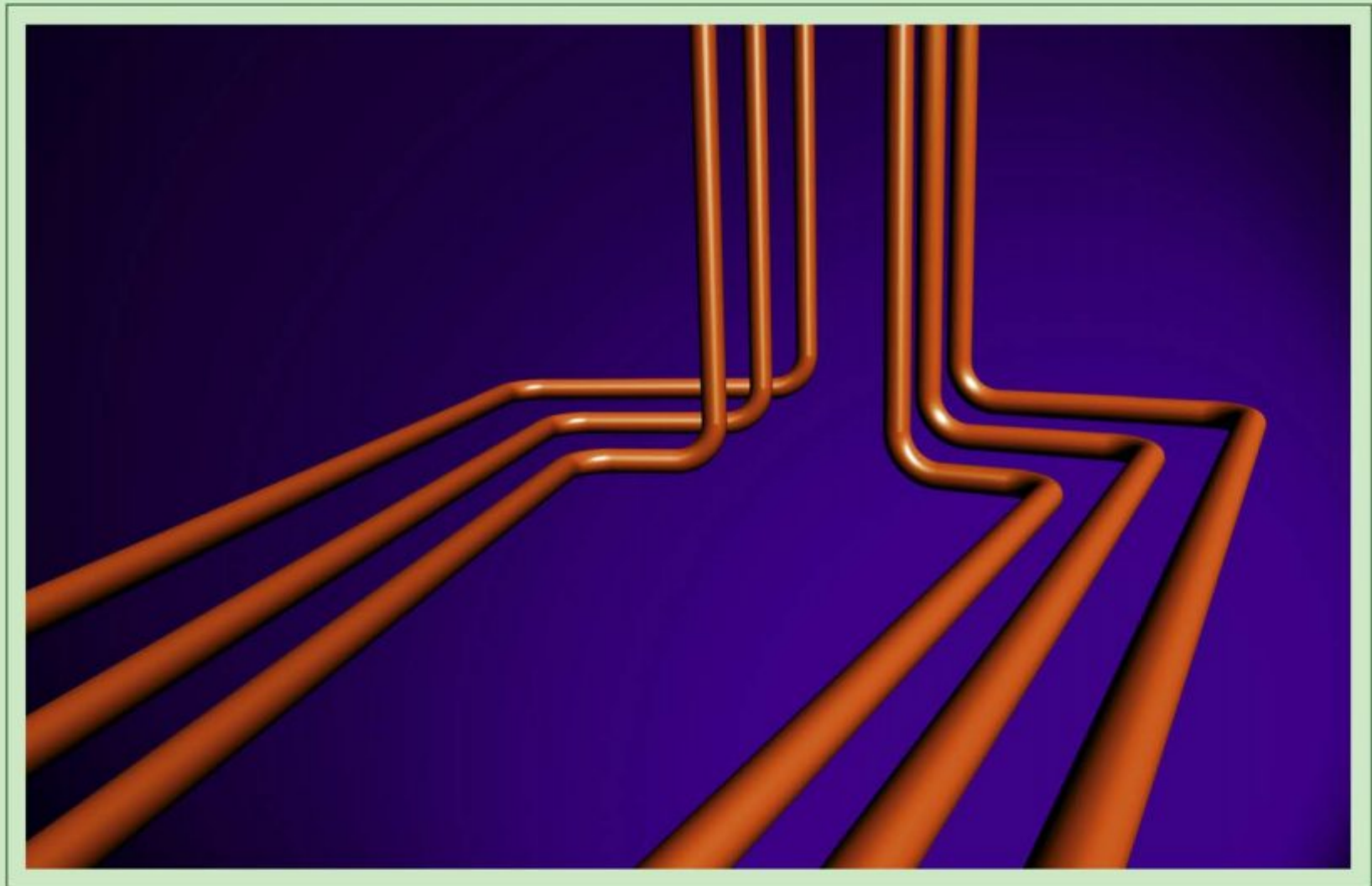


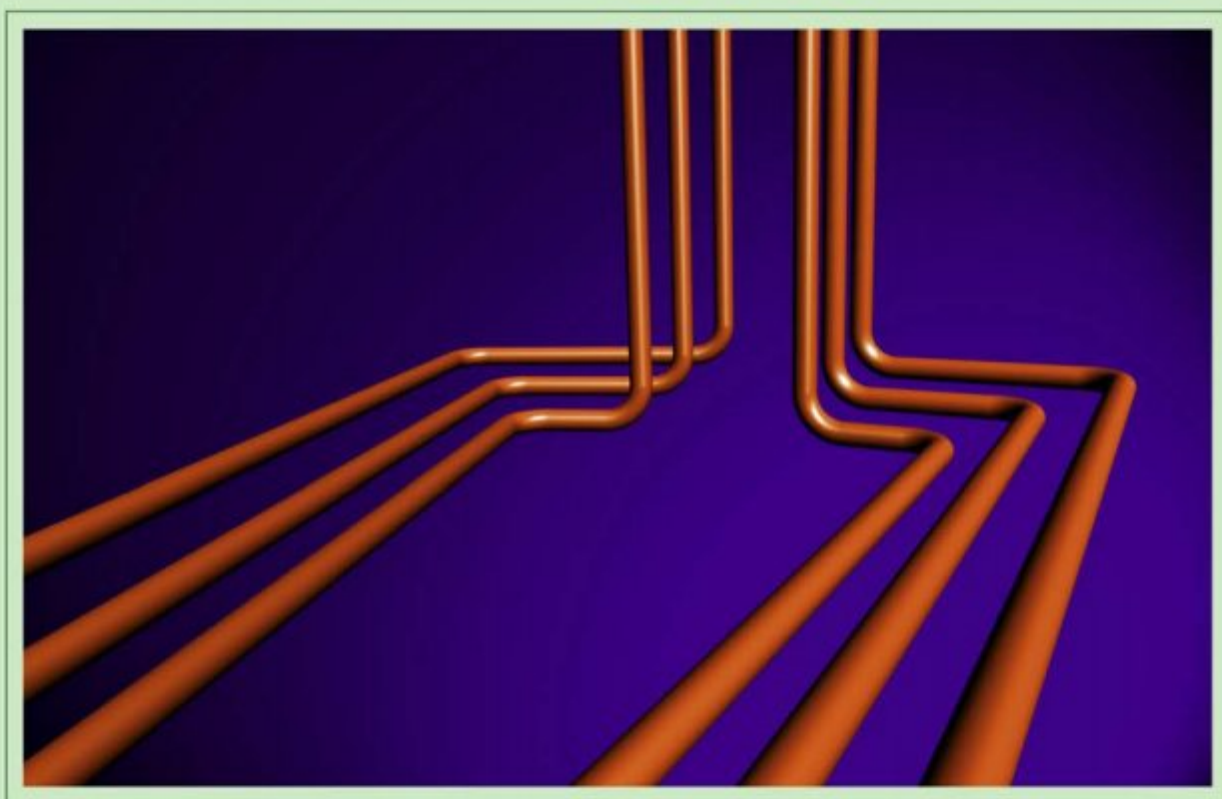
MARCO E MARIO DONINELLI

# ТАБЛИЦЫ И ДИАГРАММЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ





## ТАБЛИЦЫ И ДИАГРАММЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ



Стальные трубы (дюймы)

Стальные трубы (мм)

Стальные трубы прессованные

Медные трубы

Металлопластиковые трубы

Трубы из сшитого полиэтилена

Трубы из полипропилена

Трубы из полиэтилена

Поправочные коэффициенты

Локальное гидравлическое  
сопротивление

Volume non in commercio

Copyright CALEFFI  
[www.caleffi.it](http://www.caleffi.it)  
E-mail:[info@caleffi.it](mailto:info@caleffi.it)

## СОДЕРЖАНИЕ

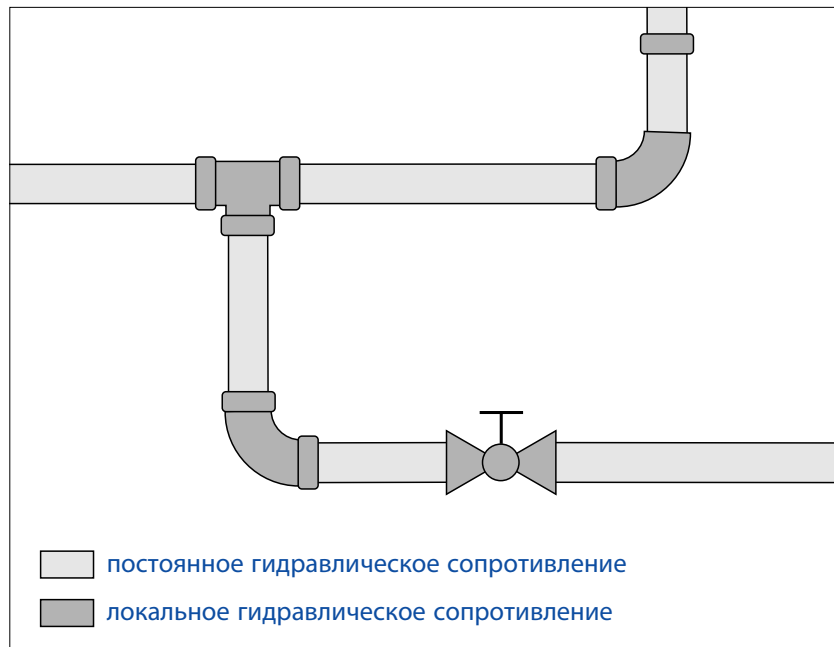
	<b>pag.</b>
<b>1 – ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	6
<b>2 – ОСНОВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ</b>	6
– СКОРОСТЬ	6
– ПЛОТНОСТЬ	6
– ВЯЗКОСТЬ	7
– ШЕРОХОВАТОСТЬ	7
– ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА	7
<b>3 – ПОСТОЯННОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ</b>	8
– ЛАМИНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ	8
– ТУРБУЛЕНТНОЕ ДВИЖЕНИЕ	9
– Трубы с низкой шероховатостью	9
– Трубы со средней шероховатостью	9
– Трубы с высокой шероховатостью	9
<b>4 – ЛОКАЛЬНОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ</b>	10
– ПРЯМОЙ МЕТОД	10
– МЕТОД НОМИНАЛЬНЫХ РАСХОДОВ	10
– Номинальный расход для $\Delta P = 1$ бар	10
– Номинальный расход для $\Delta P = 0,01$ бар	10
– МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДЛИН	11
<b>5 – ПОЛЯ ТОЧНОСТИ И ДОПУСКОВ</b>	11
<b>6 – ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТАБЛИЦЫ И ДИАГРАММЫ</b>	11
<b>7 – БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ РАСХОДЫ</b>	12
<b>БИБЛИОГРАФИЯ</b>	15
<b>ИНДЕКС ТАБЛИЦ И ДИАГРАММ</b>	16

## 1 - ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Гидравлическое сопротивление это потери давления (при необратимых преобразованиях механической энергии в тепло), вызванные сопротивлениями, которые противодействуют движению жидкости по трубопроводу.

Гидравлическое сопротивление может быть **постоянным** или **локальным**:

- **постоянное сопротивление** проявляется вдоль прямых участков и на постоянном сечении трубопроводов;
- **локальное сопротивление** проявляется в соответствии с особыми деталями (соединениями, фитингами, коленами, отводами, слияниями, и т.д....) и комплектующими, которые заставляют изменять направление или сечение прохода жидкости.



## 2 - ОСНОВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Величины (относящиеся как к жидкости, так и к трубопроводам), которые входят в расчет гидравлического сопротивления, следующие:

- скорость,
- плотность,
- вязкость,
- шероховатость,
- число Рейнольдса.

## 2.1 - СКОРОСТЬ

Под скоростью жидкости в движении по трубопроводу подразумевается **средняя скорость её частиц**. Данная скорость может быть рассчитана по формуле:

$$v = \frac{G}{A} \quad (1)$$

где:  $v$  = скорость, л/сек.  
 $G$  = расход, м<sup>3</sup>/сек.  
 $A$  = сечение нетто трубопровода, м<sup>2</sup>

Та же самая формула, в круглом трубопроводе и с единицами измерения, обычно применяемыми в теплотехнике, принимает следующие формы:

$$v = 10^3 \cdot \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} \quad (2)$$

где:  $v$  = скорость, л/сек.  
 $G$  = расход, м<sup>3</sup>/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

$$v = 0,278 \cdot \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} \quad (3)$$

где:  $v$  = скорость, л/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

## 2.2 - ПЛОТНОСТЬ

**Плотность** (или объемная масса) вещества получается из соотношения между его массой и его объемом.

Плотность воды может быть рассчитана по ижеприведенным формуле или таблице:

$$\rho = 1000,18576 + 0,007136 \cdot t - 0,005718 \cdot t^2 + 0,00001468 \cdot t^3$$

где:  $\rho$  = плотность воды, кг/м<sup>3</sup>  
 $t$  = температура, °C

Плотность воды (кг/м <sup>3</sup> ) при изменении температуры (°C)								
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
999,7	998,2	995,7	992,3	988,1	983,2	977,7	971,7	965,2

# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

## 2.3 - ВЯЗКОСТЬ

**Абсолютная** (или динамическая) **вязкость является величиной, которая измеряет внутреннее трение жидкости.** При изучении гидравлического сопротивления необходимо, прежде всего, знать кинематическую вязкость, которая получается из соотношения между абсолютной вязкостью и плотностью жидкости. Кинематическая вязкость воды может быть рассчитана по нижеприведенным формуле или таблице:

$$\nu = (1,67952 - 0,042328 \cdot t + 0,000499 \cdot t^2 - 0,00000214 \cdot t^3) \cdot 10^{-6}$$

где:  $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $t$  = температура, °С

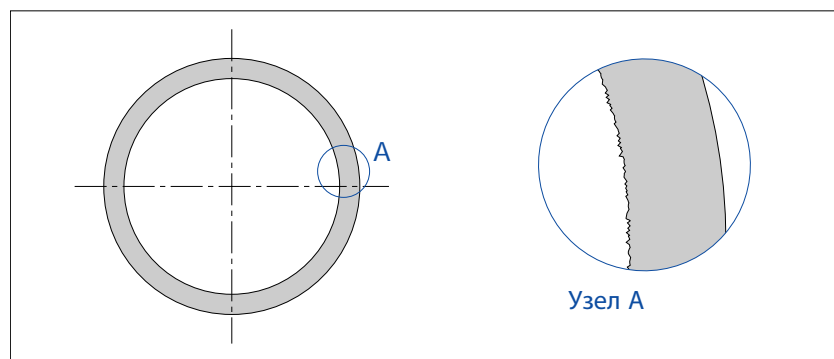
Кинематическая вязкость воды (мм<sup>2</sup>/сек)\* при изменении температуры (°С)

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1,304	1,015	0,801	0,648	0,543	0,474	0,428	0,391	0,352

\*Примечание: для получения кинематической вязкости в [м<sup>2</sup>/сек.] умножить значения таблицы на 10<sup>-6</sup>

## 2.4 - ШЕРОХОВАТОСТЬ

**Это величина, которая необходима для учета средних шероховатостей поверхности.** Обычно она обозначается символами  $k$  или  $\epsilon$ .



Для продаваемых труб можно учитывать следующие классы шероховатости:

- 1. низкая шероховатость** ( $0,001 < \epsilon < 0,007$  мм) для:  
медных труб, из нержавеющей стали, металлопластика и пластика;
- 2. средняя шероховатость** ( $0,020 < \epsilon < 0,090$  мм) для:  
труб стальных и оцинкованных;
- 3. высокая шероховатость** ( $0,200 < \epsilon < 1,000$  мм) для:  
труб с отложениями накипи и коррозией.

## 2.5 - ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА

**Необходимо для установления, как жидкость движется внутри трубопровода,** и получается из следующего соотношения:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (4)$$

где:  $Re$  = число Рейнольдса, безразмерное  
 $v$  = скорость, м/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, м  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.

В частности, движение жидкости может считаться:

### 1. ламинарным при $Re < 2.000$

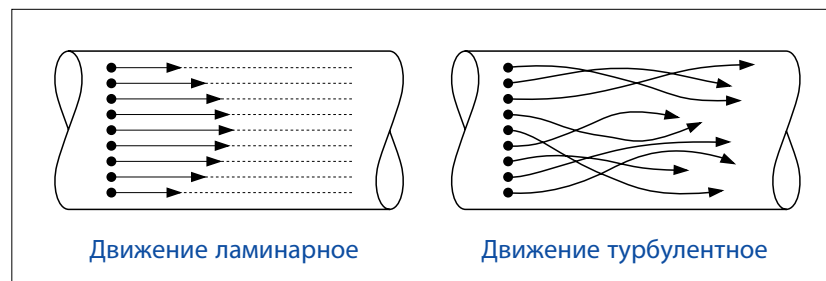
частицы жидкости имеют упорядоченные траектории и параллельные между собой (движение спокойное и правильное);

### 2. турбулентным при $Re \geq 2.500$

частицы жидкости имеют неправильные и изменяющиеся с течением времени траектории (движение неорганизованное и нестабильное);

### 3. транзитное при $2.000 \leq Re < 2.500$

движение жидкости не явно ни ламинарное, ни турбулентное.



Для расчета гидравлического сопротивления, **транзитный режим**, который имеет поле действия крайне ограниченное и довольно неопределенное, **можно сопоставить с турбулентным.**

По (4), определив скорость и предположив  $Re=2.000$ , возможно рассчитать скорости (так называемые **критические**), превышая которые, движение жидкости больше не будет ламинарным. Для воды (см. нижеприведенную таблицу) речь идет об очень низких скоростях, намного меньших, чем те, которые обычно встречаются в технических системах.

Критические скорости (м/сек.) воды

$t$ [°С]	$\nu$ [м <sup>2</sup> /сек.]	$\varnothing = 1/2''$ 16,4 мм	$\varnothing = 1''$ 27,4 мм	$\varnothing = 2''$ 53,2 мм
10	$1,304 \cdot 10^{-6}$	0,16	0,10	0,05
50	$0,543 \cdot 10^{-6}$	0,07	0,04	0,02
80	$0,391 \cdot 10^{-6}$	0,05	0,03	0,01

# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

## 3 - ПОСТОЯННОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Постоянное гидравлическое сопротивление можно рассчитать по формуле Дарси:

$$r = \frac{F_a \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D} \quad (5)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $F_a$  = коэффициент трения, безразмерный  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = скорость, м/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, м

При известных диаметре трубы, скорости жидкости и её плотности, единственным неизвестным параметром является коэффициент трения.

**При ламинарном движении**  $F_a$  зависит только от числа Рейнольдса и может рассчитываться по формуле:

$$F_a = \frac{64}{Re} \quad (6)$$

**При турбулентном движении**  $F_a$ , иначе, зависит от различных факторов и может рассчитываться по уравнению Коулбрука:

$$\frac{1}{F_a^{0,5}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot F_a^{0,5}} \right) \quad (7)$$

где символы и единицы измерения те же, что и указанные в (4) и (5), а  $k$  представляет шероховатость в [м] трубы.

Однако, уравнение Коулбрука нельзя решить явным образом, по сравнению с  $F_a$ . По этой причине, как правило, необходимо воспользоваться упрощенными формулами.

Для воды (и жидкостей в целом) можно воспользоваться отношениями (8) и (9):

$$F_a = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad (8)$$

$$F_a = 0,07 \cdot Re^{-0,13} \cdot D^{-0,14} \quad (9)$$

где:  $F_a$  = коэффициент трения, безразмерный  
 $Re$  = число Рейнольдса, безразмерное  
 $D$  = внутренний диаметр, м

Отношение (8) — производная исследований Блазиуса — может применяться для труб с низкой шероховатостью, отношение (9) — производная экспериментальных испытаний Аутори — для труб со средней шероховатостью.

## 3.1 - ЛАМИНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Из формулы Дарси (5), заменив  $Re$  и  $F_a$  соответствующими равенствами, полученными из (4) и (6), получаем:

$$r = \frac{64}{Re} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot D} = \frac{64 \cdot v}{v \cdot D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot D} = \frac{32 \cdot v \cdot \rho \cdot v}{D^2} \quad (10)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $Re$  = число Рейнольдса, безразмерное  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $v$  = скорость, м/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, м

Учитывая, что значение  $r$ , рассчитываемое обычно на основании расхода, в (10) следует заменить скорость  $v$  [м/сек.] расходом  $G$  [м<sup>3</sup>/сек.]:

$$r = \frac{32 \cdot v \cdot \rho}{D^2} \cdot \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} = 40,74 \cdot v \cdot \rho \cdot \frac{G}{D^4} \quad (11)$$

Данная формула, выраженная в единицах измерения, обычно применяемых в теплотехнике, принимает следующие формы:

$$r = 11,318 \cdot 10^6 \cdot v \cdot \rho \cdot \frac{G}{D^4} \quad (12)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, м

$$r = 1,154 \cdot 10^6 \cdot v \cdot \rho \cdot \frac{G}{D^4} \quad (13)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст./м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, м



# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

## 3.2 - ТУРБУЛЕНТНОЕ ДВИЖЕНИЕ

При турбулентном движении, постоянное гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах можно рассчитать по формуле Дарси (5) и по отношениям (8) и (9).

