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КРЕСТОВИН (ОСТ 763, 764) ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ (по опытным данным быв. ЦНИПС)

А. Слияние потоков



$d_0 = \frac{d_{отв}}{d_{ств}}$ — относительный диаметр ответвления;

$G_{отв} = \frac{G_{отв}}{G_{ств}}$ — относительный расход в ответвлении, для которого определяются значения;

$G_{отв} = \frac{G_{отв}}{G_{ств}}$ — относительный расход в противоположном ответвлении;

$G_{пр} = \frac{G_{пр}}{G_{ств}}$ — относительный расход в проходе.

Значение $\zeta_{отв}$

$d_0 = 1$

$G_{отв_2}$	$G_{отв_1}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	—25	3,3	4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5
0,1	8	7,3	5,2	3,9	3,1	2,5	2	1,8	1,7	—
0,2	37	14	7,2	4,8	3,6	2,8	2,3	1,9	—	—
0,3	48	15,3	8,2	5,3	3,8	3	2,4	—	—	—
0,4	60	18	9,3	5,9	4,2	3,1	—	—	—	—
0,5	64	19,5	10,2	6,5	4,7	—	—	—	—	—
0,6	78	22,5	11,4	7,3	—	—	—	—	—	—
0,7	95	26,8	13,3	—	—	—	—	—	—	—
0,8	110	30,2	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	124	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$d_0 = 0,76$

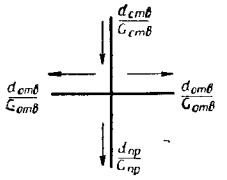
0	—14,3	0,3	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
0,1	—5	2,4	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	—
0,2	9,7	4,3	2,8	2,1	1,7	1,5	1,4	1,3	—	—
0,3	10,5	5,7	3,4	2,4	1,9	1,7	1,4	—	—	—
0,4	20,5	6,7	3,7	2,7	2,1	—	—	—	—	—
0,5	27,5	8,2	4,4	2,9	2,2	—	—	—	—	—
0,6	32,8	5,4	4,9	3,2	—	—	—	—	—	—
0,7	38,5	11,6	5,5	—	—	—	—	—	—	—
0,8	45	12,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	52,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$d_0 = 0,59$

0	—6,1	—0,3	1	1,1	1	1	1	1	1	1
0,1	—3,1	0,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	—
0,2	0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	—	—
0,3	4,9	2,5	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	—	—	—
0,4	9,2	3,4	2,2	1,8	1,5	1,4	—	—	—	—
0,5	14,6	4,3	2,6	1,9	1,6	—	—	—	—	—
0,6	17,1	5,2	3	2,1	—	—	—	—	—	—
0,7	20,7	5,8	3	—	—	—	—	—	—	—
0,8	22	5,8	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	23,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значение $\zeta_{прох}$

$G_{прох}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{прох}$	115	24,7	10,7	5,6	3,6	2,6	2	1,7	1,4	1,3



Б. Деление потоков

Значение $\zeta_{отв}$

d_0	$G_{отв}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	$G_{отв.1} \neq G_{отв.2}$.	105	26,6	12,3	7,5	6,2	5,2	3,9	3,2	2,7	2,3	2,1
	$G_{отв.1} = G_{отв.2}$.	105	26,6	12,3	13,7	12,5	7	—	—	—	—	—
0,76	$G_{отв.1} \neq G_{отв.2}$.	32,5	9,4	4,7	3	2,7	2,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1
	$G_{отв.1} = G_{отв.2}$.	32,5	9,4	4,7	6	8,1	4,7	—	—	—	—	—
0,59	$G_{отв.1} \neq G_{отв.2}$.	14,1	4,1	2,4	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1	1	0,9
	$G_{отв.1} = G_{отв.2}$.	15,3	4,4	3,4	5,2	5,5	5,5	3,1	—	—	—	—

Значение $\zeta_{прох}$

$G_{пр}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{прох}$ . . .	93	20,6	7,3	3	2,1	1,6	1,2	1	0,9	0,9	0,9

Примечание. Для более точного определения величины местных потерь при $G_{пр} = 0{,}1 \div 0{,}2$ рекомендуется составить график.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Потери на местные сопротивления и трение в долях от общей величины сопротивления трубопровода

Характеристика системы	Потери в долях на	
	местные сопротивления a	трение $1-a$
Системы водяного отопления с естественной циркуляцией воды (независимо от протяженности по вертикали и горизонтали)	0,5	0,5
То же, с механической циркуляцией воды . .	0,35	0,65
Районные теплопроводы со средним расстоянием от источника теплоснабжения до здания около 50 *м*	0,2	0,8
Районные теплопроводы со средним расстоянием около 100 *м* и более	0,1	0,9
Паровые системы отопления низкого давления	0,35	0,65
То же, высокого давления внутри здания .	0,2	0,8
То же, в наружных сетях	0,1	0,9
Конденсационные магистрали наружных сетей	0,1	0,9
Конденсационные трубопроводы систем отопления	0,2	0,8