### 3.2.1 - Трубы с низкой шероховатостью

Из формулы Дарси (5), заменив Re и Fa соответствующими равенствами, полученными из (4) и (8), получаем:

$$r = 0,316 \cdot \frac{\nu^{0,25}}{\nu^{0,25} \cdot D^{0,25}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot D} = 0,158 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho \cdot \frac{v^{1,75}}{D^{1,25}} \quad (14)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $Re$  = число Рейнольдса, безразмерное  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $v$  = скорость, м/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, м

Далее следует (см. подраздел 3.1) заменить скорость  $v$  [м/сек.] расходом  $G$  [м<sup>3</sup>/сек.]:

$$r = \frac{0,158 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho}{D^{1,25}} \cdot \left( \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} \right)^{1,75} = 0,241 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (15)$$

Данная формула, выраженная в единицах измерения, обычно применяемых в теплотехнике, принимает следующие формы:

$$r = 144,12 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (16)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

$$r = 14,70 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (17)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление мм вод.ст./м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

### 3.2.2 - Трубы средней шероховатости

Из формулы Дарси (5), заменив Re и Fa соответствующими равенствами, полученными из (4) и (9), получаем:

$$r = 0,07 \cdot \frac{\nu^{0,13}}{\nu^{0,13} \cdot D^{0,27}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot D} = 0,035 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{v^{1,87}}{D^{1,27}} \quad (18)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $Re$  = число Рейнольдса, безразмерное  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $v$  = скорость, м/сек.  
 $D$  = внутренний диаметр, м

Далее следует (см. подраздел 3.1) заменить скорость  $v$  [м/сек.] расходом  $G$  [м<sup>3</sup>/сек.]:

$$r = \frac{0,035 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho}{D^{1,27}} \cdot \left( \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} \right)^{1,87} = 0,055 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,87}}{D^{5,01}} \quad (19)$$

Данная формула, **выраженная в единицах измерения, обычно применяемых в теплотехнике**, принимает следующие формы:

$$r = 32,36 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,87}}{D^{5,01}} \quad (20)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, Па/м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

$$r = 3,30 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,87}}{D^{5,01}} \quad (21)$$

где:  $r$  = единичное постоянное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст./м  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  = кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/сек.  
 $G$  = расход, л/ч  
 $D$  = внутренний диаметр, мм

### 3.2.3 - Трубы высокой шероховатости

Для этих труб — практически встречающихся в «старых» системах с коррозией или отложениями накипи — постоянное гидравлическое сопротивление можно определить с помощью специальных поправочных коэффициентов (см. соответствующие таблицы, предлагаемые далее).

# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

## 4 - ЛОКАЛЬНОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Данные гидравлические сопротивления называются также «единичными» или «случайными». В случае водопроводных труб обычно они определяются по одному из следующих методов:

### 4.1 - ПРЯМОЙ МЕТОД

Это метод, который позволяет определить локальное гидравлическое сопротивление по формулам:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (22)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, Па  
 $\xi$  = коэффициент локального гидравлического сопротивления, безразмерный  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = скорость, м/сек.

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \quad (23)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст.  
 $\xi$  = коэффициент локального гидравлического сопротивления, безразмерный  
 $\rho$  = плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $v$  = скорость, м/сек.

Коэффициент  $\xi$  зависит от формы локального сопротивления и может быть определен по специальным формулам (прежде всего, в случаях простой геометрии) или же в ходе лабораторных испытаний.

### 4.2 - МЕТОД НОМИНАЛЬНЫХ РАСХОДОВ

Это метод, основанный на экспериментальном определении расхода (называемого номинальным), который проходит через локальное сопротивление когда, в его крайних точках сохраняется постоянная разница давления.

#### 4.2.1 - Номинальный расход при $\Delta p = 1$ бар

**Номинальный расход** ( $K_v$  или  $KV$ ) **определяется на основе дифференциального давления:  $\Delta P = 1$  бар = 10,2 м вод.ст..**

Гидравлическое сопротивление локального сопротивления может рассчитываться по следующим отношениям:

$$z = \left( \frac{G}{KV} \right)^2 \quad (24)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, бар  
 $G$  = реальный расход, м<sup>3</sup>/ч  
 $KV$  = номинальный расход ( $\Delta p = 1$  бар), м<sup>3</sup>/ч

$$z = 0,1 \cdot \left( \frac{G}{KV} \right)^2 \quad (25)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, Па  
 $G$  = реальный расход, л/ч  
 $KV$  = номинальный расход ( $\Delta p = 1$  бар), м<sup>3</sup>/ч

$$z = 0,0102 \cdot \left( \frac{G}{KV} \right)^2 \quad (26)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст.  
 $G$  = реальный расход, л/ч  
 $KV$  = номинальный расход ( $\Delta p = 1$  бар), м<sup>3</sup>/ч

#### 4.2.2 - Номинальный расход при $\Delta p = 0,01$ бар

**Номинальный расход** ( $K_{v0,01}$  или  $KV_{0,01}$ ) **определяется на основе дифференциального давления:  $\Delta P = 0,01$  бар = 102 м вод.ст..**

Гидравлическое сопротивление локального сопротивления может рассчитываться по следующим отношениям:

$$z = 0,01 \cdot \left( \frac{G}{KV_{0,01}} \right)^2 \quad (27)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, бар  
 $G$  = реальный расход, л/ч  
 $KV_{0,01}$  = номинальный расход ( $\Delta p = 0,01$  бар), л/ч

$$z = 10^3 \cdot \left( \frac{G}{KV_{0,01}} \right)^2 \quad (28)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, Па  
 $G$  = реальный расход, л/ч  
 $KV_{0,01}$  = номинальный расход ( $\Delta p = 0,01$  бар), л/ч

$$z = 102 \cdot \left( \frac{G}{KV_{0,01}} \right)^2 \quad (29)$$

где:  $z$  = локальное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст.  
 $G$  = реальный расход, л/ч  
 $KV_{0,01}$  = номинальный расход ( $\Delta p = 0,01$  бар), л/ч

## 4.3 - МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДЛИН

По этому методу заменяется каждое локальное сопротивление эквивалентной длиной прямой трубы, т.е. длиной трубы, которая может создать такое же гидравлическое сопротивление. Таким образом, расчет локального гидравлического сопротивления сводится к расчету распределенного гидравлического сопротивления.

Метод эквивалентных длин очень простой и легко применяемый, несмотря на это, может приводить к приближениям, которые не всегда приемлемы. По этой причине, он применяется, прежде всего, для расчета очень протяженных сетей (водопроводов, газопроводов и т.д.), где локальное гидравлическое сопротивление составляет всего лишь небольшой процент общего гидравлического сопротивления и, поэтому, возможные неточности легко допустимы.

## 5 - ПОЛЯ ТОЧНОСТИ И ДОПУСКОВ

Расчет гидравлического сопротивления в водопроводных трубах характеризуется различными неопределенностями, как то, например:

- **диаметр труб**, который может изменяться (1) по причине обычных погрешностей производства, (2) образования отложений и осадков накипи, (3) возникновения явлений коррозии;
- **вязкость**, которая может изменяться в отношении к количеству и качеству компонентов (солей, оксидов, и т.д.), которые обычно находятся растворенными или в виде суспензии в воде систем;
- **шероховатость**, которая зависит от техники производства труб, и которая может увеличиваться или уменьшаться на основе (1) сроков использования системы, (2) скорости транспортируемой воды, (3) загрязняющих веществ в суспензии, (4) материала труб;
- **монтаж трубопроводов**, который, например, может быть выполнен с плохо сваренными стыками или с коленами и отводами с слишком узким радиусом;
- **развертывание контуров**, которое может происходить с вариантами, вызванными наличием других систем, или препятствий (балок, заливки из железобетона, и т.д.), не предусмотренными на этапе проектирования.

Только внимательный анализ всех этих неопределенностей может привести к введению соответствующих коэффициентов безопасности.

В любом случае, необходимо учесть, что в традиционных системах климатизации и водораспределительных системах не нужно принимать специальные коэффициенты безопасности, поскольку вышеуказанные неопределенности входят в обычные допуски, которые характеризуют расчет этих систем.

## 6 - ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТАБЛИЦЫ И ДИАГРАММЫ

Для того чтобы сделать простым и быстрым определение гидравлического сопротивления можно воспользоваться нижеприведенными таблицами и диаграммами:

### Таблицы

#### *постоянного гидравлического сопротивления*

Это таблицы, которые приводят постоянное гидравлическое сопротивление и скорость воды по отношению к диаметру труб и расходам.

Для водопроводных труб как с холодной, так и с горячей водой, предлагаются три таблицы (с температурой 10, 50 и 80°C). Они необходимы для учета того, что температура, изменяя плотность и вязкость воды, оказывает немаловажное воздействие на постоянное гидравлическое сопротивление.

### Диаграммы

#### *постоянного гидравлического сопротивления*

Это диаграммы, разработанные по логарифмической шкале, с гидравлическим сопротивлением по оси абсцисс и расходами — по оси ординат.

Области сетки параллельные между собой дают диаметр труб и скорости воды.

### Таблицы поправочных коэффициентов

#### *постоянного гидравлического сопротивления*

Эти таблицы позволяют определить увеличение постоянного гидравлического сопротивления, когда применяются смеси с антифризом, или когда трубы имеют отложения накипи и коррозии.

### Таблицы

#### *коэффициентов $\xi$*

Это таблицы, которые приводят коэффициенты, относящиеся к особым частям (фитингам, впускным отводам, выпускным отводам, коленам, стыкам и т.д.) и к наиболее применяемым компонентам в сетях водоснабжения.

Для некоторых компонентов (например: термостатических клапанов, настенных котлов и теплообменников) коэффициенты сильно изменяются в зависимости от изделия, и, поэтому, рекомендуется брать их значение непосредственно из каталогов Производителей.

### Таблицы

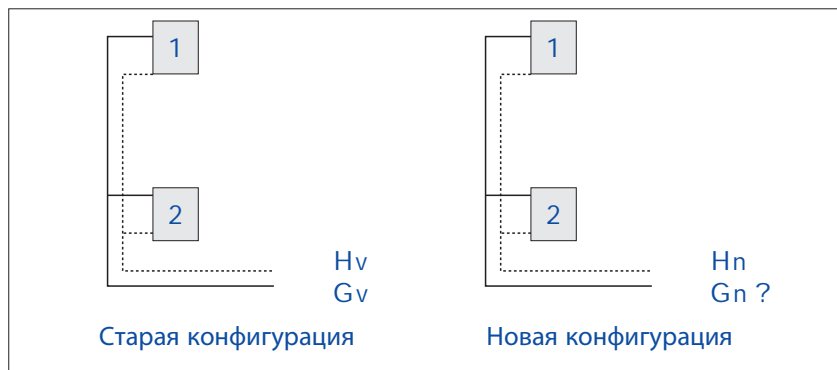
#### *локального гидравлического сопротивления*

Это таблицы, которые позволяют определять локальное гидравлическое сопротивление в отношении к значениям коэффициента  $\xi$  и скорости воды.

# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

## 7 - БАЛАНСИРОВОЧНЫЙ РАСХОД

Это новый расход, который получается при изменении напора контура. и быстрым определением гидравлического сопротивления можно воспользоваться нижеприведенными таблицами и диаграммами:



Значение этого расхода можно рассчитать по формулам (30) и (31), полученным по предположению, что общее гидравлическое сопротивление в среднем соотносится с расходом, в соответствии с показателем равным 1,9.

$$G_n = F \cdot G_v \quad (30)$$

$$F = \left( \frac{H_n}{H_v} \right)^{0,525} \quad (31)$$

где:

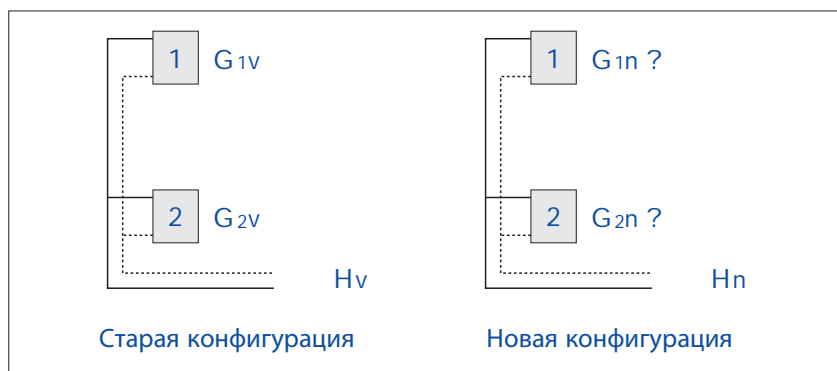
$G_n$  = новый расход  
 $G_v$  = старый расход  
 $F$  = коэффициент балансировки  
 $H_n$  = новый напор  
 $H_v$  = старый напор

Расходы и напоры должны л/ч ыть выражены в единицах измерения однородных между собой. Если, например,  $H_n$  выражен в [Па], то и  $H_v$  должен быть выражен в [Па].

Коэффициент балансировки нужен также для расчета новых расходов различных терминалов, с помощью отношений:

$$G_{1n} = F \cdot G_{1v}$$

$$G_{2n} = F \cdot G_{2v}$$



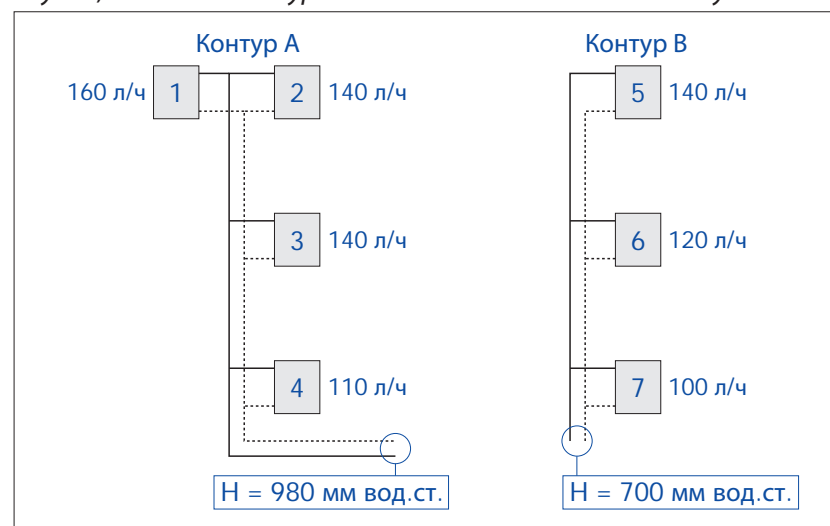
Пример, относящийся к слиянию двух контуров

Пусть А и В — два контура (см. нижеприведенную схему) со следующими гидравлическими характеристиками:

Контур А: -  $H_A = 980$  мм вод.ст. (требуемый напор)  
 -  $G_A = 550$  л/ч (общий расход контура)  
 -  $G_1 = 160$  л/ч (расход терминала 1)  
 -  $G_2 = 140$  л/ч (" " 2)  
 -  $G_3 = 140$  л/ч (" " 3)  
 -  $G_4 = 110$  л/ч (" " 4)

Контур В: -  $H_B = 700$  мм вод.ст. (требуемый напор)  
 -  $G_B = 360$  л/ч (общий расход контура)  
 -  $G_5 = 140$  л/ч (расход терминала 4)  
 -  $G_6 = 120$  л/ч (" " 5)  
 -  $G_7 = 100$  л/ч (" " 6)

определить их новые гидравлические характеристики в том случае, если два контура сливаются в одном и том же узле.



Если сливаются в одном и том же узле, два контура представляют, в таком узле, ту же самую разницу давления и поэтому требуют один и тот же напор.

В таких случаях обычно принимается, как напор на узле (т.е., как балансировочный напор), тот, который соответствует одному из двух контуров. Однако, возможно принять также и различные значения. Далее рассматриваются следующие случаи:

Слияние и балансировка при большем напоре:

В этом случае, контур В необходимо сбалансировать на напор контура А. Коэффициент балансировки можно рассчитать по формуле (31):

$$F_B = (H_A / H_B)^{0,525} = (980 / 700)^{0,525} = 1,193$$

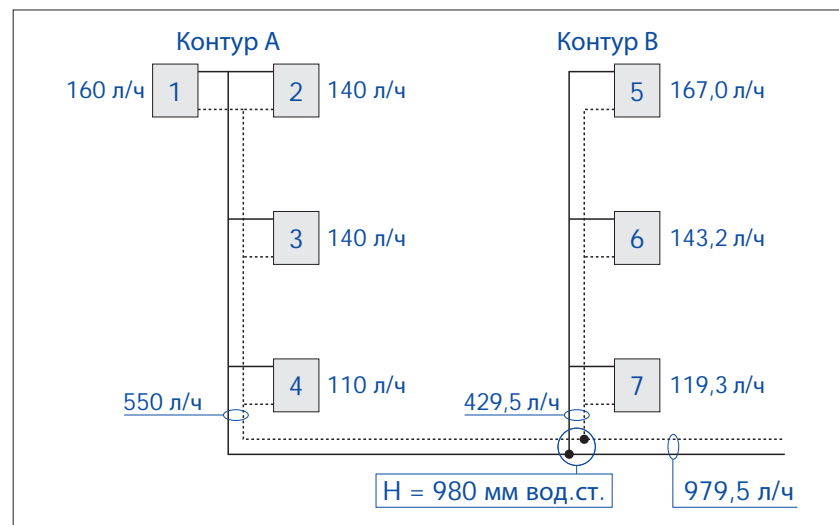
Если известно это значение, новые расходы контура В оказываются:

$G_B = 360 \cdot 1,193 = 429,5$  л/ч (новый общий расход контура В)  
 $G_5 = 140 \cdot 1,193 = 167,0$  л/ч (новый расход терминала 5)  
 $G_6 = 120 \cdot 1,193 = 143,2$  л/ч (" " " " 6)  
 $G_7 = 100 \cdot 1,193 = 119,3$  л/ч (" " " " 7)

# Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

Узнав новый расход  $G_b$ , далее возможно рассчитать новый расход, который питает оба контура:

$$G = G_A + G_B = 550 + 429,5 = 979,5 \text{ л/ч}$$



**Слияние и балансировка при меньшем расходе:**

В этом случае, контур А необходимо сбалансировать на напор контура В. Коэффициент балансировки можно рассчитать по формуле (31):

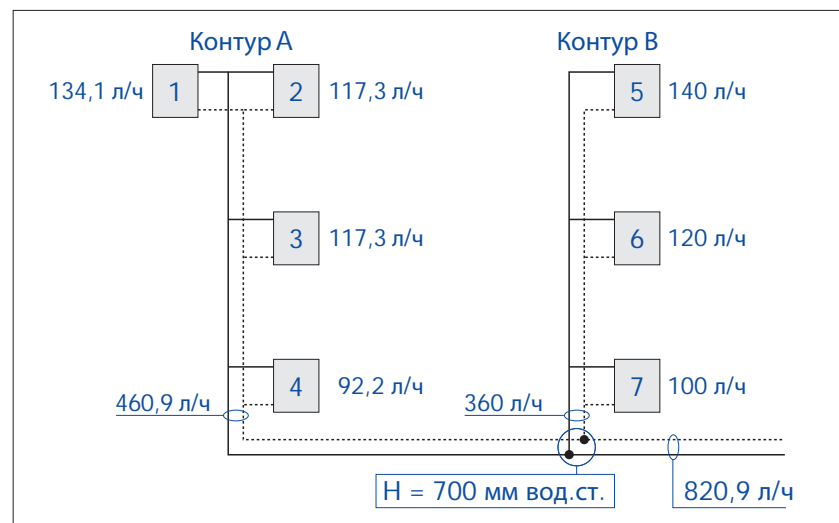
$$F_A = (H_B / H_A)^{0,525} = (700 / 980)^{0,525} = 0,838$$

Если известно это значение, новые расходы контура А оказываются:

$$\begin{aligned} G_A &= 550 \cdot 0,838 = 460,9 \text{ л/ч (новый общий расход контура А)} \\ G_1 &= 160 \cdot 0,838 = 134,1 \text{ л/ч (новый расход терминала 1)} \\ G_2 &= 140 \cdot 0,838 = 117,3 \text{ л/ч (" " " " 2)} \\ G_3 &= 140 \cdot 0,838 = 117,3 \text{ л/ч (" " " " 3)} \\ G_4 &= 110 \cdot 0,838 = 92,2 \text{ л/ч (" " " " 4)} \end{aligned}$$

Узнав новый расход  $G_b$ , далее возможно рассчитать новый расход, который питает оба контура:

$$G = G_A + G_B = 460,9 + 360 = 820,9 \text{ л/ч}$$



**Слияние и балансировка при среднем напоре:**

В этом случае, оба контура необходимо сбалансировать на средний напор, который сохраняется между контурами А и В, т.е. на напор:

$$H_M = (H_A + H_B) / 2 = (980 + 700) / 2 = 840 \text{ мм вод.ст.}$$

Коэффициенты балансировки контуров можно рассчитать по формуле (31):

$$F_A = (H_M / H_A)^{0,525} = (840 / 980)^{0,525} = 0,922$$

$$F_B = (H_M / H_B)^{0,525} = (840 / 700)^{0,525} = 1,100$$

Если известно значение  $F_A$ , новые расходы контура А оказываются:

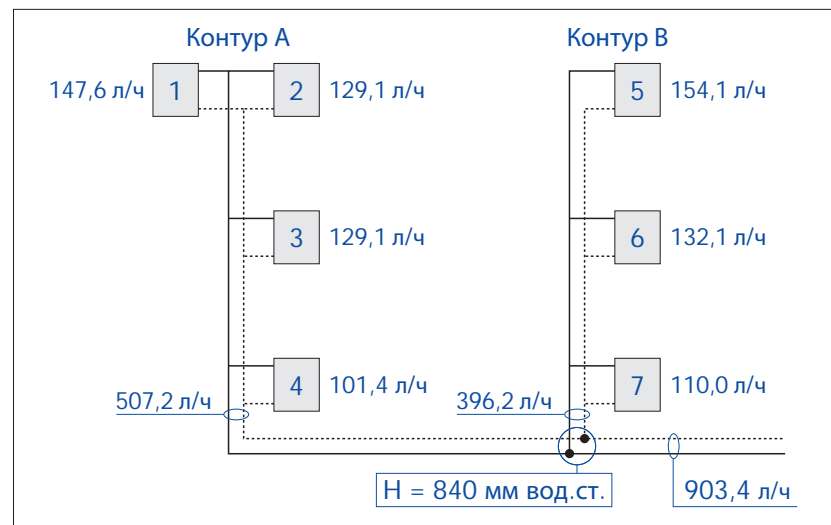
$$\begin{aligned} G_A &= 550 \cdot 0,922 = 507,2 \text{ л/ч (новый общий расход контура А)} \\ G_1 &= 160 \cdot 0,922 = 147,6 \text{ л/ч (новый расход терминала 1)} \\ G_2 &= 140 \cdot 0,922 = 129,1 \text{ л/ч (" " " " 2)} \\ G_3 &= 140 \cdot 0,922 = 129,1 \text{ л/ч (" " " " 3)} \\ G_4 &= 110 \cdot 0,922 = 101,4 \text{ л/ч (" " " " 4)} \end{aligned}$$

Если известно значение  $F_B$ , новые расходы контура В оказываются:

$$\begin{aligned} G_B &= 360 \cdot 1,100 = 396,2 \text{ л/ч (новый общий расход контура В)} \\ G_5 &= 140 \cdot 1,100 = 154,1 \text{ л/ч (новый расход терминала 5)} \\ G_6 &= 120 \cdot 1,100 = 132,1 \text{ л/ч (" " " " 6)} \\ G_7 &= 100 \cdot 1,100 = 110,0 \text{ л/ч (" " " " 7)} \end{aligned}$$

Узнав новые расходы  $G_a$  и  $G_b$ , далее возможно рассчитать новый расход, который питает оба контура:

$$G = G_A + G_B = 507,2 + 396,2 = 903,4 \text{ л/ч}$$



**Наблюдения:**

Новые расходы приводят также к новому теплосъему терминалов и новым скоростям жидкости.

Скорости необходимо контролировать (в крайнем случае, перебалансировав контуры на более низкие напоры) для предотвращения опасности коррозии или излишнего образования шума.

## Гидравлическое сопротивление в водопроводных трубах

Примечание: .....

# библиография

1

J. RIETSCHER – W. RAISS  
*Traité de chauffage et de ventilation*  
Librairie polytechnique Ch. Béranger  
Paris – Liegi

2

W. F. HUGHES – J. A. BRIGHTON  
*Teoria e problemi di fluidodinamica*  
Collana SCHAUM  
ETAS LIBRI – Via Mecenate 87/6, Milano

3

RANALD V. GILES  
*Teoria e ed applicazioni di meccanica dei fluidi e idraulica*  
Collana SCHAUM  
ETAS LIBRI – Via Mecenate 87/6, Milano

4

DALMINE  
*Tubi in acciaio senza saldatura e saldati*  
A cura dei Servizi Applicazione Prodotto  
Via Brera 14, Milano

5

CISAR  
*Manuale del tubo di rame*  
CISAR, Viale Vittorio Veneto 20, Milano  
PEG, Via F.lli Bressan 2, Milano

6

SCANTEC  
*L'acqua e il tubo*  
WIRSBO BRUKS AB, Svezia

7

SYSTEM DESIGN MANUAL CARRIER  
*Tubazioni per acqua, gas refrigerante e vapore*  
TECNICHE NUOVE  
Via Ciro Menotti 14, Milano

8

A. MISSENERD  
*Cours supérieur de chauffage, ventilation et  
conditionnement de l'air*  
Editions Eyrolles  
Boulevard Saint-Germain, PARIS (5°)

9

I.E. IDEL'CIK  
*Memento des pertes de charge*  
Editions Eyrolles  
Boulevard Saint-Germain, PARIS (5°)

10

PIERRE FRIDMANN  
*L'équilibrage des installations de chauffage*  
Numero special de CFP - CHAUD FROID PLOMBERIE  
Les éditions Parisiennes  
4, rue Charles-Divry 75014, PARIS

11

A. BOUSSICAUD  
*Le calcul des pertes de charge*  
Numero special de CFP - CHAUD FROID PLOMBERIE  
Les éditions Parisiennes  
4, rue Charles-Divry 75014, PARIS

12

ASHRAE  
*2001 ASHRAE Fundamental Handbook (SI)*  
ASHRAE, Inc. Atlanta, GA. 30329-2305

13

AICARR  
*Mini Guida AICARR*  
AICARR – Via Melchiorre Gioia 168, Milano

14

J. Siegenthaler  
*Modern Hydronic Heating*  
Thomson – Delmar Learning

# Индекс таблиц и диаграмм гидравлического сопротивления воды

## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">10-6</a>

## МЕДНЫЕ ТРУБЫ

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">20-6</a>

## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (мм)

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">12-6</a>

## МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">22-6</a>

## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ ПРЕССОВАННЫЕ

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">14-6</a>

## ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">30-6</a>

## ТРУБЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРЕССОВАННЫЕ

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">16-6</a>

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-2</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-3</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-4</a>
Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-5</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	<a href="#">32-6</a>



# Индекс таблицы и таблиц гидравлического сопротивления воды

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 - PN 12,5

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">34-1</a>
Диаграмма	"	"	<a href="#">34-2</a>

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 - PN 20

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">36-1</a>
Диаграмма	"	"	<a href="#">36-2</a>

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 10

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">38-1</a>
Диаграмма	"	"	<a href="#">38-2</a>

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 16

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">40-1</a>
Диаграмма	"	"	<a href="#">40-2</a>

## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 25

Таблица	Постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">42-1</a>
Диаграмма	"	"	<a href="#">42-2</a>

## ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Смеси антифриз вода этиленгликоль	<a href="#">44-1</a>
Трубопроводы с отложениями накипи и коррозией	<a href="#">44-2</a>

## КОЭФФИЦИЕНТЫ ( $\xi$ )

Локальное гидравлическое сопротивление - распределительные сети	<a href="#">46-1</a>
Локальное гидравлическое сопротивление - комплектующие системы	<a href="#">46-2</a>

## ЛОКАЛЬНОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Таблица для	$\Sigma\xi = 1 \div 15$	$t = 10^{\circ}\text{C}$	$v = 0,10 \div 1,00$ м/сек.	<a href="#">48-1a</a>
"	"	"	$v = 1,00 \div 4,00$ м/сек.	<a href="#">48-1b</a>
Таблица для	$\Sigma\xi = 1 \div 15$	$t = 80^{\circ}\text{C}$	$v = 0,10 \div 1,00$ м/сек.	<a href="#">48-2a</a>
"	"	"	$v = 1,00 \div 4,00$ м/сек.	<a href="#">48-2b</a>



## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	10-1
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	10-2
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	10-3
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	10-4
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	10-5
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	10-6

Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

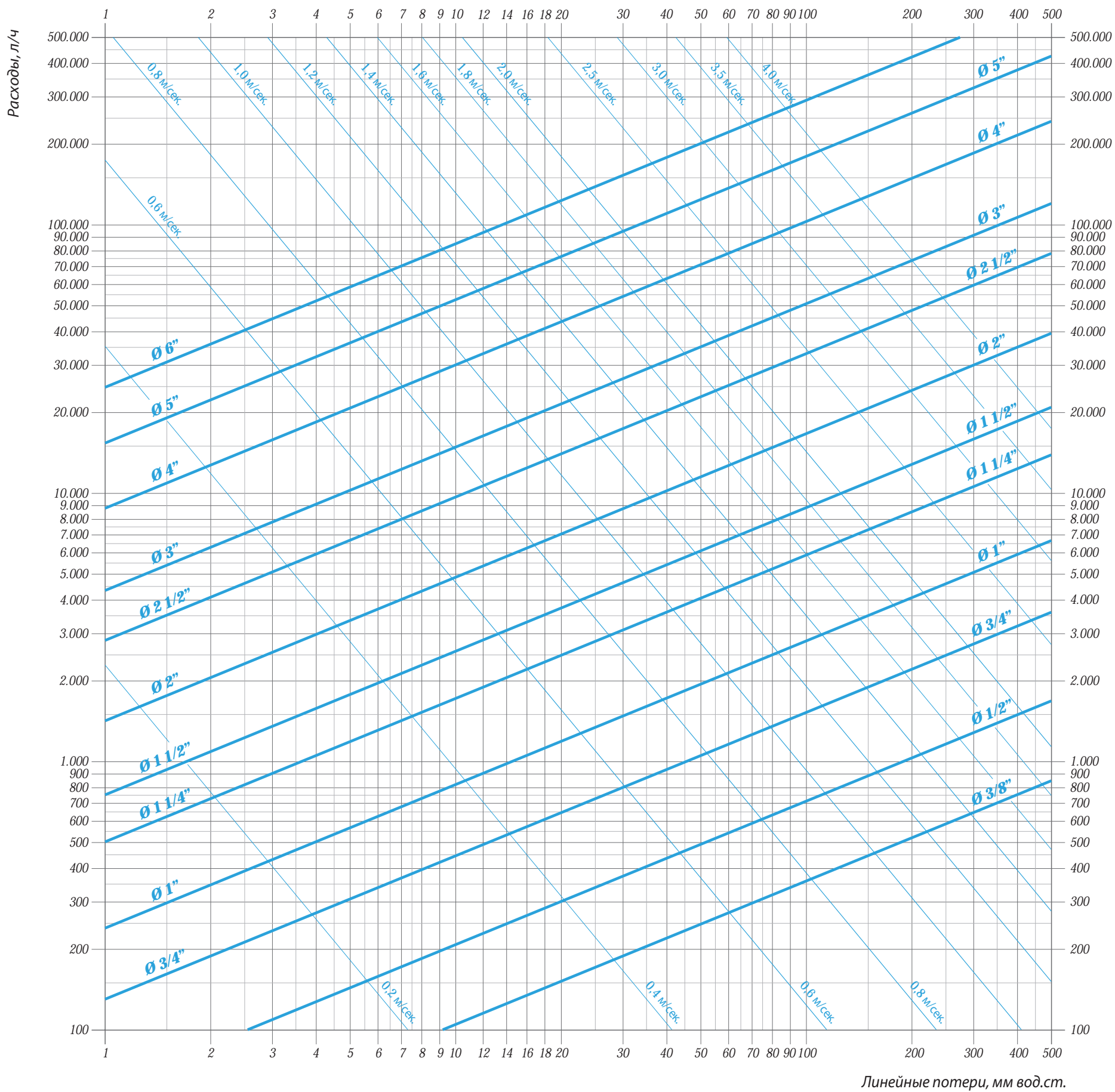
Температура воды = 10°C

		r = Постоянное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст./м											G = расходы, л/ч		V = скорость, м/сек.	
r	Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø	r	
2	G	44	88	188	347	727	1.090	2.054	4.090	6.272	12.695	22.267	35.979	G	2	
	v	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,22	0,26	0,31	0,34	0,41	0,47	0,53	v		
4	G	64	127	273	503	1.053	1.579	2.975	5.926	9.086	18.392	32.258	52.123	G	4	
	v	0,14	0,17	0,20	0,24	0,29	0,32	0,37	0,44	0,49	0,59	0,68	0,77	v		
6	G	80	158	339	625	1.308	1.962	3.696	7.360	11.286	22.845	40.069	64.744	G	6	
	v	0,17	0,21	0,25	0,29	0,35	0,39	0,46	0,55	0,61	0,73	0,85	0,95	v		
8	G	93	184	395	729	1.525	2.288	4.310	8.584	13.162	26.644	46.733	75.511	G	8	
	v	0,20	0,24	0,29	0,34	0,41	0,46	0,54	0,64	0,71	0,85	0,99	1,11	v		
10	G	105	208	445	821	1.719	2.578	4.857	9.672	14.831	30.021	52.656	85.081	G	10	
	v	0,23	0,27	0,33	0,39	0,47	0,52	0,61	0,72	0,81	0,96	1,11	1,25	v		
12	G	115	229	490	905	1.895	2.842	5.354	10.663	16.349	33.096	58.048	93.794	G	12	
	v	0,25	0,30	0,37	0,43	0,51	0,57	0,67	0,80	0,89	1,06	1,22	1,38	v		
14	G	125	248	533	983	2.057	3.086	5.814	11.579	17.754	35.939	63.036	101.854	G	14	
	v	0,27	0,33	0,40	0,46	0,56	0,62	0,73	0,87	0,96	1,15	1,33	1,50	v		
16	G	135	267	572	1.056	2.210	3.315	6.244	12.436	19.068	38.600	67.702	109.393	G	16	
	v	0,29	0,35	0,43	0,50	0,60	0,66	0,78	0,93	1,04	1,24	1,43	1,61	v		
18	G	143	284	609	1.124	2.353	3.530	6.650	13.245	20.308	41.109	72.103	116.504	G	18	
	v	0,31	0,37	0,45	0,53	0,64	0,71	0,83	0,99	1,10	1,32	1,52	1,72	v		
20	G	152	301	645	1.189	2.490	3.735	7.036	14.012	21.485	43.492	76.282	123.257	G	20	
	v	0,33	0,40	0,48	0,56	0,68	0,75	0,88	1,05	1,17	1,40	1,61	1,82	v		
22	G	159	316	678	1.251	2.620	3.930	7.404	14.745	22.609	45.766	80.271	129.702	G	22	
	v	0,35	0,42	0,50	0,59	0,71	0,79	0,93	1,10	1,23	1,47	1,69	1,91	v		
24	G	167	331	711	1.311	2.745	4.117	7.756	15.447	23.685	47.946	84.094	135.880	G	24	
	v	0,37	0,44	0,53	0,62	0,74	0,83	0,97	1,15	1,29	1,54	1,77	2,00	v		
26	G	174	346	742	1.368	2.865	4.297	8.096	16.123	24.721	50.042	87.772	141.822	G	26	
	v	0,38	0,45	0,55	0,64	0,78	0,86	1,01	1,20	1,34	1,61	1,85	2,09	v		
28	G	181	360	772	1.424	2.980	4.471	8.423	16.775	25.721	52.065	91.320	147.555	G	28	
	v	0,40	0,47	0,57	0,67	0,81	0,90	1,05	1,25	1,40	1,67	1,93	2,18	v		
30	G	188	373	801	1.477	3.092	4.639	8.739	17.405	26.687	54.022	94.752	153.101	G	30	
	v	0,41	0,49	0,60	0,70	0,84	0,93	1,09	1,30	1,45	1,73	2,00	2,26	v		
35	G	204	406	869	1.604	3.358	5.038	9.490	18.901	28.980	58.664	102.894	166.256	G	35	
	v	0,45	0,53	0,65	0,76	0,91	1,01	1,19	1,41	1,57	1,88	2,17	2,45	v		
40	G	220	436	934	1.723	3.607	5.411	10.193	20.300	31.125	63.006	110.510	178.563	G	40	
	v	0,48	0,57	0,69	0,81	0,98	1,08	1,27	1,52	1,69	2,02	2,33	2,63	v		
45	G	234	464	994	1.835	3.841	5.762	10.855	21.619	33.149	67.102	117.695	190.171	G	45	
	v	0,51	0,61	0,74	0,86	1,04	1,16	1,36	1,62	1,80	2,15	2,48	2,80	v		
50	G	247	491	1.052	1.941	4.064	6.096	11.485	22.873	35.070	70.992	124.516	201.193	G	50	
	v	0,54	0,65	0,78	0,91	1,10	1,22	1,44	1,71	1,90	2,28	2,63	2,97	v		
60	G	273	541	1.160	2.140	4.480	6.721	12.661	25.215	38.662	78.262	137.268	221.798	G	60	
	v	0,60	0,71	0,86	1,01	1,22	1,35	1,58	1,88	2,10	2,51	2,89	3,27	v		
70	G	296	588	1.260	2.324	4.865	7.298	13.749	27.382	41.984	84.987	149.063	240.856	G	70	
	v	0,65	0,77	0,94	1,09	1,32	1,46	1,72	2,05	2,28	2,73	3,14	3,55	v		
80	G	318	631	1.353	2.496	5.225	7.838	14.766	29.408	45.091	91.277	160.096	258.684	G	80	
	v	0,70	0,83	1,01	1,18	1,42	1,57	1,85	2,20	2,45	2,93	3,38	3,81	v		
90	G	339	672	1.441	2.658	5.565	8.348	15.726	31.320	48.023	97.211	170.504	275.501	G	90	
	v	0,74	0,88	1,07	1,25	1,51	1,67	1,97	2,34	2,61	3,12	3,60	4,06	v		
100	G	358	711	1.524	2.812	5.887	8.832	16.638	33.135	50.806	102.846	180.387	291.469	G	100	
	v	0,79	0,93	1,13	1,32	1,60	1,77	2,08	2,48	2,76	3,30	3,80	4,30	v		

Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø
Se [м²/м]	0,052	0,066	0,083	0,104	0,132	0,150	0,187	0,236	0,276	0,355	0,435	0,515	Se [м²/м]
Si [мм²]	127	211	373	590	1.024	1.385	2.223	3.718	5.115	8.659	13.171	18.845	Si [мм²]
V [л/м]	0,13	0,21	0,37	0,59	1,02	1,39	2,22	3,72	5,11	8,66	13,17	18,84	V [л/м]
P [кг/м]	0,72	1,06	1,37	2,17	2,79	3,21	4,45	5,68	7,48	10,75	14,86	17,68	P [кг/м]
P* [кг/м]	0,78	1,16	1,48	2,30	2,95	3,40	4,77	6,12	8,03	11,58	16,88	20,02	P* [кг/м]

Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

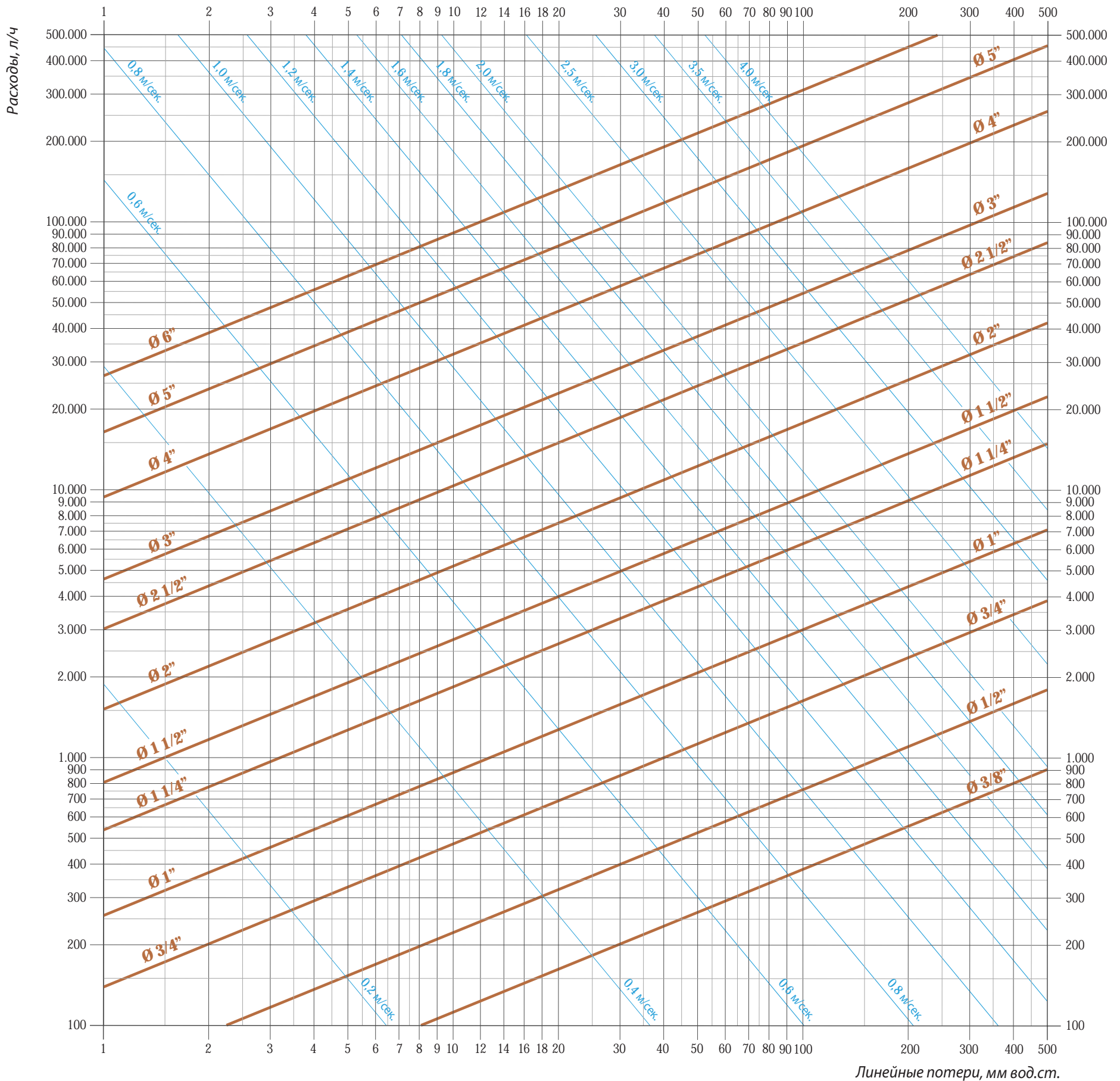
Температура воды = 10°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