Теплопотери в окружающую среду в *ккал/час* на 1 *м* неизолированных труб, наполненных водой или паром, при разности температур Δt теплоносителя и окружающего воздуха от 30 до 150°

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные горячекатаные, ГОСТ 8732-58																Разность температур Δt
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	168/5	194/5	219/6	245/7	273/7	
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70																	
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	168	194	219	245	273	
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	158	184	207	231	259	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Теплоноситель вода																										
		17	22	28	35	44	48	54	68	51	68	74	80	92	97	103	114	119	126	124	135	155	176	196	211	30
		18	24	30	37	47	50	58	73	54	73	79	85	98	103	110	122	127	134	132	144	165	188	209	225	32
		19	25	32	40	50	53	61	77	58	77	84	91	104	110	117	129	135	143	141	153	175	200	222	239	34
		20	26	34	42	53	56	65	82	61	82	89	96	110	116	124	137	143	152	149	162	185	212	235	253	36
		22	28	36	44	56	60	68	86	65	86	94	102	117	123	131	145	151	160	157	171	196	223	248	267	38
		23	29	38	47	59	62	72	91	68	91	99	107	123	129	137	152	159	168	166	180	206	235	261	281	40
		24	31	39	49	62	66	76	95	72	96	104	112	129	136	145	160	167	176	174	190	217	247	275	295	42
		25	32	41	51	65	69	80	100	74	100	109	118	136	142	151	168	175	184	182	198	227	259	288	309	44
		26	34	43	54	68	72	83	104	78	105	114	123	142	149	158	175	183	192	190	207	237	270	300	323	46
		27	35	45	56	71	75	86	109	82	109	119	128	148	155	164	183	191	201	198	216	248	282	314	338	48
		30	38	49	61	77	83	95	119	90	120	131	141	163	170	180	201	209	219	207	225	259	294	327	352	50
		31	40	51	63	81	86	98	124	93	126	136	147	170	178	188	209	219	229	215	234	270	306	340	366	52
		32	41	53	65	84	90	102	129	97	130	141	153	176	185	196	217	227	237	224	244	280	318	352	380	54
		33	43	55	68	87	93	106	134	101	135	146	159	183	192	202	225	235	245	232	254	290	330	366	392	56
		35	44	56	71	90	97	109	138	105	139	152	165	189	198	209	233	243	253	240	262	300	340	379	405	58
		37	48	61	76	97	105	119	150	114	150	165	178	206	216	227	253	264	275	249	270	310	351	392	419	60
		39	49	63	79	100	107	123	154	118	155	170	184	213	223	235	262	272	285	257	280	320	363	406	433	62
		40	51	65	81	103	111	127	161	121	161	175	190	219	230	243	270	280	294	265	289	330	373	418	448	64
		41	53	67	83	106	115	131	165	125	165	180	196	226	238	251	279	290	304	273	297	340	385	431	464	66
		42	54	69	86	110	119	135	169	129	170	186	202	233	245	258	287	299	313	282	306	352	397	444	480	68
		45	58	74	93	118	127	139	183	139	183	202	218	252	261	265	295	307	322	291	315	362	410	457	494	70
		47	60	76	95	121	131	143	189	143	189	208	224	260	269	273	304	316	331	299	325	372	423	470	508	72
		48	62	78	98	125	135	147	194	147	193	214	230	267	277	281	312	326	340	307	334	382	435	484	522	74
		49	63	80	101	128	139	151	198	151	199	220	237	275	285	288	321	335	350	315	342	392	447	497	536	76
		50	65	82	104	131	142	155	204	155	204	226	243	281	291	295	329	343	358	323	350	403	458	510	550	78