Температура воды = 50°C



Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

Температура воды = 80°C

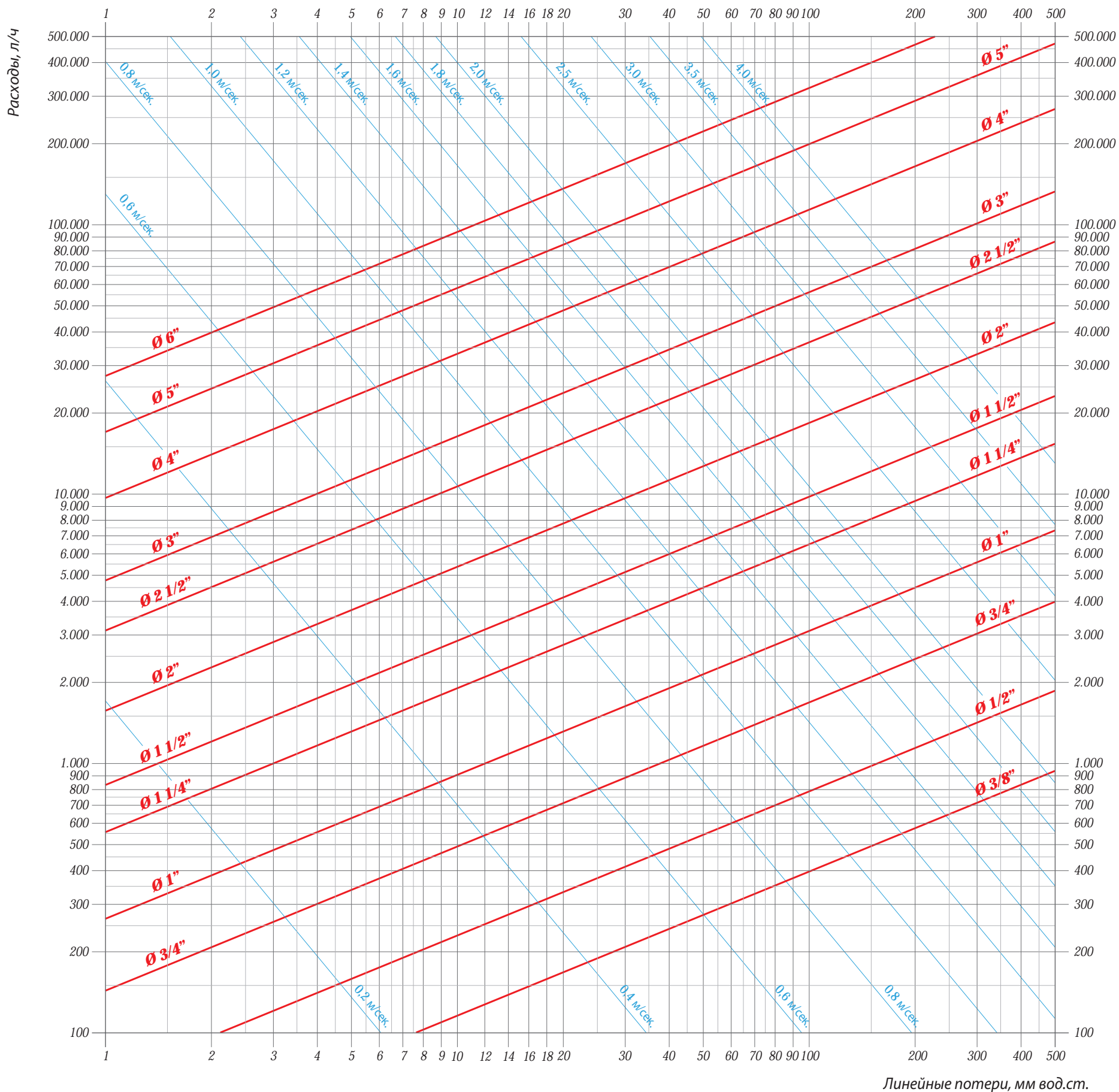
		r = Постоянное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст./м												G = расходы, л/ч		v = скорость, м/сек.	
r	Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø	r		
2	G	49	97	208	383	802	1.204	2.267	4.516	6.924	14.015	24.582	39.720	G	2		
	v	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,24	0,28	0,34	0,38	0,45	0,52	0,59	v			
4	G	71	140	301	555	1.162	1.744	3.285	6.542	10.030	20.304	35.612	57.542	G	4		
	v	0,16	0,18	0,22	0,26	0,32	0,35	0,41	0,49	0,54	0,65	0,75	0,85	v			
6	G	88	174	374	690	1.444	2.166	4.080	8.126	12.459	25.220	44.235	71.474	G	6		
	v	0,19	0,23	0,28	0,32	0,39	0,43	0,51	0,61	0,68	0,81	0,93	1,05	v			
8	G	103	203	436	804	1.684	2.526	4.758	9.477	14.531	29.414	51.591	83.361	G	8		
	v	0,22	0,27	0,32	0,38	0,46	0,51	0,59	0,71	0,79	0,94	1,09	1,23	v			
10	G	115	229	491	906	1.897	2.846	5.362	10.678	16.372	33.142	58.130	93.926	G	10		
	v	0,25	0,30	0,37	0,43	0,51	0,57	0,67	0,80	0,89	1,06	1,23	1,38	v			
12	G	127	253	541	999	2.091	3.138	5.911	11.771	18.049	36.536	64.083	103.545	G	12		
	v	0,28	0,33	0,40	0,47	0,57	0,63	0,74	0,88	0,98	1,17	1,35	1,53	v			
14	G	138	274	588	1.085	2.271	3.407	6.418	12.783	19.600	39.676	69.589	112.442	G	14		
	v	0,30	0,36	0,44	0,51	0,62	0,68	0,80	0,96	1,06	1,27	1,47	1,66	v			
16	G	149	295	632	1.165	2.439	3.659	6.894	13.729	21.051	42.612	74.740	120.765	G	16		
	v	0,33	0,39	0,47	0,55	0,66	0,73	0,86	1,03	1,14	1,37	1,58	1,78	v			
18	G	158	314	673	1.241	2.598	3.897	7.342	14.622	22.419	45.383	79.599	128.616	G	18		
	v	0,35	0,41	0,50	0,58	0,71	0,78	0,92	1,09	1,22	1,46	1,68	1,90	v			
20	G	167	332	712	1.313	2.748	4.123	7.767	15.469	23.719	48.013	84.212	136.071	G	20		
	v	0,37	0,44	0,53	0,62	0,75	0,83	0,97	1,16	1,29	1,54	1,78	2,01	v			
22	G	176	349	749	1.382	2.892	4.339	8.173	16.278	24.959	50.524	88.616	143.186	G	22		
	v	0,39	0,46	0,56	0,65	0,78	0,87	1,02	1,22	1,36	1,62	1,87	2,11	v			
24	G	184	366	784	1.447	3.030	4.545	8.563	17.053	26.148	52.930	92.837	150.006	G	24		
	v	0,40	0,48	0,58	0,68	0,82	0,91	1,07	1,27	1,42	1,70	1,96	2,21	v			
26	G	193	382	819	1.511	3.162	4.744	8.937	17.799	27.291	55.245	96.897	156.566	G	26		
	v	0,42	0,50	0,61	0,71	0,86	0,95	1,12	1,33	1,48	1,77	2,04	2,31	v			
28	G	200	397	852	1.572	3.290	4.936	9.298	18.519	28.394	57.478	100.814	162.895	G	28		
	v	0,44	0,52	0,63	0,74	0,89	0,99	1,16	1,38	1,54	1,84	2,13	2,40	v			
30	G	208	412	884	1.631	3.414	5.121	9.648	19.215	29.462	59.638	104.603	169.017	G	30		
	v	0,46	0,54	0,66	0,77	0,93	1,03	1,21	1,44	1,60	1,91	2,21	2,49	v			
35	G	226	448	960	1.771	3.707	5.561	10.477	20.866	31.993	64.763	113.591	183.540	G	35		
	v	0,49	0,59	0,71	0,83	1,01	1,12	1,31	1,56	1,74	2,08	2,40	2,71	v			
40	G	242	481	1.031	1.902	3.982	5.973	11.252	22.410	34.361	69.556	121.999	197.126	G	40		
	v	0,53	0,63	0,77	0,90	1,08	1,20	1,41	1,67	1,87	2,23	2,57	2,91	v			
45	G	258	512	1.098	2.026	4.241	6.361	11.984	23.867	36.595	74.078	129.930	209.941	G	45		
	v	0,57	0,67	0,82	0,95	1,15	1,28	1,50	1,78	1,99	2,38	2,74	3,09	v			
50	G	273	542	1.162	2.143	4.486	6.730	12.679	25.250	38.716	78.372	137.461	222.109	G	50		
	v	0,60	0,71	0,86	1,01	1,22	1,35	1,58	1,89	2,10	2,51	2,90	3,27	v			
60	G	301	597	1.280	2.363	4.946	7.419	13.977	27.836	42.681	86.398	151.538	244.855	G	60		
	v	0,66	0,79	0,95	1,11	1,34	1,49	1,75	2,08	2,32	2,77	3,20	3,61	v			
70	G	327	649	1.390	2.566	5.371	8.057	15.178	30.228	46.348	93.822	164.559	265.895	G	70		
	v	0,72	0,85	1,03	1,21	1,46	1,62	1,90	2,26	2,52	3,01	3,47	3,92	v			
80	G	351	697	1.493	2.755	5.768	8.653	16.301	32.466	49.779	100.766	176.739	285.576	G	80		
	v	0,77	0,92	1,11	1,30	1,57	1,73	2,04	2,43	2,70	3,23	3,73	4,21	v			
90	G	374	742	1.590	2.935	6.143	9.216	17.361	34.576	53.015	107.317	188.230	304.142	G	90		
	v	0,82	0,98	1,18	1,38	1,67	1,85	2,17	2,58	2,88	3,44	3,97	4,48	v			
100	G	396	785	1.683	3.105	6.499	9.750	18.367	36.580	56.088	113.537	199.139	321.770	G	100		
	v	0,87	1,03	1,25	1,46	1,76	1,95	2,30	2,73	3,05	3,64	4,20	4,74	v			

	Se = внешняя площадь, м²/м	Si = внутреннее сечение, мм²	V = содержание воды, л/м	P = вес металлической трубы, кг/м	P* = вес оцинкованной трубы, кг/м									
Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø	
Øe [мм]	16,7	21	26,4	33,2	41,9	47,8	59,6	75,2	87,9	113	138,5	163,9	Øe [мм]	
Øi [мм]	12,7	16,4	21,8	27,4	36,1	42	53,2	68,8	80,7	105	129,5	154,9	Øi [мм]	
Se [м²/м]	0,052	0,066	0,083	0,104	0,132	0,150	0,187	0,236	0,276	0,355	0,435	0,515	Se [м²/м]	
Si [мм²]	127	211	373	590	1.024	1.385	2.223	3.718	5.115	8.659	13.171	18.845	Si [мм²]	
V [л/м]	0,13	0,21	0,37	0,59	1,02	1,39	2,22	3,72	5,11	8,66	13,17	18,84	V [л/м]	
P [кг/м]	0,72	1,06	1,37	2,17	2,79	3,21	4,45	5,68	7,48	10,75	14,86	17,68	P [кг/м]	
P* [кг/м]	0,78	1,16	1,48	2,30	2,95	3,40	4,77	6,12	8,03	11,58	16,88	20,02	P* [кг/м]	



Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (дюймы)

Температура воды = 80°C





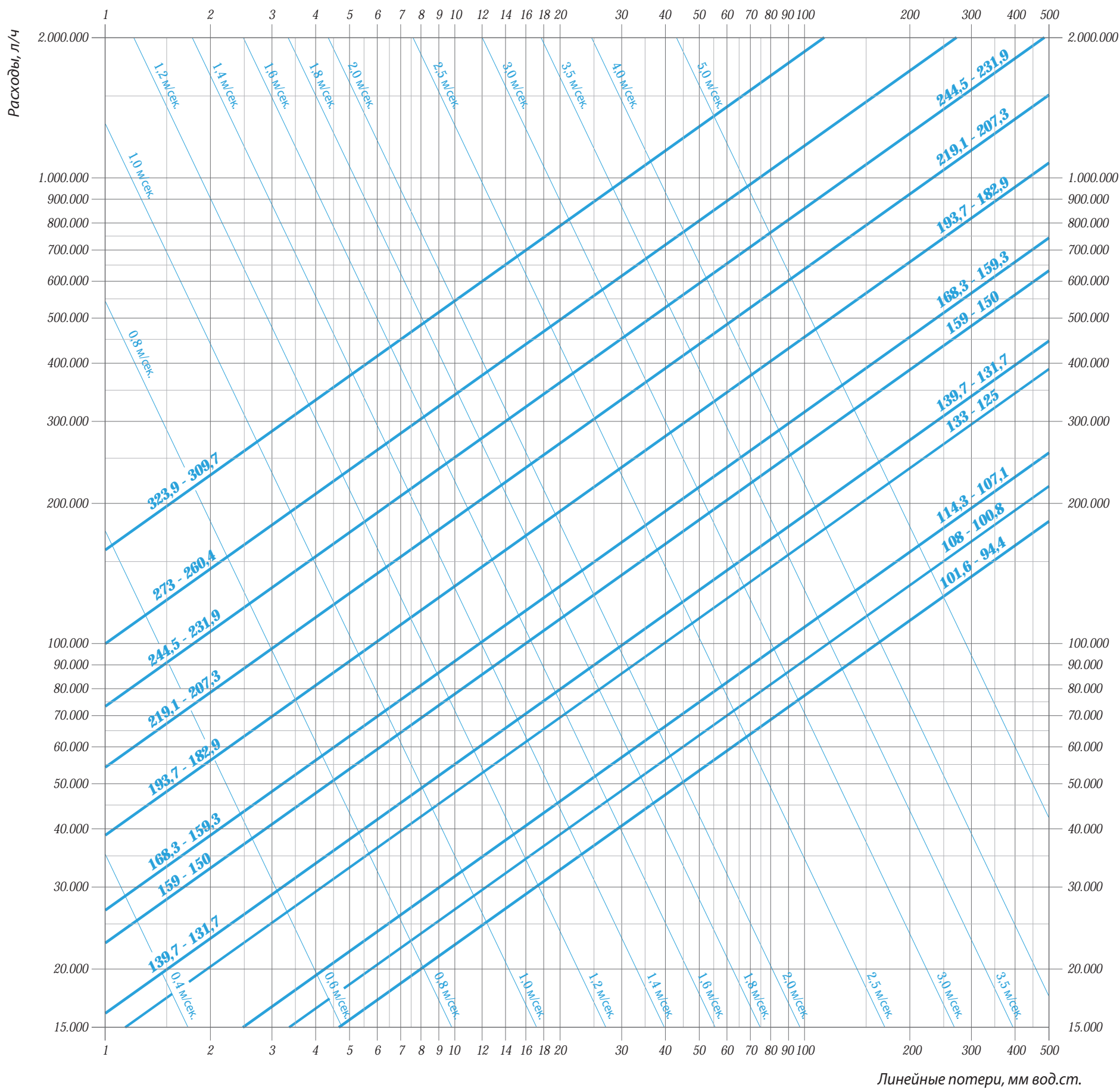
## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (мм)

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	12-1
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	12-2
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	12-3
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	12-4
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	12-5
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	12-6



Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (мм)

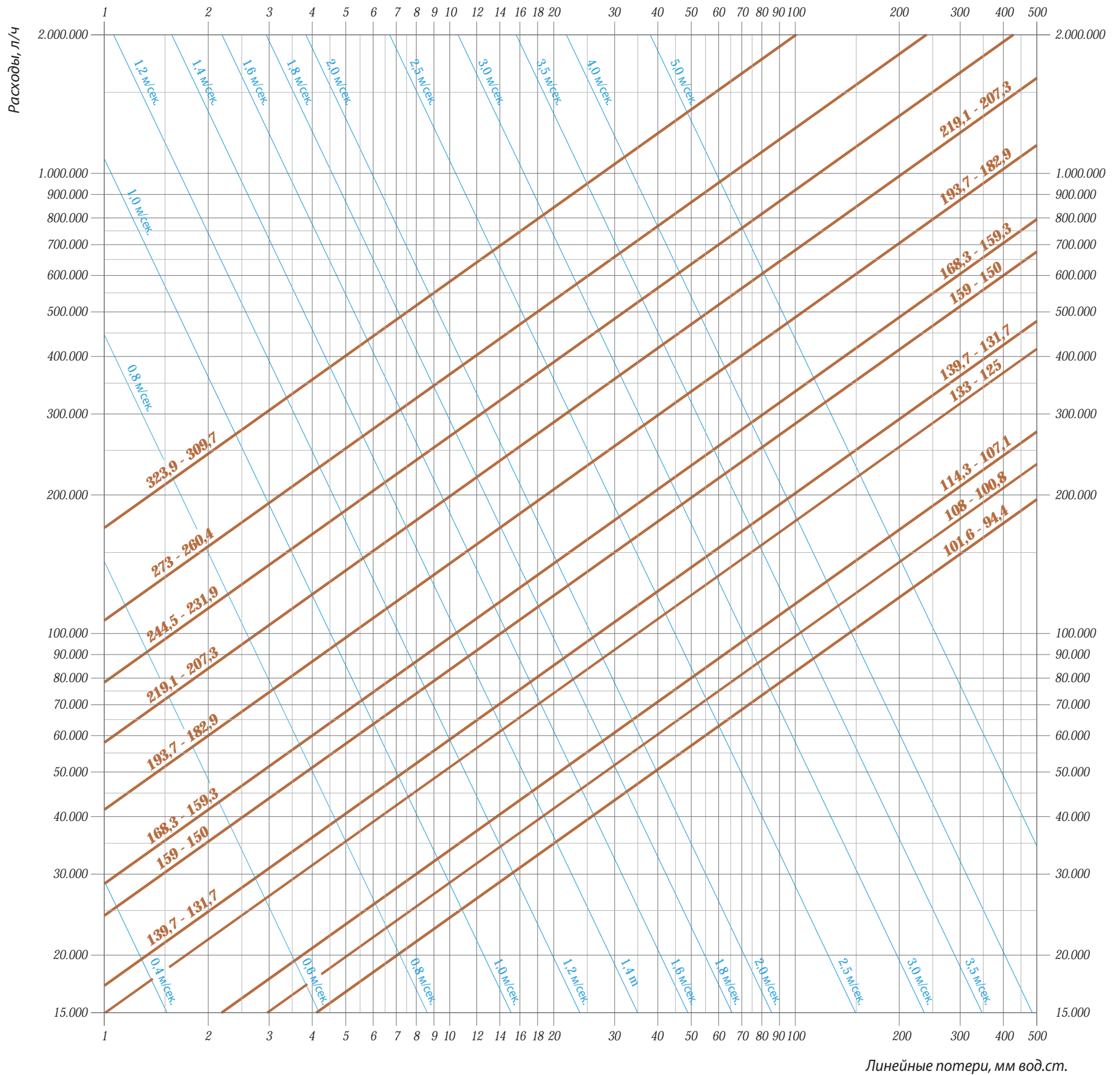
Температура воды = 10°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (мм)

Температура воды = 50°C

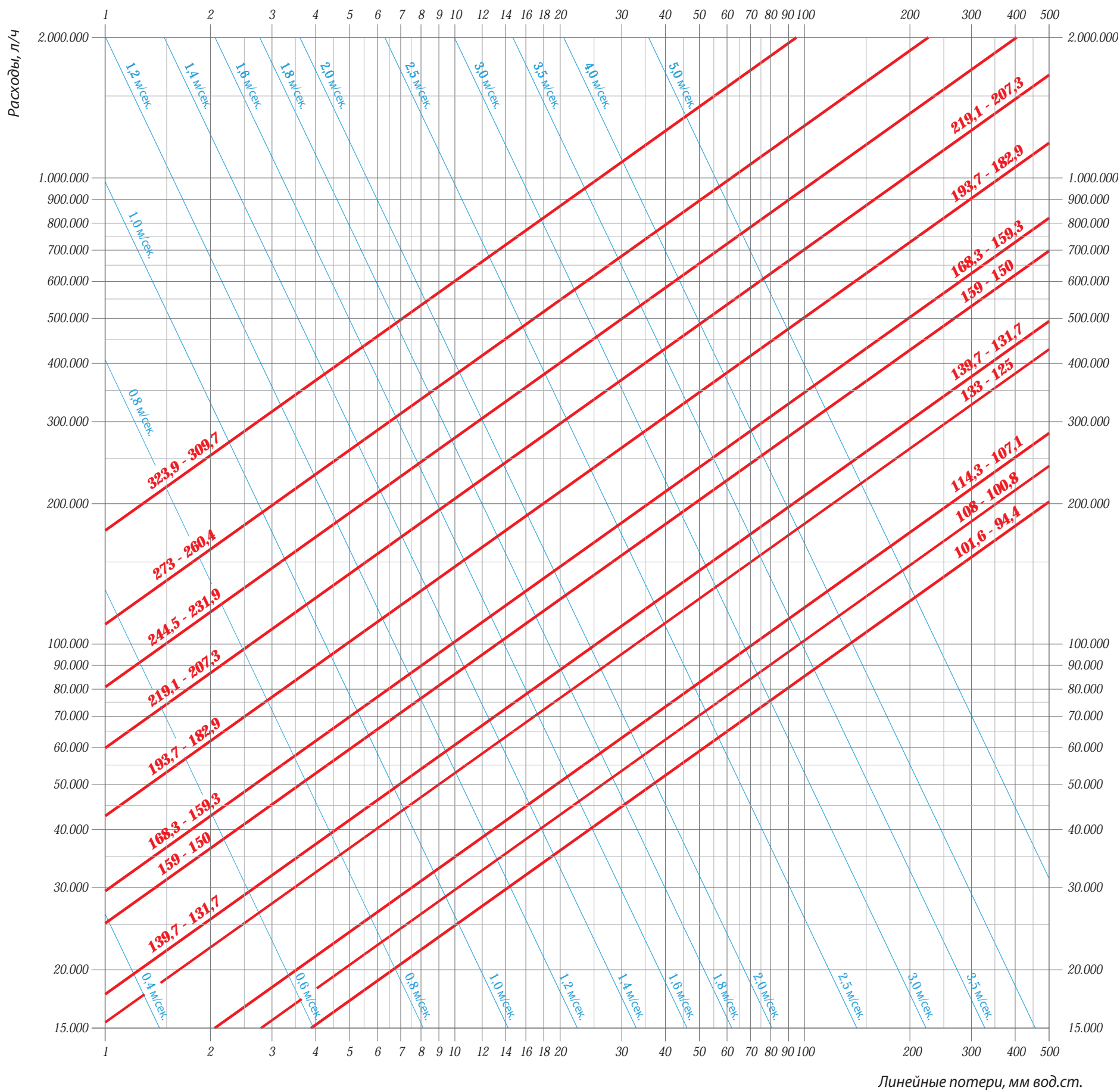






Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ (мм)

Температура воды = 80°C





## СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ ПРЕССОВАННЫЕ

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 10^{\circ}\text{C}$  14-1

Диаграмма “ “ “  $t = 10^{\circ}\text{C}$  14-2

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 50^{\circ}\text{C}$  14-3

Диаграмма “ “ “  $t = 50^{\circ}\text{C}$  14-4

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 80^{\circ}\text{C}$  14-5

Диаграмма “ “ “  $t = 80^{\circ}\text{C}$  14-6

## ТРУБЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРЕССОВАННЫЕ

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 10^{\circ}\text{C}$  16-1

Диаграмма “ “ “  $t = 10^{\circ}\text{C}$  16-2

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 50^{\circ}\text{C}$  16-3

Диаграмма “ “ “  $t = 50^{\circ}\text{C}$  16-4

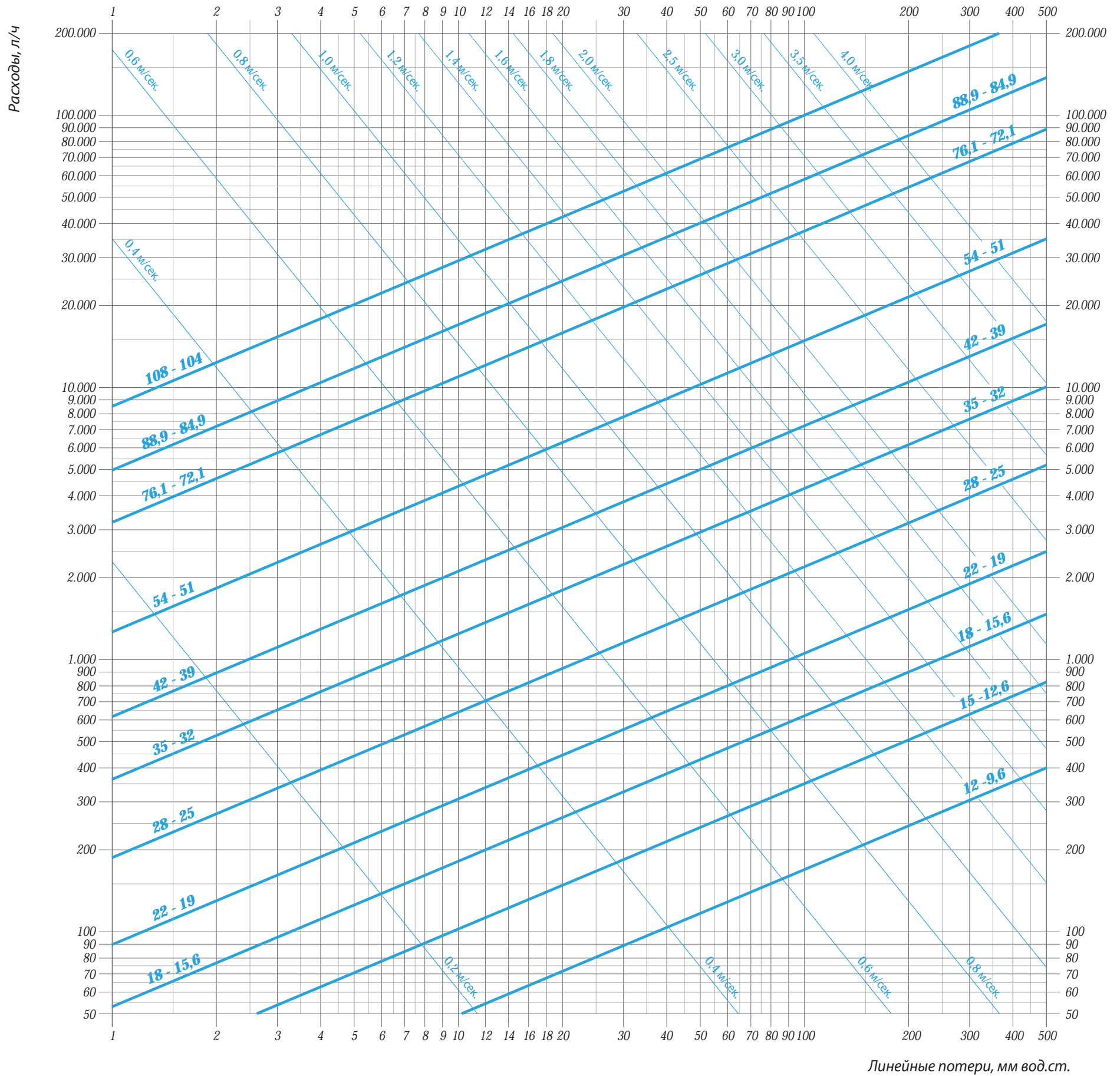
Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 80^{\circ}\text{C}$  16-5

Диаграмма “ “ “  $t = 80^{\circ}\text{C}$  16-6



Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ ПРЕССОВАННЫЕ

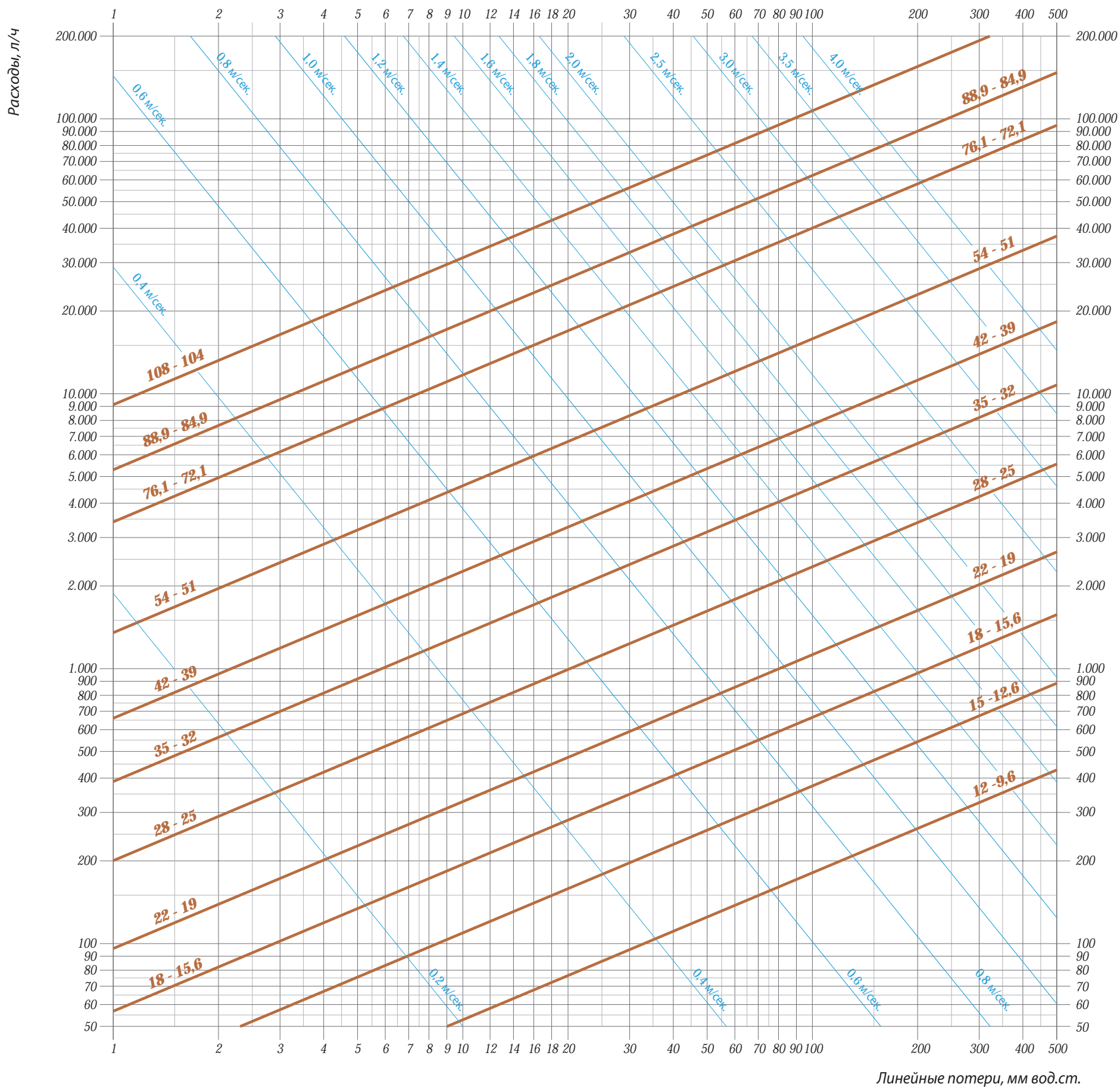
Температура воды = 10°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ ПРЕССОВАННЫЕ

Температура воды = 50°C

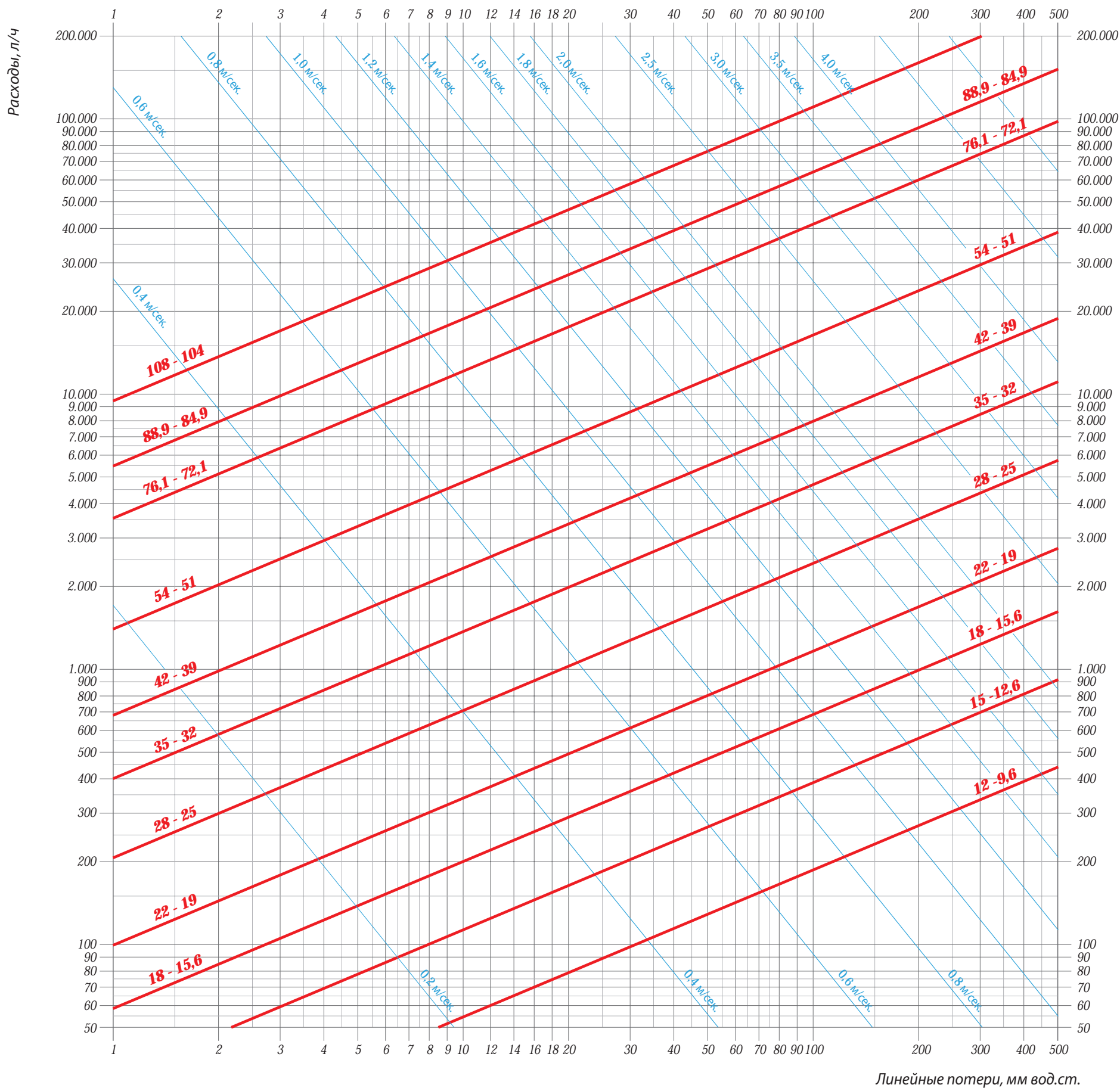






Постоянное гидравлическое сопротивление  
СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ ПРЕССОВАННЫЕ

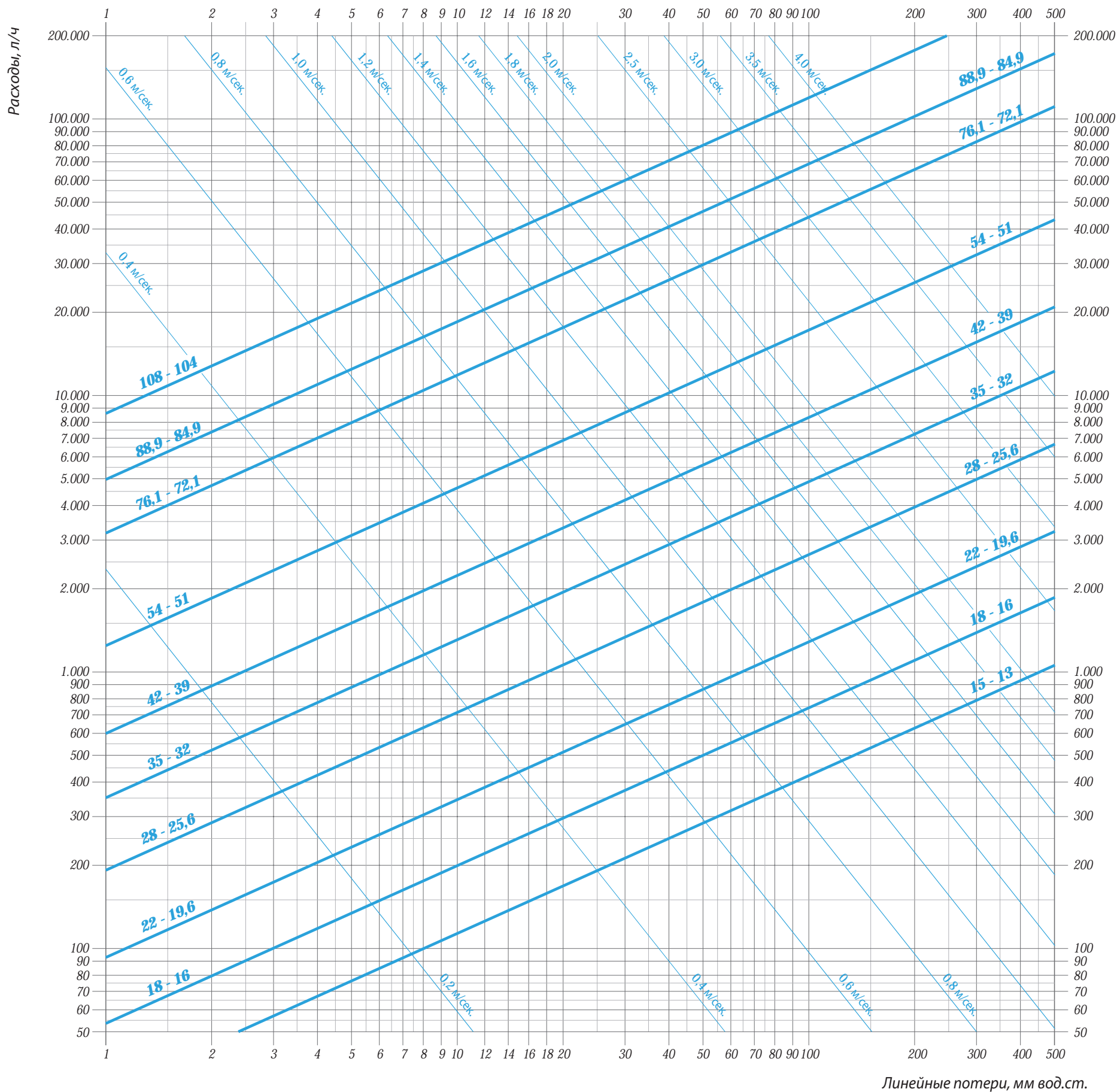
Температура воды = 80°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРЕССОВАННЫЕ