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные горячекатаные, ГОСТ 8732-58																Разность температур Δt
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57×3,5	76×3	83×3,5	89×3,5	102×4	108×4	114×4	127×4	133×4	140×4,5	152×4,5	168×5	194×5	219×6	245×7	273×7	
	в мм	10	15	20	25	32	40	50	70																	
Наружный диаметр в мм		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	168	194	219	245	273	
Внутренний диаметр в мм		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	158	184	207	231	259	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		52	67	84	106	135	145	159	219	166	220	242	261	301	312	303	338	351	368	331	360	413	471	524	564	80
		53	68	87	109	138	147	163	225	170	224	248	267	309	319	311	346	361	376	339	370	424	483	537	578	82
		54	70	89	112	142	152	167	230	174	230	254	273	316	327	319	354	370	386	348	380	435	495	550	592	84
		56	72	91	114	146	157	171	235	178	236	260	280	324	335	326	362	379	396	357	388	445	506	562	607	86
		57	73	93	117	148	159	175	241	182	242	266	287	331	343	334	372	387	406	365	396	455	518	575	621	88
		65	83	106	134	170	178	202	276	209	278	304	329	380	394	383	425	444	465	419	452	524	592	658	712	90
		67	85	108	137	173	182	206	282	213	284	311	336	388	402	391	435	454	475	428	463	535	606	673	728	92
		68	87	111	140	177	186	210	288	217	290	318	343	396	410	399	445	464	485	437	474	546	620	688	744	94
		70	89	113	143	181	190	214	295	222	296	325	350	405	418	408	454	474	495	446	484	557	634	703	760	96
		71	91	116	146	185	194	219	301	227	302	332	358	413	427	417	463	484	505	455	494	569	647	718	776	98
		72	93	118	149	189	198	224	307	232	309	339	365	422	436	425	472	494	516	464	504	581	660	732	792	100
		74	95	120	152	192	202	228	312	236	315	346	373	430	445	434	482	504	526	474	514	593	673	747	808	102
		75	97	122	155	196	206	233	319	241	321	353	381	439	454	443	492	514	537	483	524	605	686	762	824	104
		77	99	125	158	200	210	238	326	246	327	360	388	447	463	451	501	523	547	493	534	616	700	775	840	106
		78	101	127	161	204	214	242	332	251	333	366	395	456	472	460	511	533	557	502	544	628	713	789	855	108
		80	103	130	164	208	218	246	338	255	340	373	402	464	481	468	520	543	568	511	554	640	727	804	870	110
		81	104	132	167	212	222	251	344	259	346	380	410	473	489	476	529	553	578	521	564	652	740	819	886	112
		83	106	134	170	215	226	255	350	264	352	386	417	481	497	484	539	568	589	530	574	663	753	834	902	114
		84	108	136	173	218	230	260	356	269	358	393	424	489	506	493	549	572	599	539	584	674	766	849	918	116
		85	110	139	176	222	234	264	362	273	364	400	432	498	515	502	558	582	610	548	594	685	779	864	934	118
		87	112	141	179	226	238	269	369	278	370	407	439	506	524	511	568	592	620	558	604	697	793	878	950	120
		90	116	146	185	235	248	279	382	288	384	422	456	524	542	529	588	611	642	578	624	726	822	908	982	122
		91	118	148	188	239	252	284	389	292	390	429	463	533	551	538	598	621	652	588	634	738	835	924	998	124
		93	120	150	191	243	256	289	395	297	396	436	470	542	560	547	608	631	663	598	644	750	848	939	1 016	126
		94	122	153	194	247	260	293	402	302	404	443	477	550	568	556	618	641	673	607	654	761	861	954	1 033	128
		96	124	155	197	250	264	298	409	306	410	450	485	558	578	565	628	651	683	617	664	773	875	969	1 050	130
		103	132	165	211	268	282	318	436	327	437	480	517	597	617	602	670	694	732	658	712	827	889	1 038	1 125	132
		105	134	168	214	272	286	323	442	332	444	487	526	606	627	611	680	704	743	668	723	840	903	1 053	1 142	134
		106	136	171	217	276	290	328	449	337	451	494	534	615	637	620	690	714	754	678	734	852	916	1 068	1 160	136
		108	138	173	220	280	294	333	456	342	457	501	542	624	646	629	700	724	765	689	745	864	930	1 084	1 177	138

Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные горячекатаные, ГОСТ 8732-58																Разность температур Δt
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	168/5	194/5	219/6	245/7	273/7	
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70																	
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	168	194	219	245	273	
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	158	184	207	231	259	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		110	140	176	224	283	299	338	462	347	464	509	550	633	655	638	711	735	776	700	756	876	943	1 100	1 194	140
		111	142	178	227	287	304	342	469	352	471	517	558	642	664	647	721	745	788	709	767	888	956	1 116	1 211	142
		113	144	181	230	291	308	347	476	357	477	524	566	651	673	656	732	756	800	718	777	900	970	1 132	1 228	144
		114	146	183	233	295	312	352	482	362	483	532	573	660	682	665	742	766	811	728	787	913	983	1 148	1 245	146
		116	148	185	236	299	316	356	489	367	490	539	581	669	692	675	752	776	822	738	798	925	996	1 164	1 262	148
		117	150	188	240	304	320	361	495	372	497	546	588	678	702	684	762	787	833	749	810	938	1 010	1 180	1 280	150
Теплоноситель пар																										
		51	62	81	101	119	136	169	212	161	215	234	252	278	305	321	344	361	380	412	455	525	589	664	739	75
		52	64	83	104	122	140	174	218	165	221	241	259	286	313	330	353	370	390	423	468	539	605	681	759	77
		53	66	85	107	125	143	178	224	170	227	247	265	293	321	338	363	380	400	434	480	553	621	699	779	79
		55	67	87	110	128	147	183	229	174	232	254	272	301	330	347	372	389	410	445	492	567	636	716	799	81
		56	69	89	112	132	150	187	235	178	238	260	279	309	338	356	381	399	420	456	504	581	652	734	818	83
		57	71	92	115	135	154	192	241	183	244	266	286	316	346	364	390	409	430	467	516	595	668	752	838	85
		59	72	94	118	138	158	196	246	187	250	272	292	324	354	373	399	418	440	478	528	609	683	770	858	87
		60	74	96	120	141	161	200	252	191	255	279	299	332	362	381	408	428	450	489	540	623	699	787	877	89
		61	76	98	123	144	165	205	258	195	261	285	306	339	370	390	418	437	460	500	553	637	705	805	897	91
		67	77	107	134	157	180	224	281	213	285	311	333	381	403	426	456	478	503	547	604	697	787	880	980	93
		69	84	110	137	160	184	229	287	218	290	317	340	389	412	435	466	488	514	559	617	712	804	899	1 002	95
		70	86	112	140	164	187	233	293	222	297	324	348	397	420	445	476	499	525	570	630	727	820	918	1 023	97
		71	88	114	143	167	191	238	299	227	303	331	355	406	429	454	486	509	536	582	643	742	837	937	1 044	99
		73	90	116	145	170	195	243	305	231	309	337	362	414	438	463	496	519	547	594	656	757	854	956	1 065	101
		74	92	118	147	173	199	248	311	236	315	344	369	422	446	472	506	530	557	606	669	772	871	975	1 086	103
		76	93	120	150	176	203	253	317	241	321	351	376	430	455	481	515	540	568	617	682	787	888	994	1 107	105
		77	95	122	153	179	207	258	323	245	327	357	384	438	464	490	525	550	579	629	695	802	905	1 013	1 128	107
		83	101	132	166	194	221	276	346	262	350	383	411	469	497	525	561	588	619	672	753	856	967	1 082	1 205	109
		84	103	135	169	197	225	281	352	267	357	390	418	478	506	535	571	599	630	684	767	872	985	1 102	1 227	111
		86	105	137	172	201	229	286	359	272	363	397	426	486	515	544	582	609	641	697	781	888	1 002	1 121	1 250	113