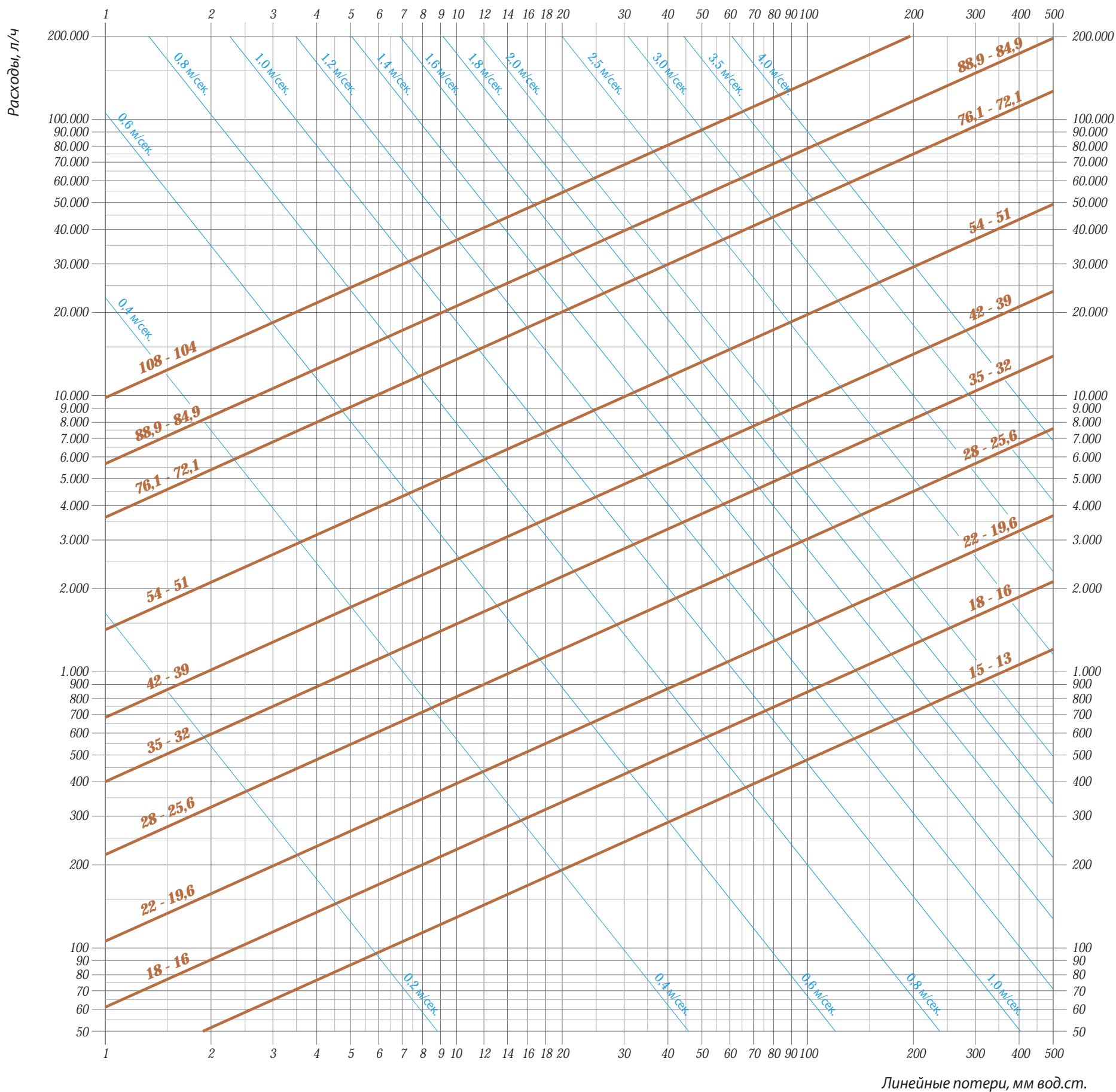
Температура воды = 10°C





# Постоянное гидравлическое сопротивление ТРУБЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРЕССОВАННЫЕ

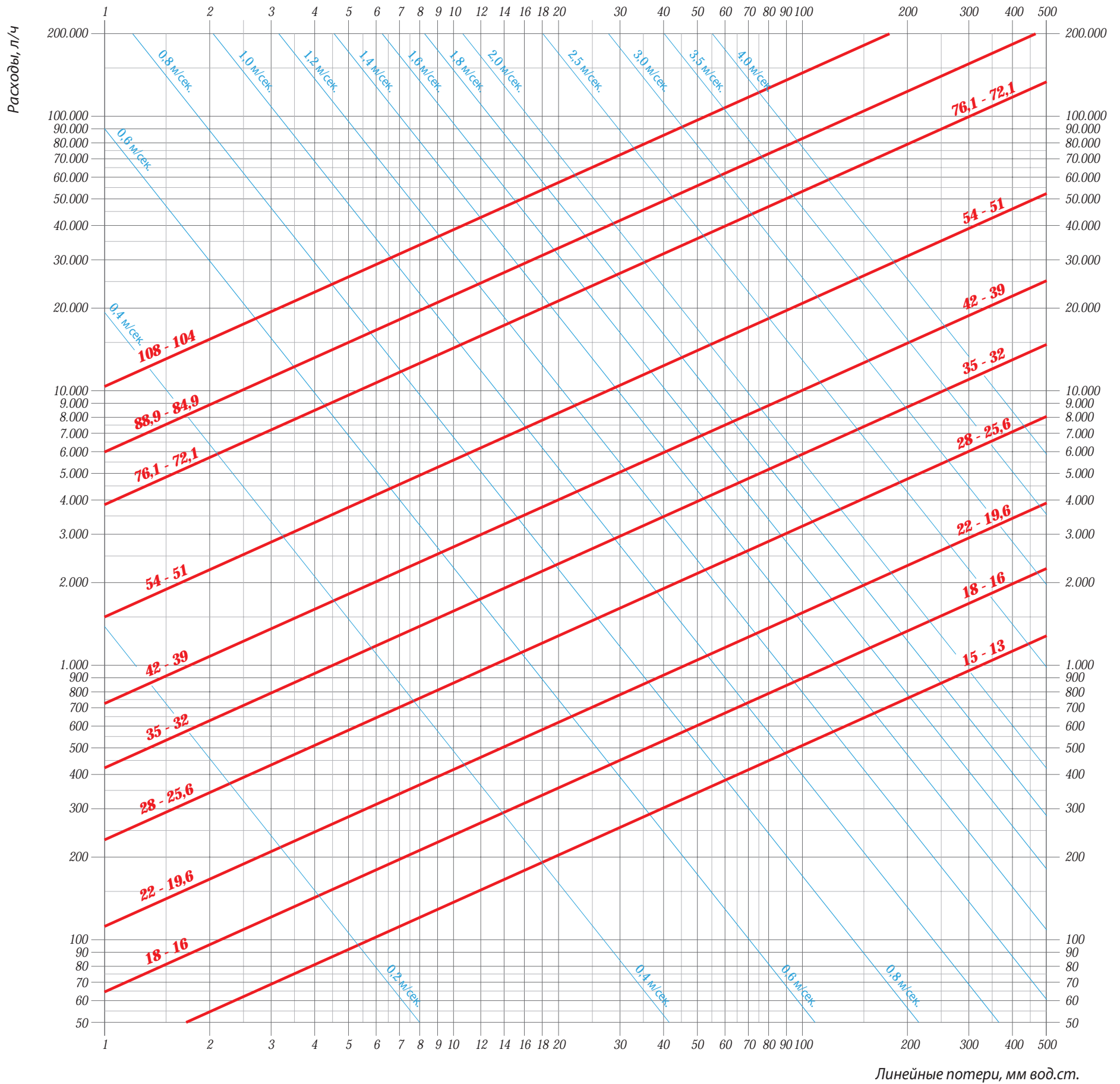
Температура воды = 50°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРЕССОВАННЫЕ

Температура воды = 80°C







## МЕДНЫЕ ТРУБЫ

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 10^{\circ}\text{C}$  20-1

Диаграмма “ “ “  $t = 10^{\circ}\text{C}$  20-2

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 50^{\circ}\text{C}$  20-3

Диаграмма “ “ “  $t = 50^{\circ}\text{C}$  20-4

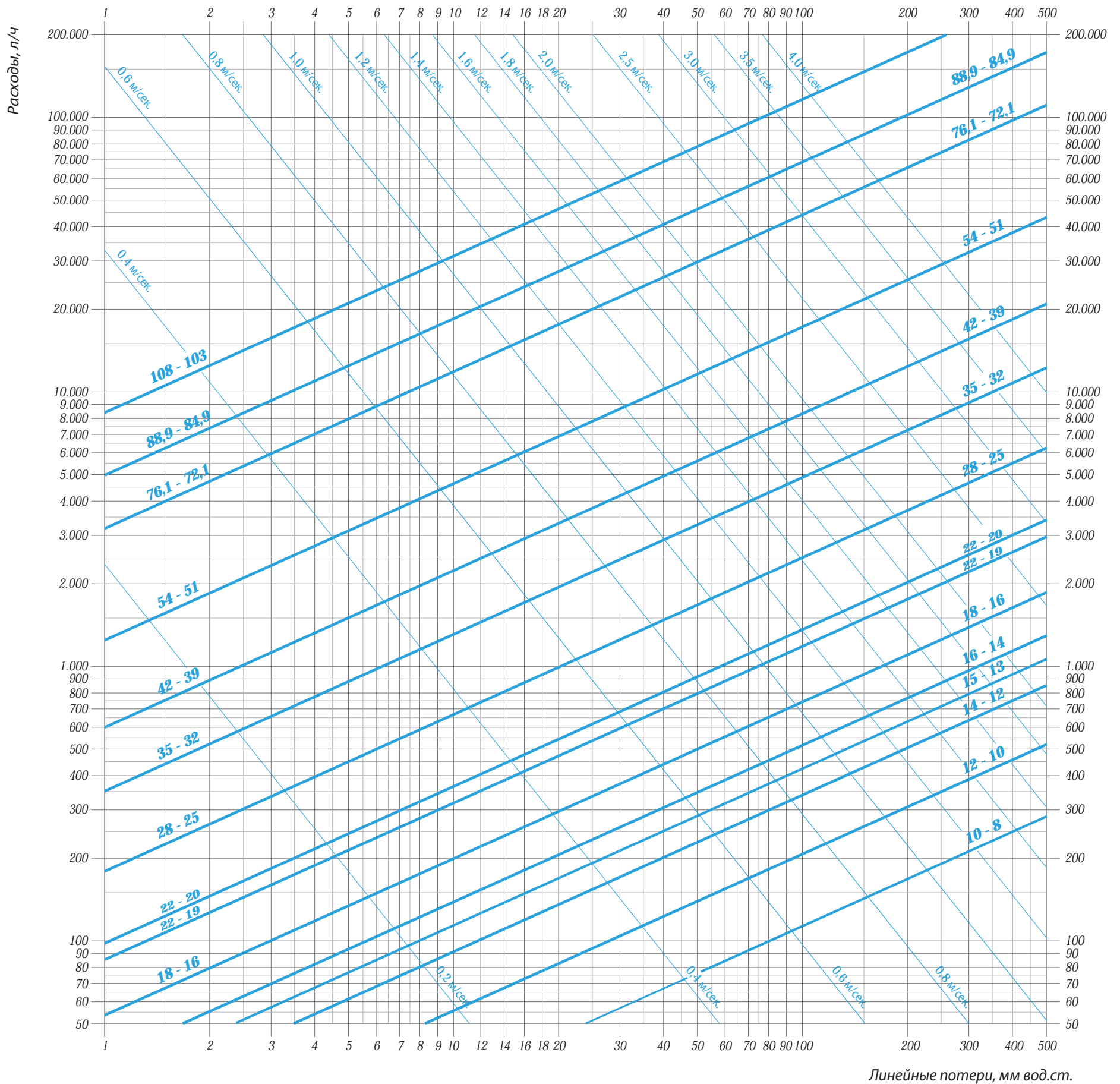
Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 80^{\circ}\text{C}$  20-5

Диаграмма “ “ “  $t = 80^{\circ}\text{C}$  20-6



Постоянное гидравлическое сопротивление  
МЕДНЫЕ ТРУБЫ

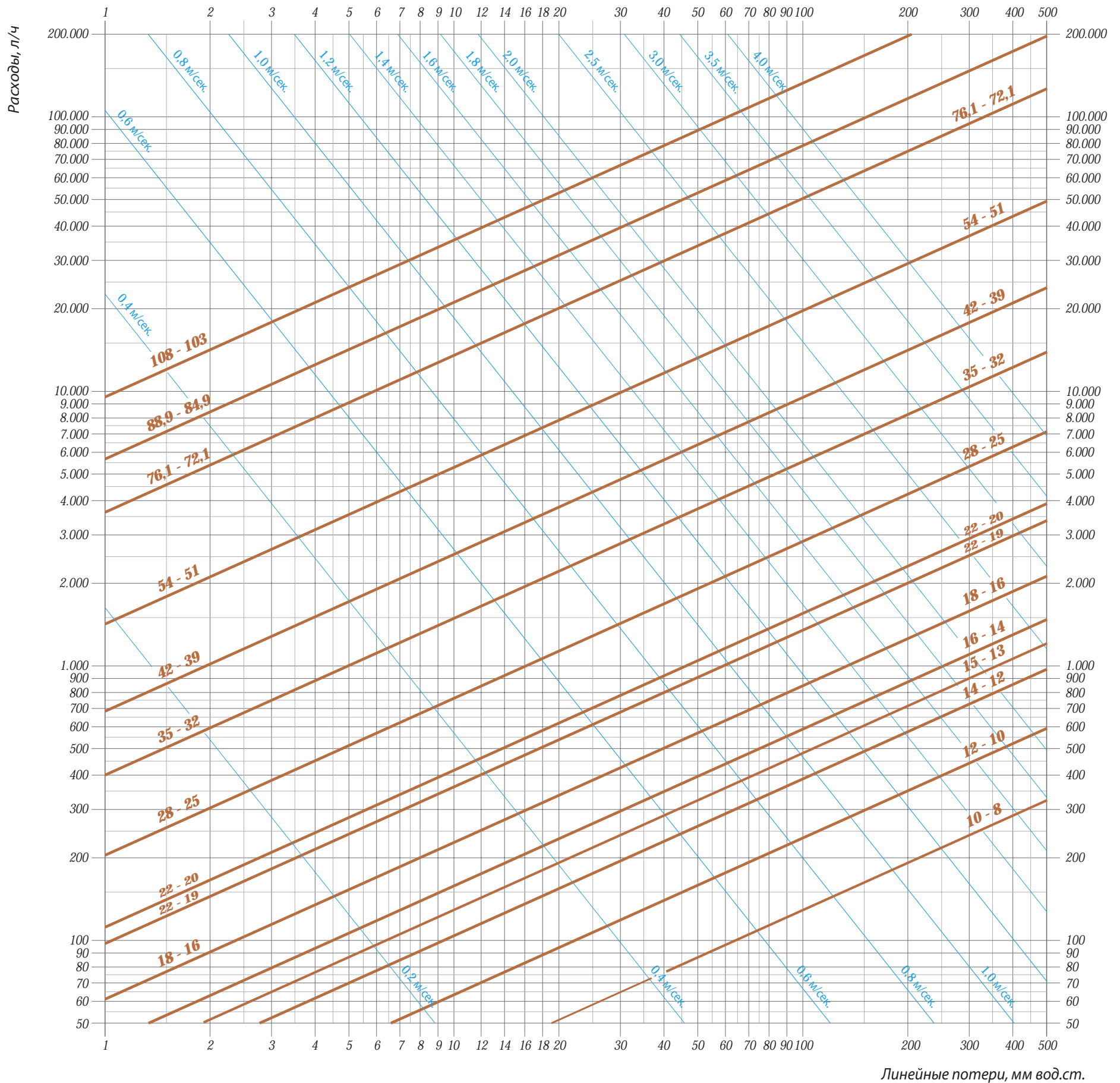
Температура воды = 10°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
МЕДНЫЕ ТРУБЫ

Температура воды = 50°C

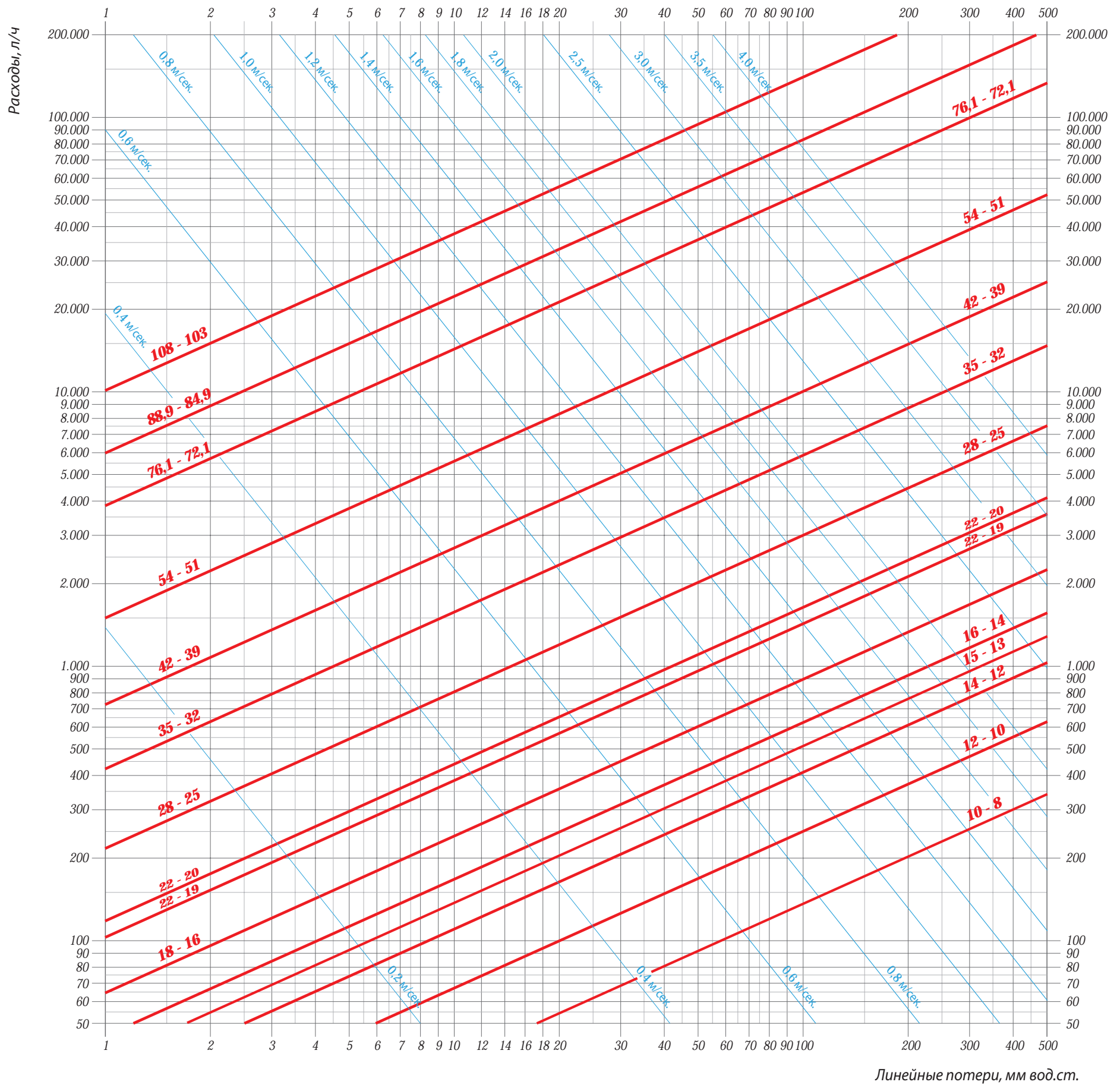


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
МЕДНЫЕ ТРУБЫ

Температура воды = 80°C







## МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 10^{\circ}\text{C}$  [22-1](#)

Диаграмма “ “ “  $t = 10^{\circ}\text{C}$  [22-2](#)

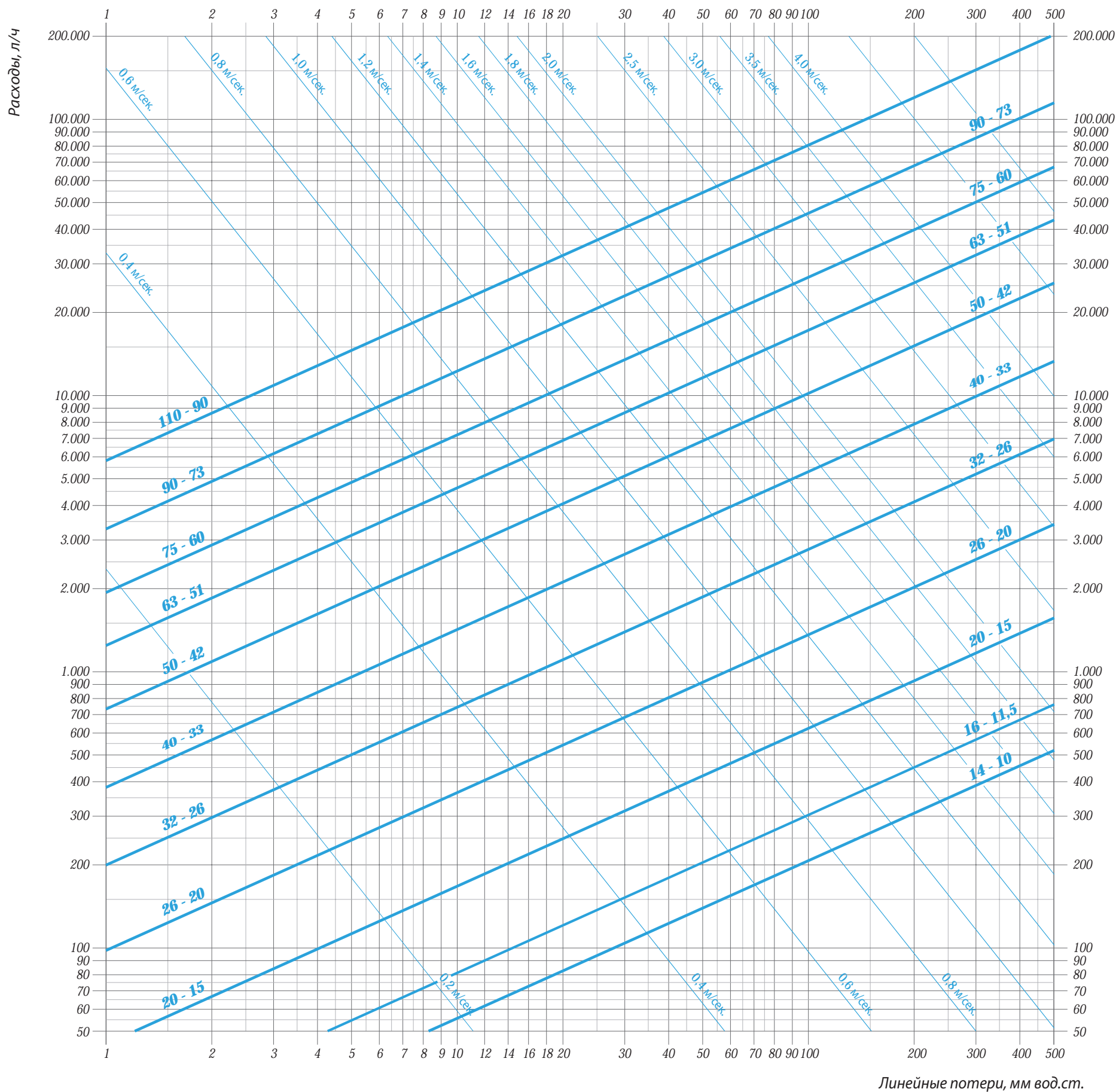
Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 50^{\circ}\text{C}$  [22-3](#)

Диаграмма “ “ “  $t = 50^{\circ}\text{C}$  [22-4](#)

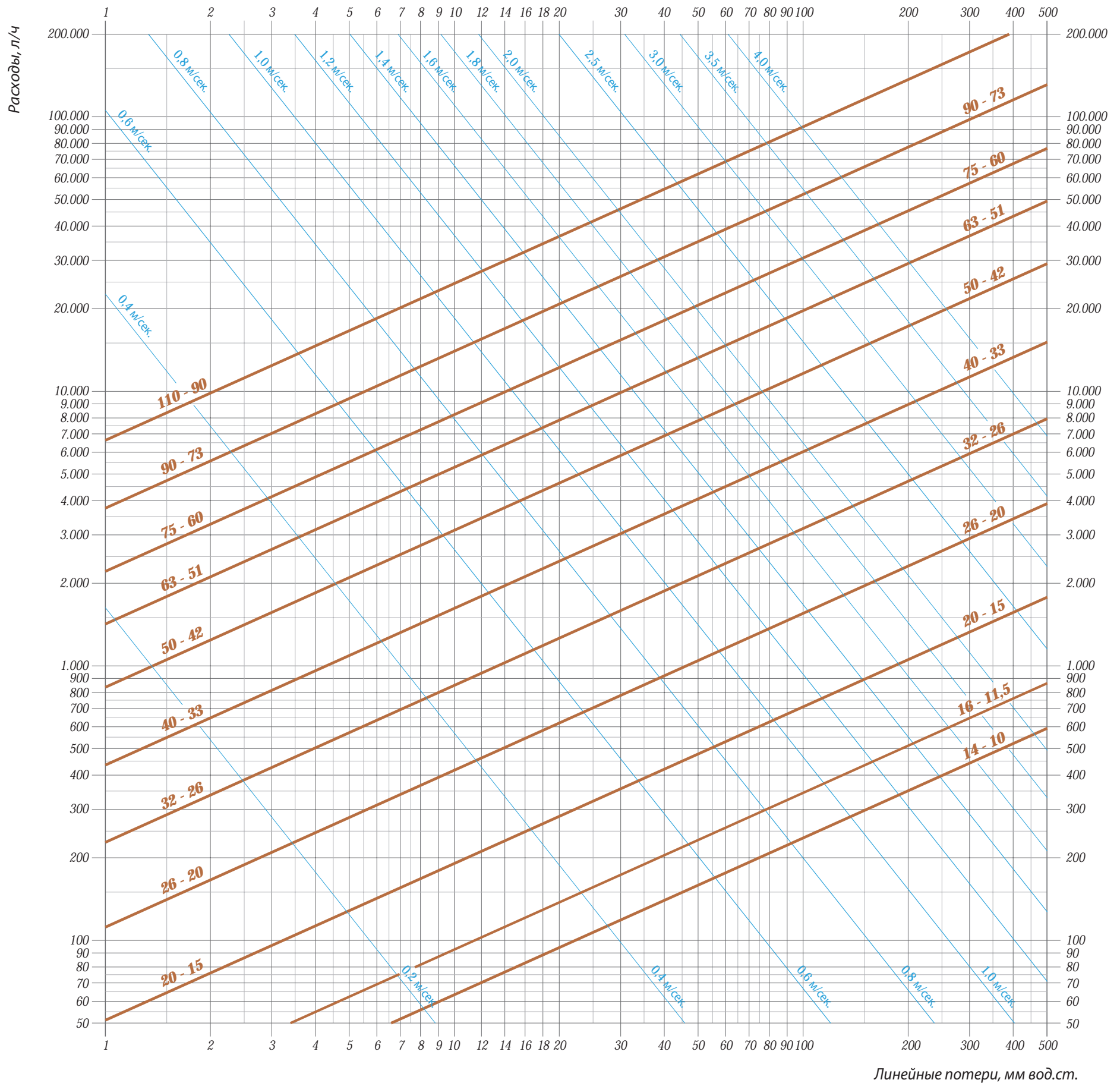
Таблица *постоянное гидравлическое сопротивление*  $t = 80^{\circ}\text{C}$  [22-5](#)

Диаграмма “ “ “  $t = 80^{\circ}\text{C}$  [22-6](#)





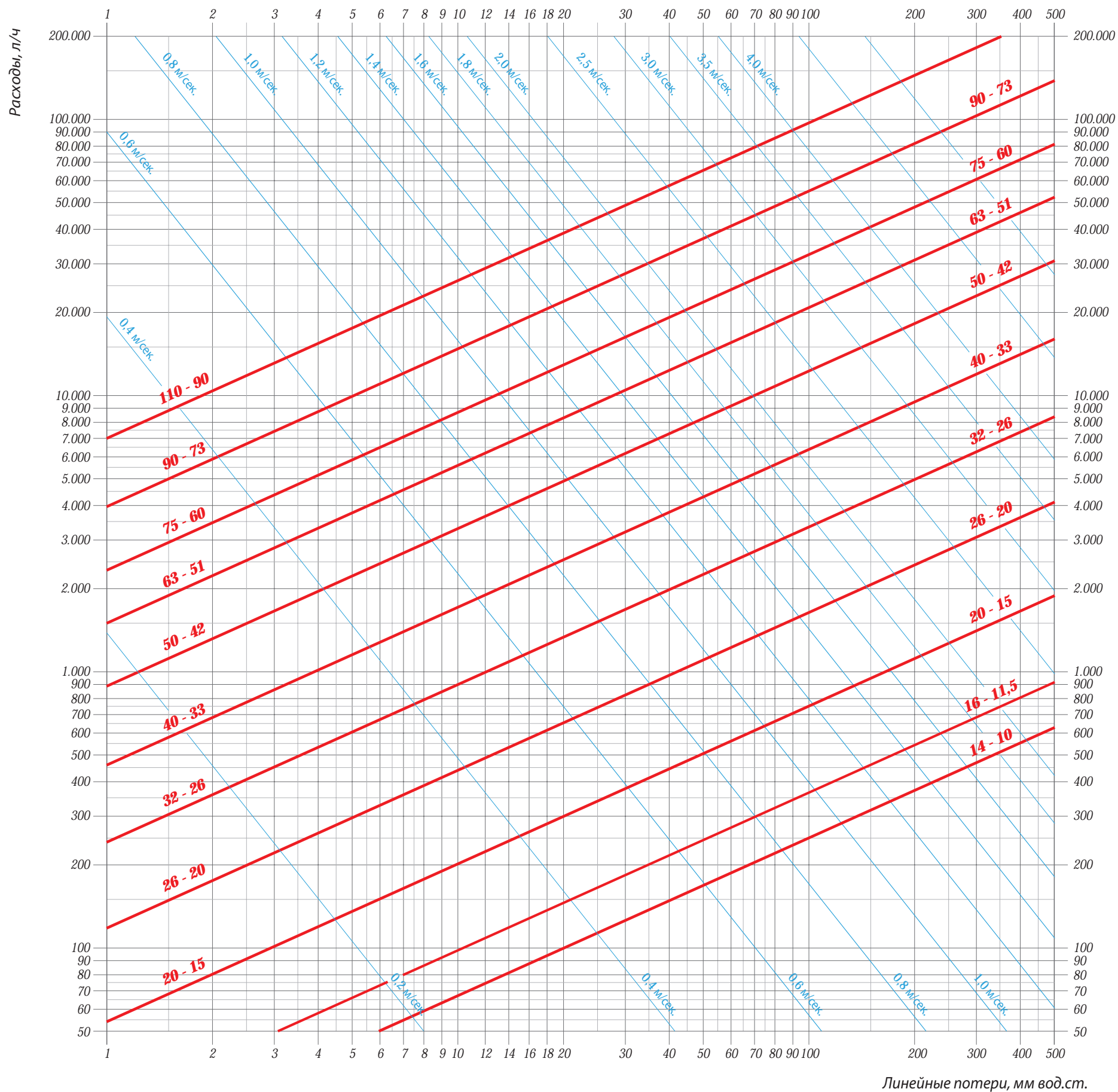






Постоянное гидравлическое сопротивление  
МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ

Температура воды = 80°C



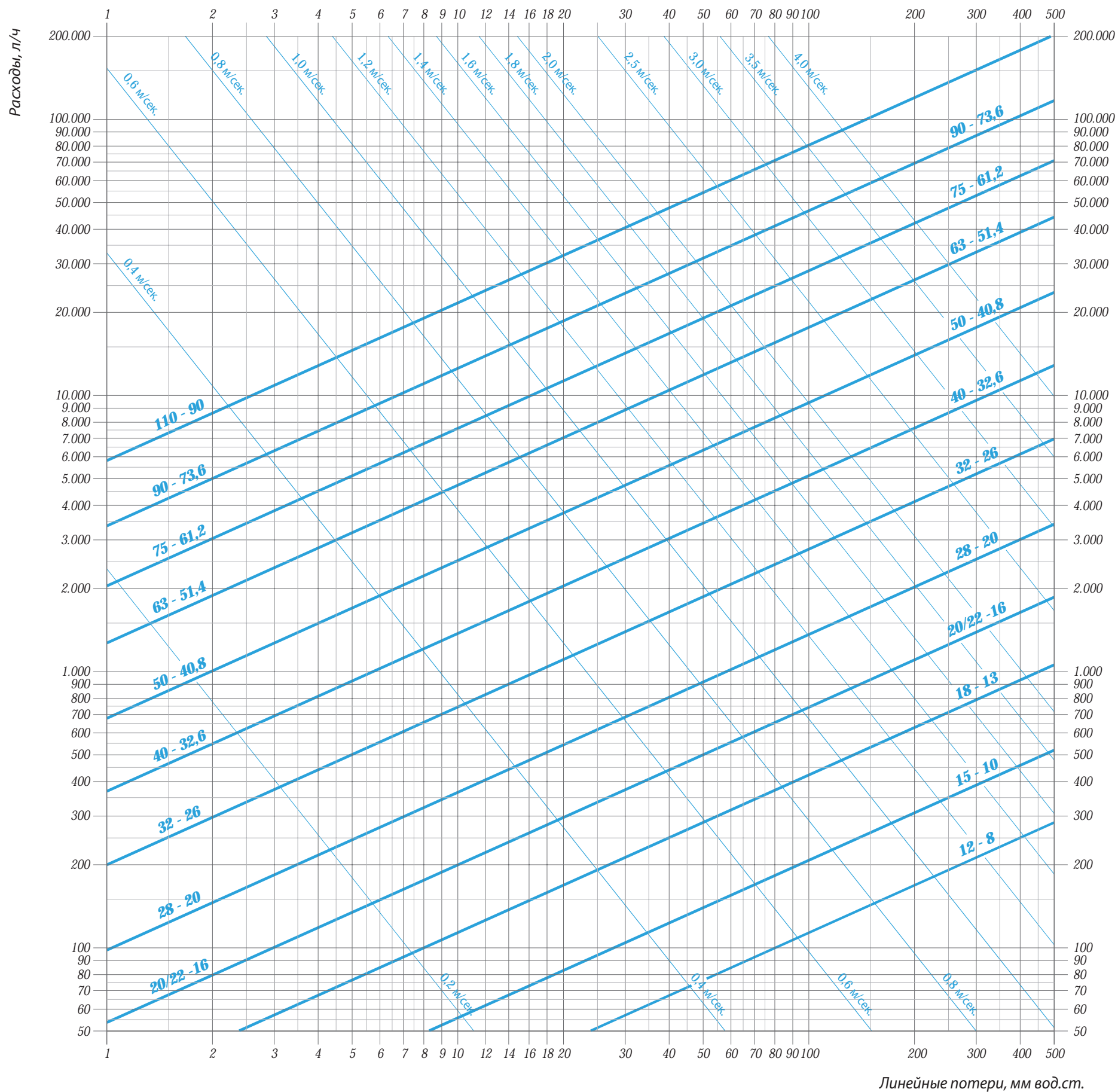




## ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	30-1
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	30-2
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	30-3
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	30-4
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	30-5
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	30-6



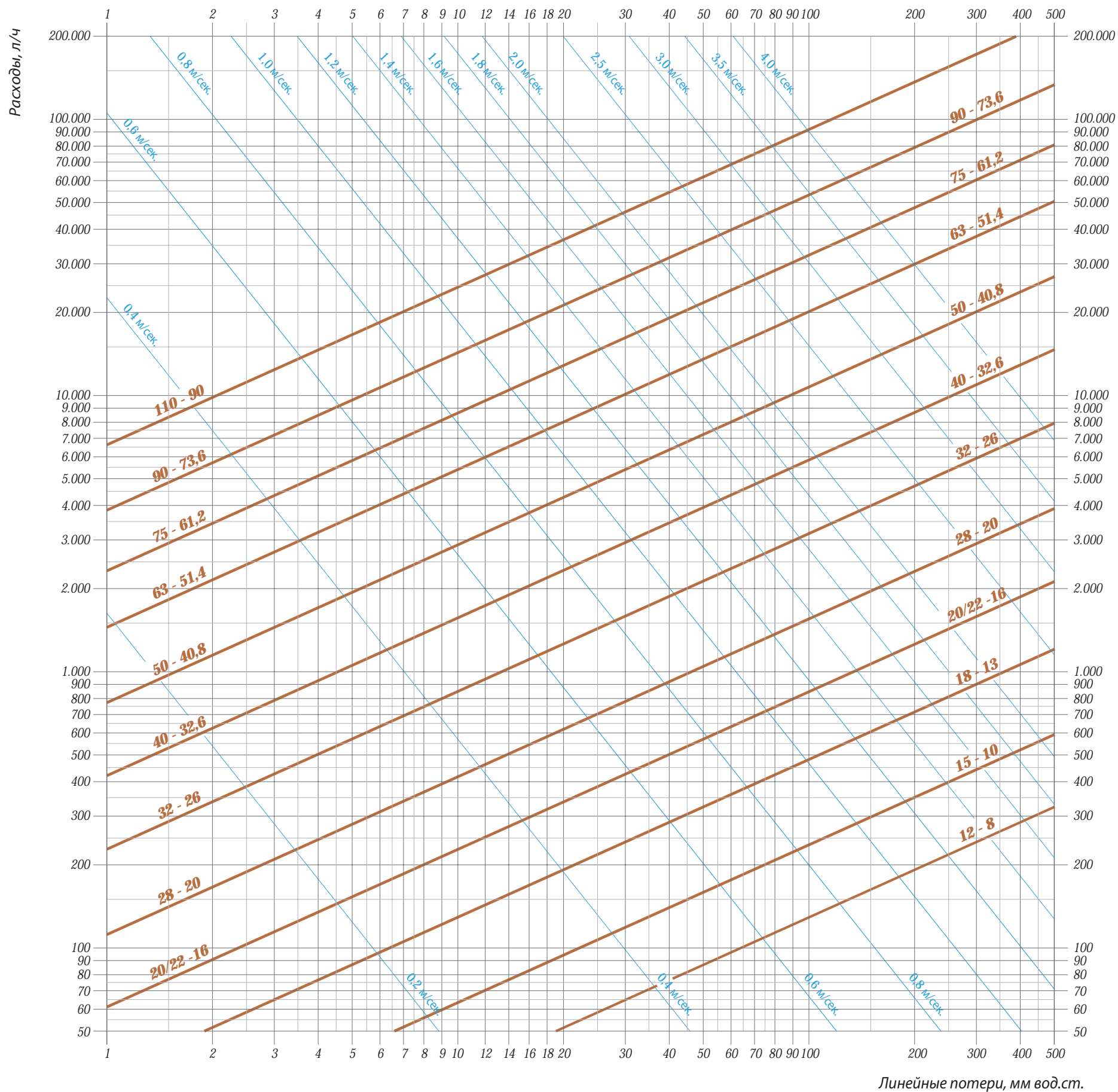


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

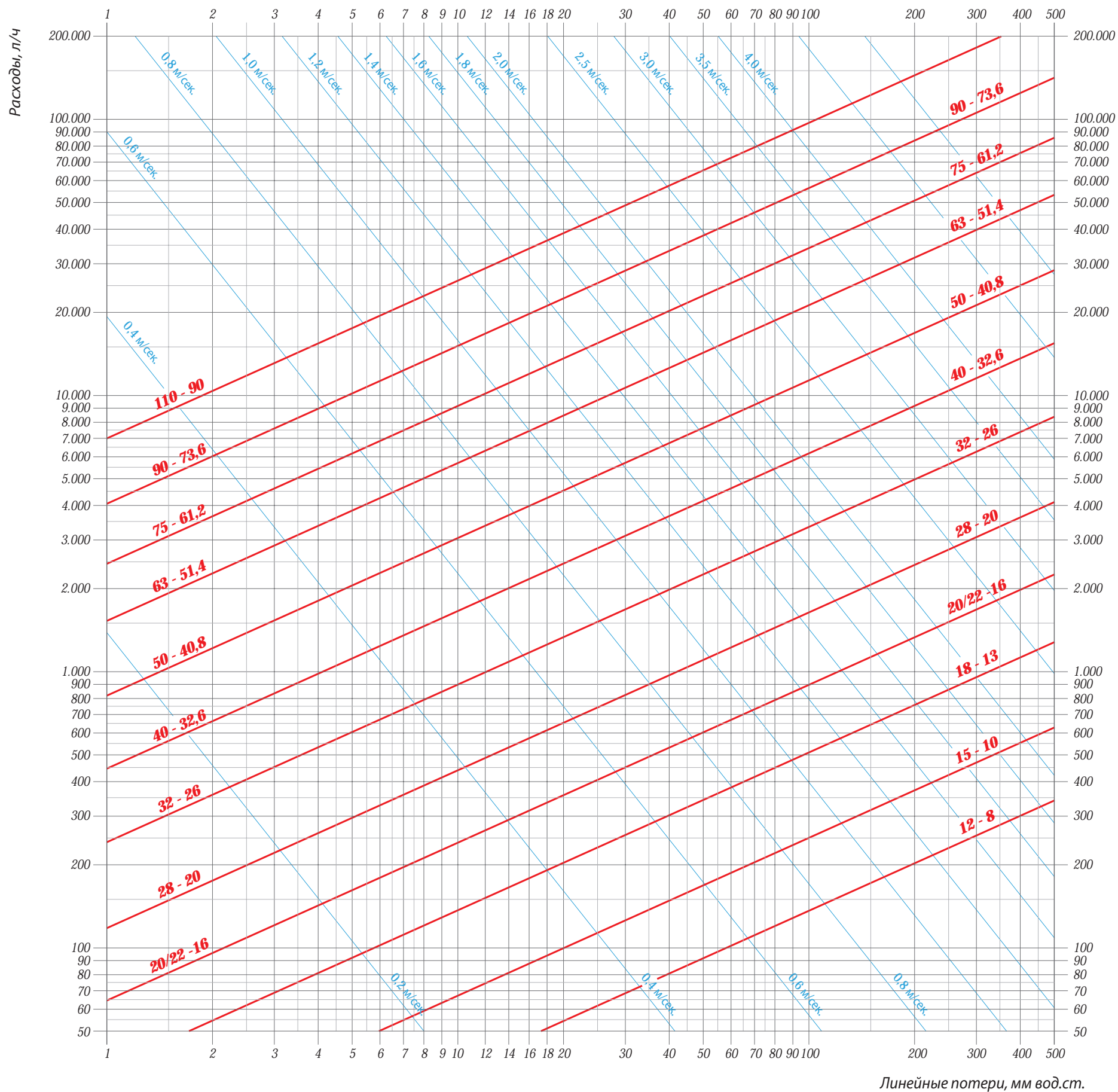
Температура воды = 50°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Температура воды = 80°C







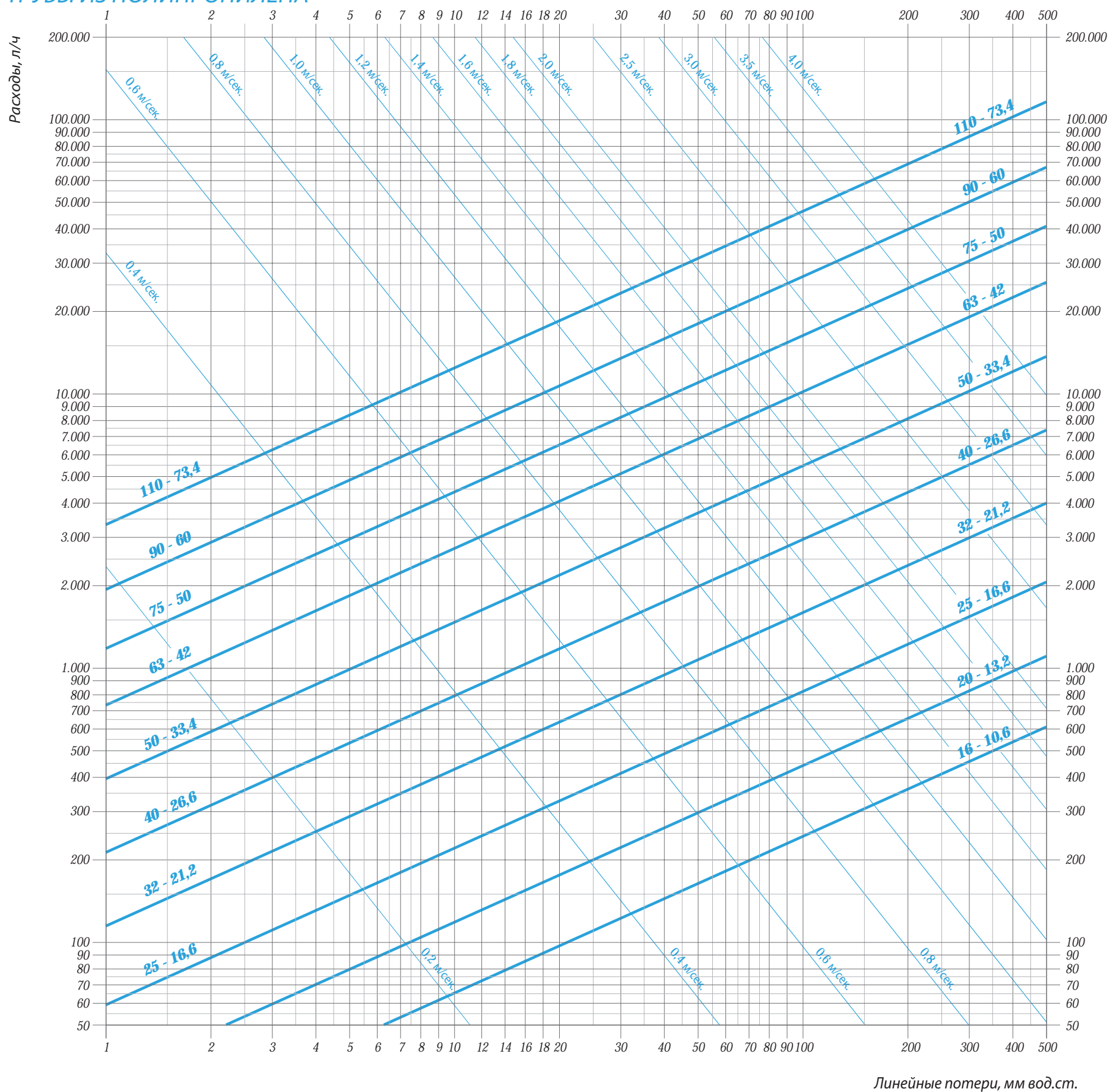
## ТРУБЫ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	32-1
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	32-2
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 50^{\circ}\text{C}$	32-3
Диаграмма	“ “ “	$t = 50^{\circ}\text{C}$	32-4
Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 80^{\circ}\text{C}$	32-5
Диаграмма	“ “ “	$t = 80^{\circ}\text{C}$	32-6