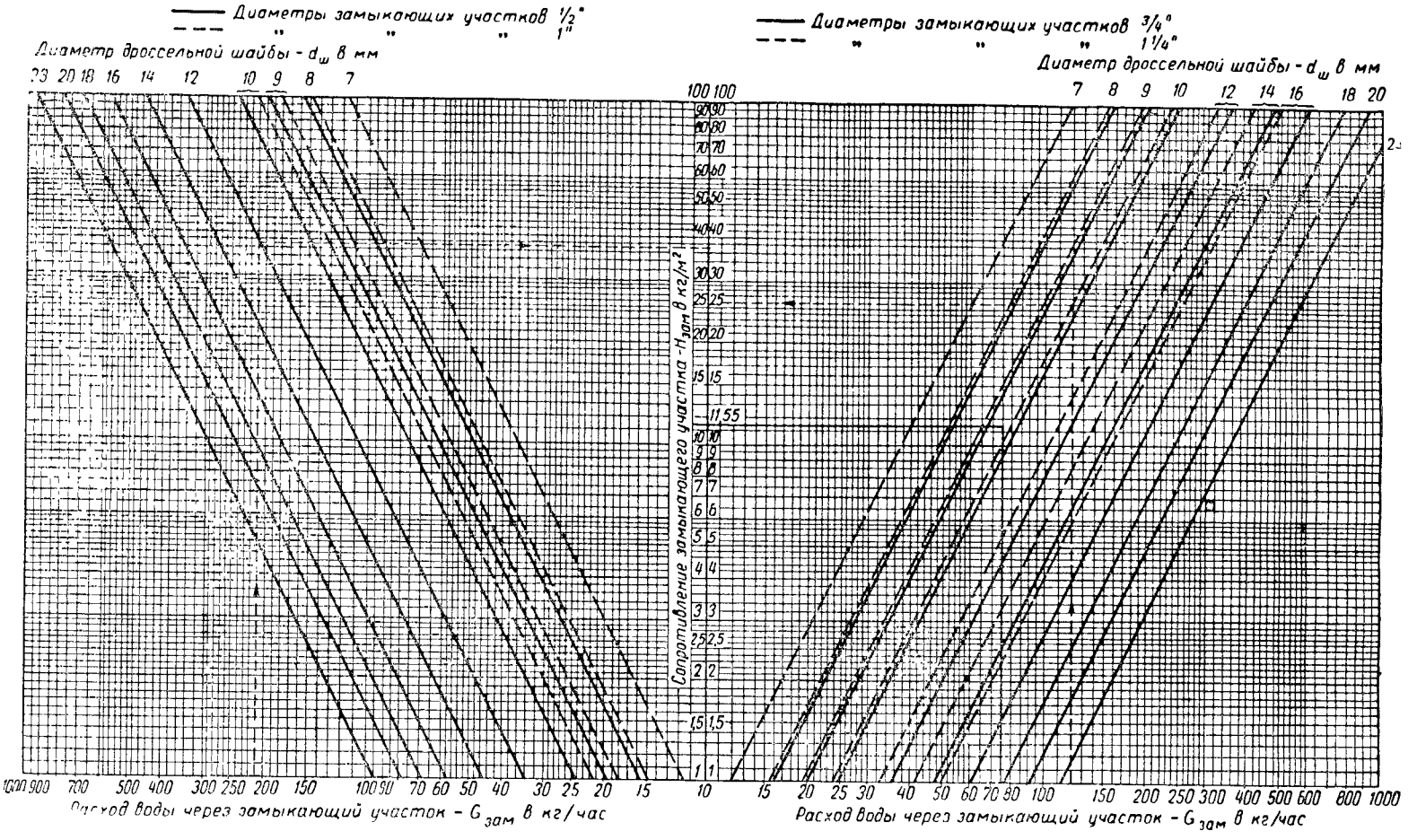
Диаметры		Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ГОСТ 3262-55								Трубы стальные бесшовные горячекатаные, ГОСТ 8732-58															Разность температур Δt
Условный проход	в дюймах	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	57/3,5	76/3	83/3,5	89/3,5	102/4	108/4	114/4	127/4	133/4	140/4,5	152/4,5	168/5	194/5	219/6	245/7	273/7	
	в *мм*	10	15	20	25	32	40	50	70																	
Наружный диаметр в *мм*		17	21,25	26,75	33,5	42,25	48	60	75,5	57	76	83	89	102	108	114	127	133	140	152	168	194	219	245	273	
Внутренний диаметр в *мм*		12,5	15,75	21,25	27	35,75	41	53	68	50	70	76	82	94	100	106	119	125	131	143	158	184	207	231	259	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		87	107	140	175	205	234	291	365	277	370	404	433	495	524	554	592	620	653	709	795	903	1 020	1 141	1 272	115
		89	109	142	178	208	238	296	371	282	376	411	441	504	533	563	602	631	664	721	809	919	1 039	1 161	1 294	117
		90	111	144	181	212	242	301	378	287	383	418	448	512	543	573	613	542	675	734	822	935	1 057	1 181	1 316	119
		92	113	147	184	215	246	306	384	291	390	425	456	521	552	583	623	652	687	746	836	951	1 073	1 201	1 338	121
		93	114	149	187	218	250	311	390	296	395	432	463	529	561	592	633	663	698	758	850	966	1 091	1 221	1 360	123
		95	116	152	190	222	264	316	397	301	402	439	471	538	570	602	643	674	710	771	864	982	1 109	1 241	1 382	125
		97	118	154	193	226	258	321	403	306	408	446	478	547	579	612	654	685	721	783	878	998	1 127	1 260	1 404	127
		98	120	157	196	230	262	326	409	311	415	453	486	555	588	621	664	696	732	795	892	1 013	1 144	1 280	1 426	129
		99	122	159	199	234	266	331	416	315	421	460	493	564	597	631	674	706	744	808	905	1 029	1 162	1 300	1 449	131
		101	124	161	202	237	270	336	422	320	428	467	501	572	606	540	685	717	755	820	919	1 045	1 180	1 320	1 471	133
		102	126	164	205	241	274	341	429	325	434	474	508	581	616	650	695	728	766	832	938	1 061	1 198	1 340	1 493	135
		104	128	166	208	244	278	346	435	330	440	481	516	590	625	660	705	739	778	845	947	1 076	1 215	1 360	1 515	137
		105	130	168	211	247	282	351	441	335	447	488	523	598	634	669	715	750	789	857	961	1 092	1 233	1 379	1 537	139
		107	131	171	214	250	286	356	448	340	453	495	531	607	643	679	726	760	800	369	974	1 108	1 251	1 399	1 559	141
		108	133	173	217	254	290	362	454	344	460	502	539	616	652	689	736	771	812	882	988	1 123	1 269	1 419	1 581	143
		110	135	175	220	257	294	367	460	349	466	509	546	624	661	698	746	782	823	894	1 002	1 139	1 286	1 439	1 603	145
		111	137	178	223	261	299	372	467	354	472	516	554	633	670	708	757	793	834	906	1 016	1 155	1 304	1 459	1 626	147
		113	139	180	226	264	303	377	473	359	479	523	561	641	679	717	767	803	846	919	1 030	1 171	1 322	1 479	1 648	149
		114	141	183	240	268	307	382	479	364	485	530	568	650	688	727	777	814	857	931	1 043	1 186	1 340	1 499	1 670	151

Примечание. При изолированных трубопроводах величина теплоотдачи уменьшается на величину $(1-\eta_{из})$ и определяется формулой $Q_{из}=Q_т\,(1-\eta_{из})$ *ккал/час*, где $Q_{из}$ — теплоотдача изолированных труб в *ккал/час*;

$Q_т$ — теплоотдача неизолированных труб в *ккал/час* (принимается по настоящему приложению);

$\eta_{из}$ — к. п. д. изоляции изолированных труб.

Номограмма для подбора шайб по заданным $H_{зам}$, $d_{зам}$ и $G_{зам}$ (в системах водяного отопления)



Пример 1. Расход воды через замыкающий участок $G_{зам}$= 210 *л/час*; диаметр замыкающего участка $d_{зам}$=25 *мм*; расчетное сопротивление замыкающего участка $H_{зам}$ =35 *кг/м²*. Решение. Диаметр отверстия шайбы $d_ш$ =12 *мм*. Действительное сопротивление замыкающего участка $H_{зам}$ =37 *кг/м²*.

Пример 1. Расход воды через замыкающий участок $G_{зам}$=120 *л/час*; диаметр замыкающего участка d=20 *мм*; расчетное сопротивление замыкающего участка $H_{зам}$ = = 25 *кг/м²*. Решение. Диаметр отверстия шайбы $d_ш$= 10 *мм*. Действительное сопротивление замыкающего участка $H_{зам}$=26 *кг/м²*.

Пример 3. Расход воды через замыкающий участок $G_{зам}$ =74 *л/час*; диаметр замыкающего участка $d_{зам}$=20 *мм*; избыточное сопротивление замыкающего участка $H_{зам}$= 11,55 *кг/м²*. Решение. Диаметр отверстия шайбы $d_ш$=9,5 *мм*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Номограмма для подбора шайб, устанавливаемых в системах парового отопления низкого давления

Пример. Задано Q =1 180 *ккал/час*; разность давлений перед шайбой и за ней Δp=150 *кг/м²* Решение. По номограмме диаметр отверстия шайбы $d_ш$ =5,5 *мм*.

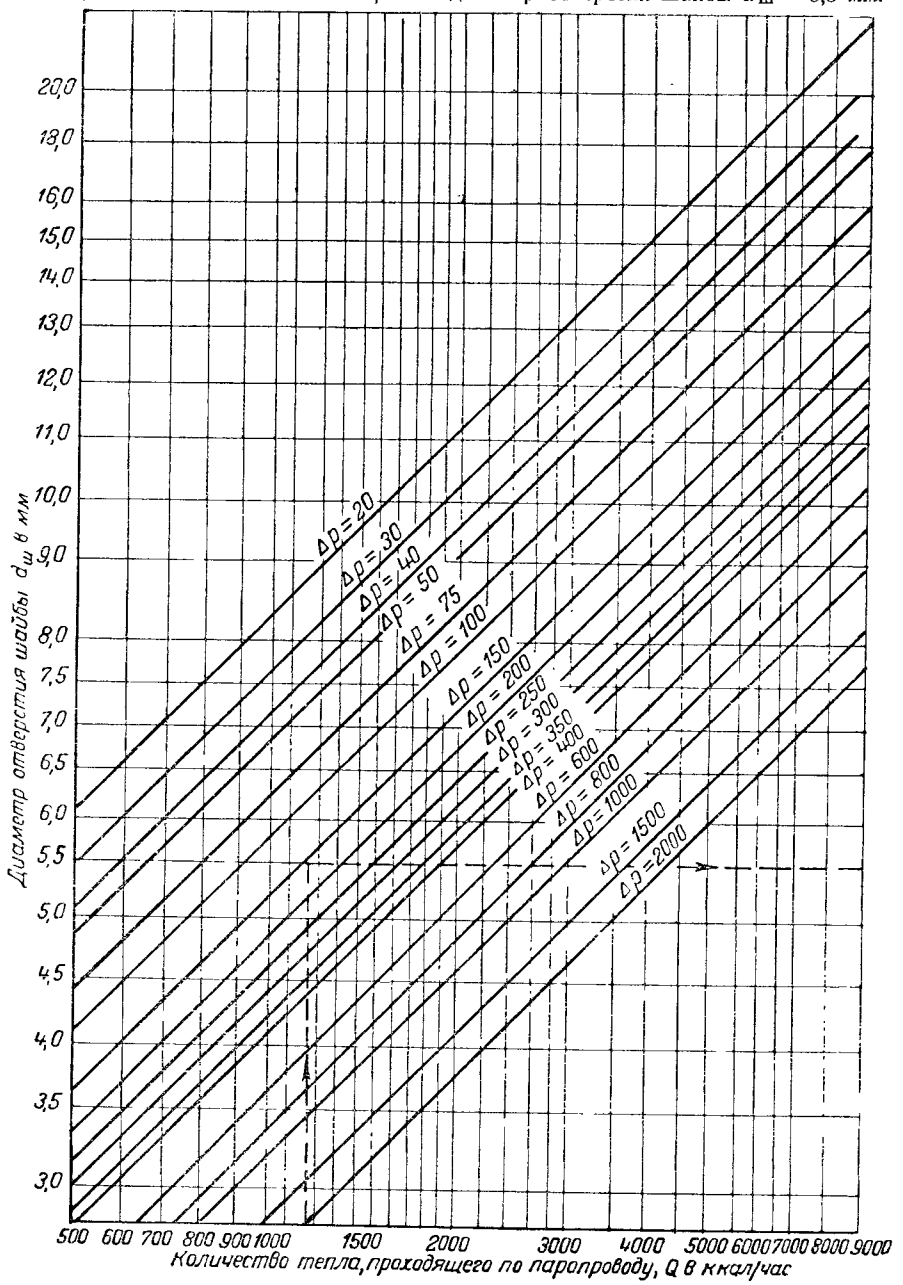
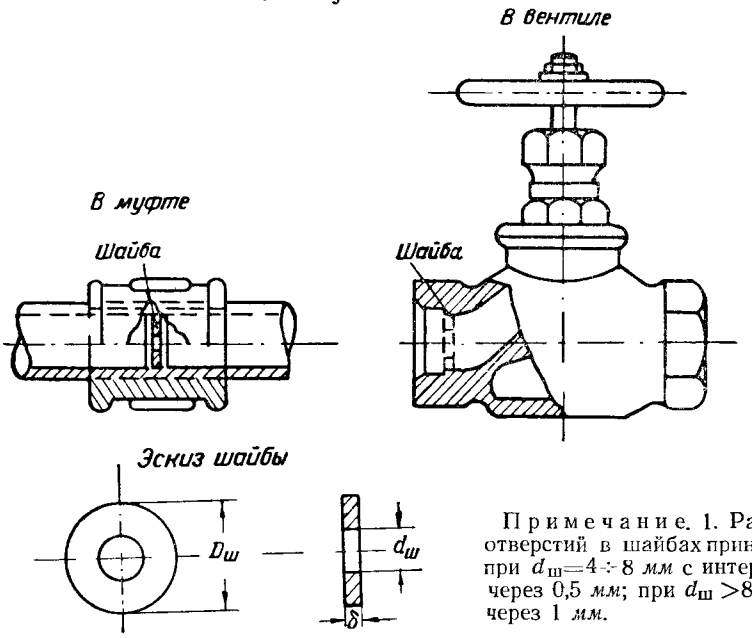


Схема установки шайб



Примечание. 1. Размеры отверстий в шайбах принимать: при $d_ш = 4 \div 8$ *мм* с интервалом через 0,5 *мм*; при $d_ш > 8$ *мм* — через 1 *мм*.

2. Размеры шайб принимать по таблице:

D трубы в *мм*	$D_ш$ в *мм*	δ в *мм*	D трубы в *мм*	$D_ш$ в *мм*	δ в *мм*
15	18	1,5—2	32	38	2—2,5
20	23,5	1,5—2	40	44	2—2,5
25	29,5	1,5—2	50	55	2,5—3

Материал шайб — нержавеющая сталь.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица для определения диаметров сухих и мокрых конденсатопроводов паровых систем отопления (для предварительных расчетов)

Диаметры в *мм*		Количество тепла в *ккал/час*. выделенное паром, образовавшим конденсат					
		сухой конденсатопровод			мокрый горизонтальный или вертикальный конденсатопровод		
		при паре низкого давления		при паре высокого давления	длина расчетного участка в *м*		
условный проход или наружный размер	внутренний размер	горизонтальный участок	вертикальный участок		до 50	от 50 до 100	более 100
1	2	3	4	5	6	7	8
15	15,75	4 000	6 000	7 500	28 000	18 000	8 000
20	21,25	15 000	22 000	25 000	70 000	45 000	25 000
25	27	28 000	42 000	38 000	125 000	80 000	40 000
32	33,75	68 000	100 000	80 000	270 000	175 000	85 000
40	41	104 000	155 000	110 000	375 000	250 000	115 000
50	53	215 000	320 000	200 000	650 000	440 000	215 000
76/3	70	500 000	750 000	475 000	1 500 000	1 050 000	500 000
83/3,5	76	750 000	1 120 000	700 000	2 250 000	1 500 000	750 000
102/4	94	1 100 000	1 650 000	1 050 000	3 100 000	2 000 000	1 100 000
114/4	106	1 400 000	2 100 000	1 350 000	3 900 000	2 600 000	1 400 000

Основные данные к подбору редукционного клапана системы «Струбе»

Диаметр прохода в *мм*	Сечение максимального открытия в *см²*	Диаметр фланца	Ширина редуктора	Монтажная высота	Строительная высота	Вес в *кг*
		в *мм*				
25	2	115	135	410	280	11
32	2,8	140	150	490	350	13
38	3,48	150	180	560	395	16
50	5,3	165	200	620	445	23
65	9,45	185	230	710	525	34
76	13,2	200	260	990	625	74
100	23,5	220	300	1 070	680	119
125	36,8	250	350	1 200	730	168
150	52,2	285	400	1 336	872	221

Примечание. 1. Редукционные клапаны системы „Струбе" с чугунным корпусом предназначены для насыщенного или перегретого пара с $t = 320°$ и для давления до 14 *ат*.

2. Давление пара за редуктором может быть отрегулировано до 0,5—0,25 *ат*. Подбор редукционных клапанов следует производить по графику инж. А. В. Хлудова.

Площадь отверстия редуктора определяется по формуле $\varphi = \frac{G}{gc}$ *см²*,

где G — количество пропускаемого редуктором пара в *кг/час*; для нагрузки, заданной в *ккал/час*, вес пара (в *кг/час*) при расчете редуктора следует определять исходя из теплоты испарения, соответствующей начальному давлению;

g — расход пара на 1 *см²* отверстия редуктора, определяемый по графику (рис. 18);

c — коэффициент расхода, принимаемый равным 0,6.

ЗНАЧЕНИЕ β_1 ДЛЯ УЧЕТА ОСТЫВАНИЯ ВОДЫ В ТРУБОПРОВОДАХ

Число этажей в здании	Рассчитываемый этаж					
	I	II	III	IV	V	VI
Скрытая прокладка трубопровода						
Однотрубные системы						
2	1,04	—	—	—	—	—
3	1,05	—	—	—	—	—
4	1,05	1,04	—	—	—	—
5	1,05	1,04	—	—	—	—
6	1.06	1,05	1,04	—	—	—
Двухтрубные системы с верхней разводкой						
2	1,05	—	—	—	—	—
3	1,05	1,05	—	—	—	—
4	1,05	1,05	1,03	—	—	—
5	1,04	1,04	1,03	—	—	—
6	1,04	1,04	1,03	1,03	—	—
Двухтрубные системы с нижней разводкой						
2	—	1,03	—	—	—	—
3	—	—	1,03	—	—	—
4	—	—	1,03	1,05	—	—
5	—	—	1,03	1,03	1,05	—
6	—	—	—	1,03	1,03	1,05

Примечание. 1. При естественной циркуляции воды надбавки должны приниматься с коэффициентом 1,04.

2. Прокладка стояков и подводок в бороздах предусматривается без изоляции.

3. При открытой прокладке труб следует учитывать теплоотдачу труб.

К расчету поверхности нагревательных приборов

Расчет поверхности в *экм*	Число секций нагревательного прибора								Тепловая панель и радиатор „Нерис“
	Лор-300	гигиенический	Лор-150	М-132 и М-150	Н-136 и „Польза № 3“	Н-150	М-140	„Польза № 6“	
0,5	3	2	2	2	2	2	2	1	1
0,6	3	3	2	2	2	2	2	1	1
0,7	4	3	3	2	2	2	2	2	2
0,8	5	4	4	3	3	3	3	2	2
0,9	5	4	4	3	3	3	3	2	2
1	6	5	4	3	3	3	3	2	2
1,1	7	5	5	4	4	4	4	2	2
1,2	8	6	5	4	4	4	4	3	3
1,3	8	6	6	5	5	4	4	3	3
1,4	9	7	6	5	5	5	5	3	3
1,5	10	8	7	5	5	5	5	3	3
1,6	11	8	7	6	6	5	5	3	3
1,7	11	8	8	6	6	6	6	4	3
1,8	12	9	8	7	6	6	6	4	4
1,9	13	9	9	7	7	6	6	4	4
2	13	10	9	7	7	7	7	4	4
2,1	14	11	9	8	8	7	7	4	4
2,2	15	11	10	8	8	7	7	5	5
2,3	15	12	11	9	8	8	8	5	5
2,4	16	12	11	9	9	8	8	5	5
2,5	17	13	12	10	9	9	8	5	5
2,6	17	13	12	10	10	9	9	5	5
2,7	18	14	13	10	10	9	9	6	6
2,8	19	14	13	11	10	10	9	6	6
2,9	19	15	14	11	11	10	10	6	6
3	20	15	14	12	11	11	10	6	6

Петр Юдович ГАМБУРГ

Таблицы и примеры
для расчета трубопроводов отопления
и горячего водоснабжения
(2-е издание)

* * *

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства Д. К. Нинемяги
Переплет художника А. С. Александрова
Технический редактор П. Г. Гиленсон
Корректор Е. Н. Кудрявцева

Сдано в набор 14.IV. 1961 г. Подписано к печати 3.VIII 1961 г. Т 09813. Бумага 70×108¹/₁₆=6,375 бум. л.—16,78+1 вклейка—0,5 печ. л. (21,0 уч.-изд. л.). Тираж 22 000 экз. Изд. № VI-5302. Зак. № 993
Цена 1 р. 05 к. +переплет № 5—10 коп.

Типография № 1 Государственного издательства литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, г. Владимир

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
16	9 снизу	$-0,25 \lg d\ \bar{2},420085$	$-0,25 \lg d + \bar{2},420085$
48	Рис. 11, *а*; первый график снизу	$^1/_4 \times 1 \times {}^3/_4''$	$1^1/_4 \times 1 \times {}^3/_4''$
48	Рис. 11, *б*; первый график сверху	$^1/_2 \times {}^1/_2 \times {}^3/_8''$	$^3/_4 \times {}^3/_4 \times {}^1/_2''$

Зак. 998