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Температура воды = 10°C

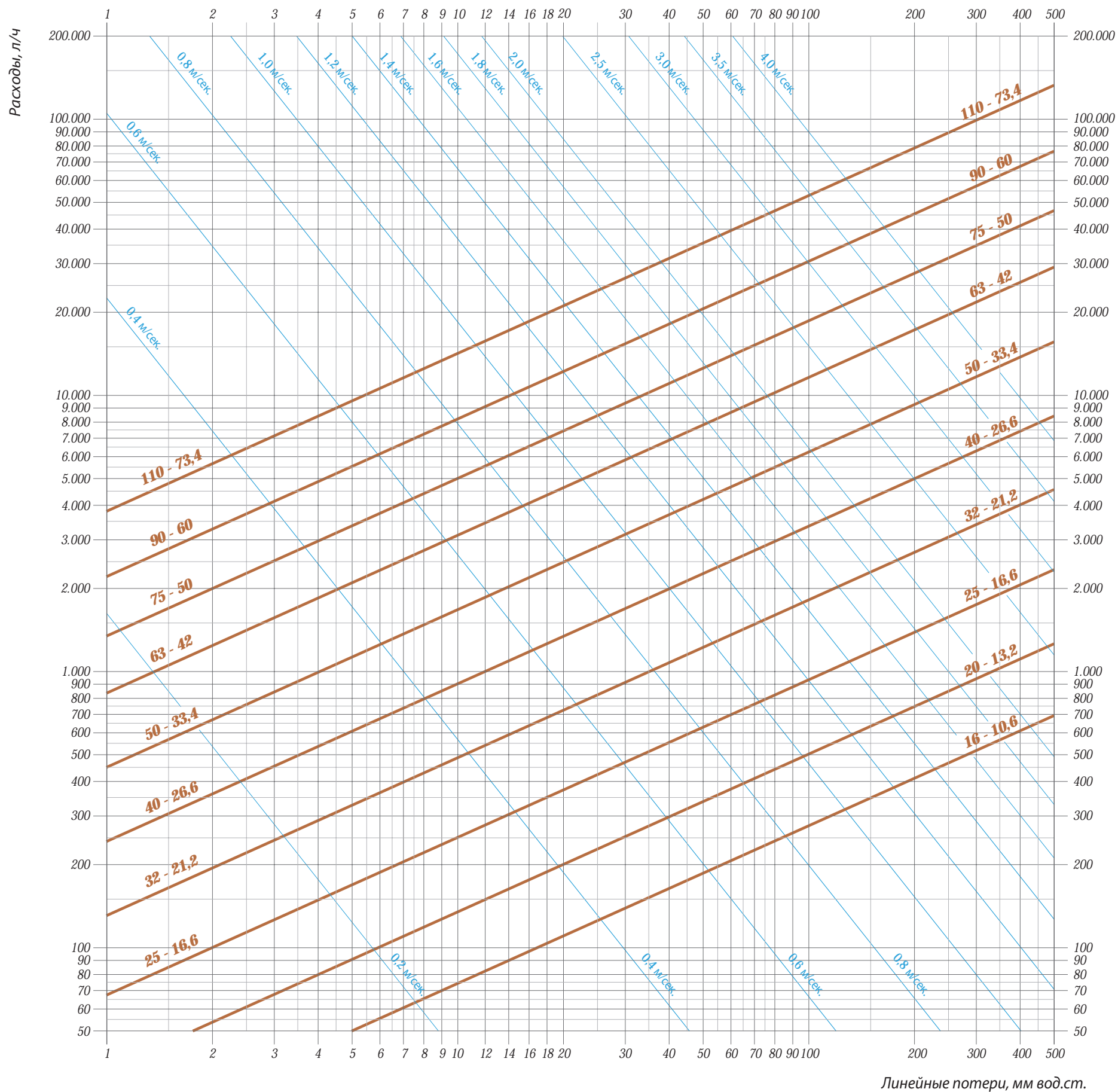


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

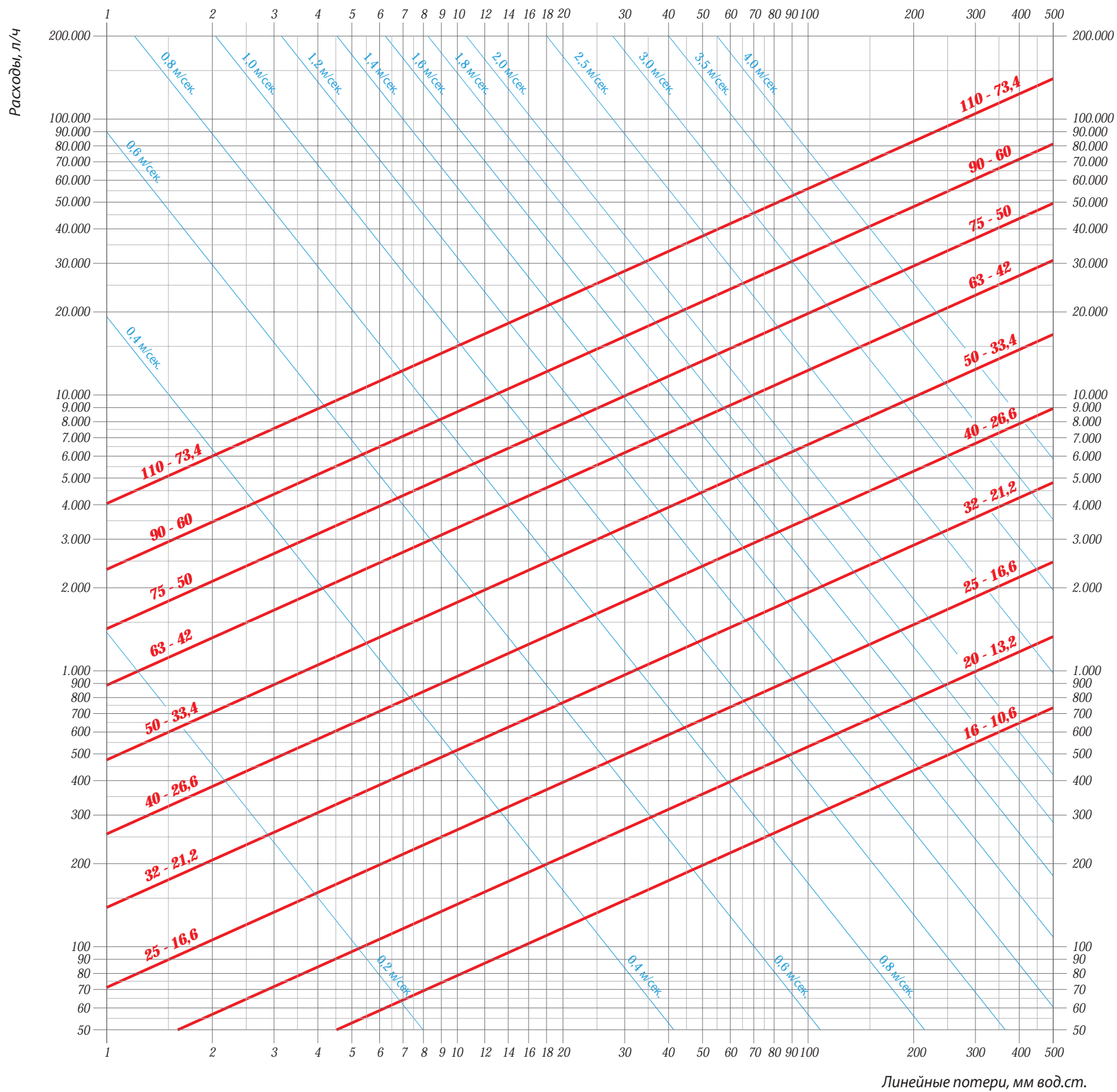
Температура воды = 50°C





Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Температура воды = 80°C







### ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 - PN12,5

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">34-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">34-2</a>

### ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 - PN 20

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">36-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">36-2</a>

### ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 10

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">38-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">38-2</a>

### ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 16

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">40-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">40-2</a>

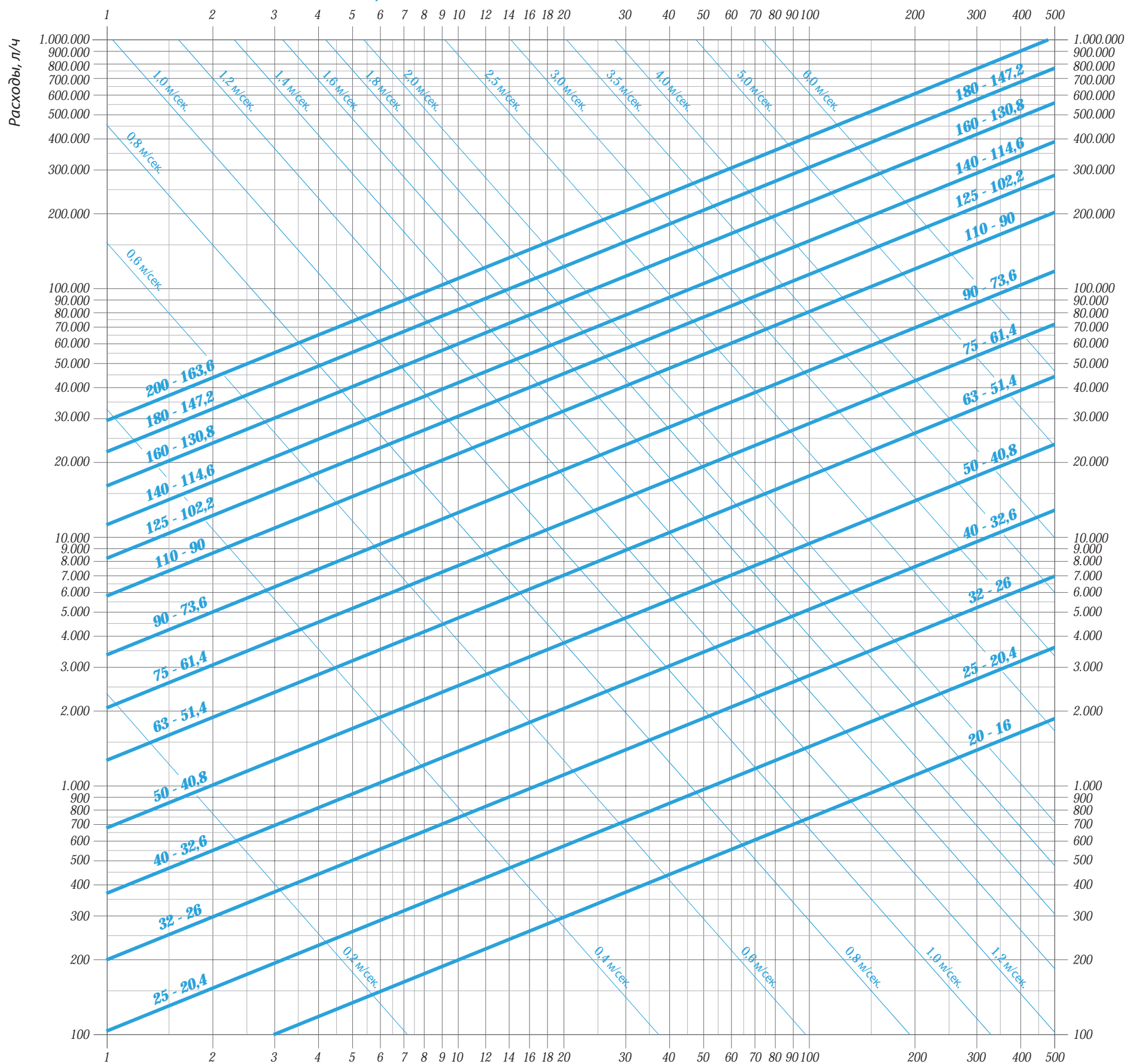
### ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 25

Таблица	постоянное гидравлическое сопротивление	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">42-1</a>
Диаграмма	“ “ “	$t = 10^{\circ}\text{C}$	<a href="#">42-2</a>



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 - PN12,5

Температура воды = 10°C

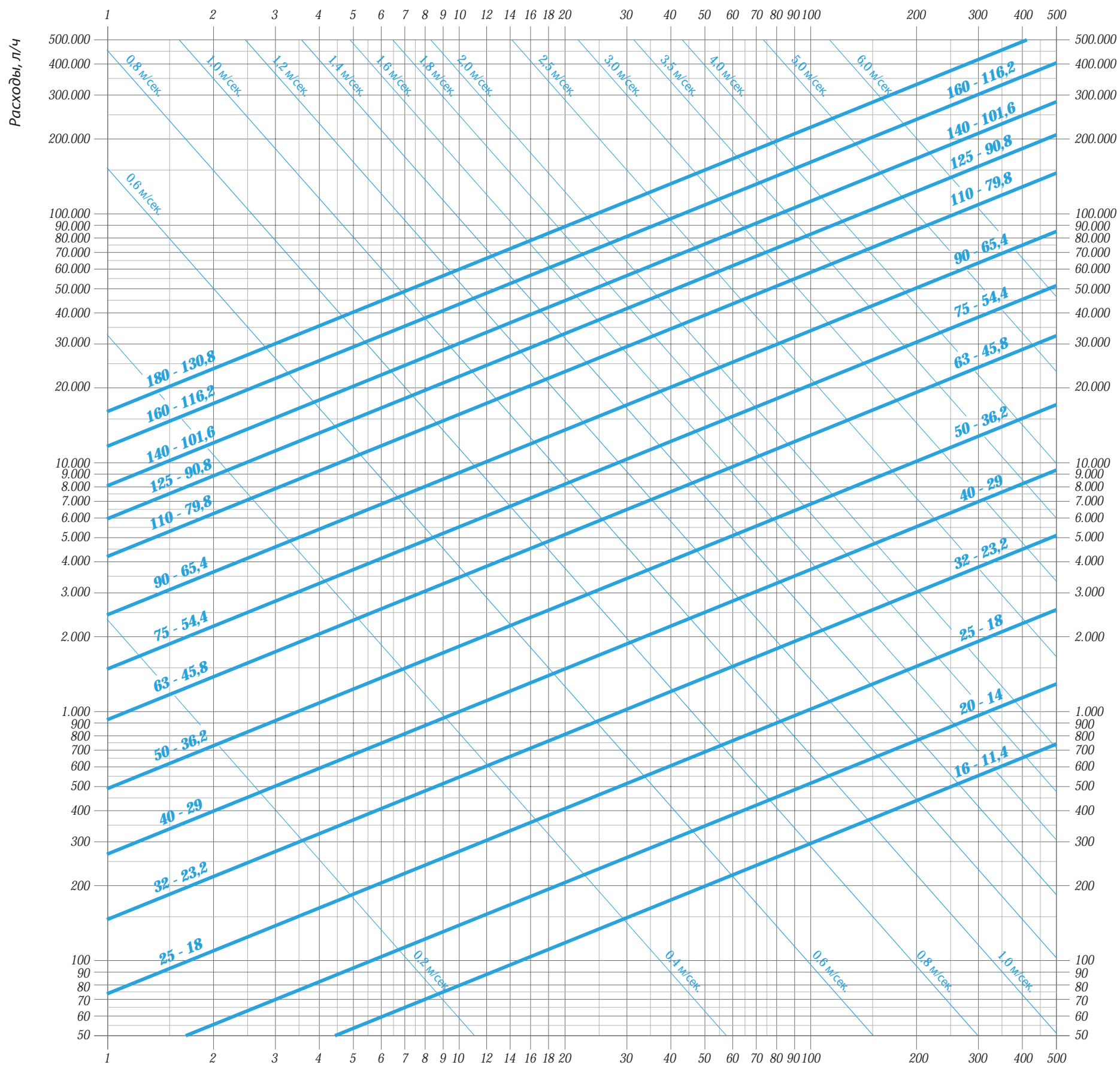


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 80 — PN 20

Температура воды = 10°C

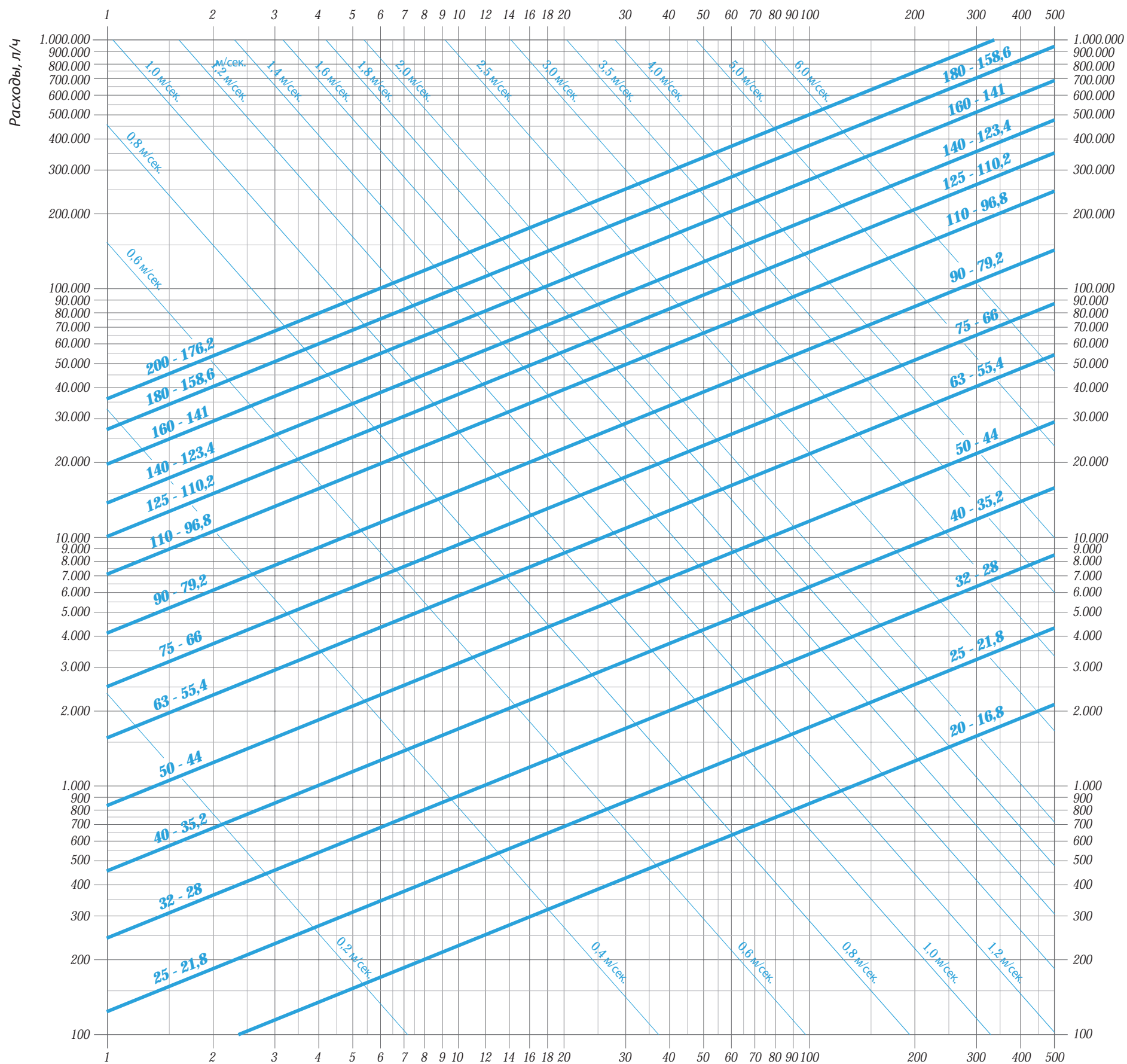


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 10

Температура воды = 10°C



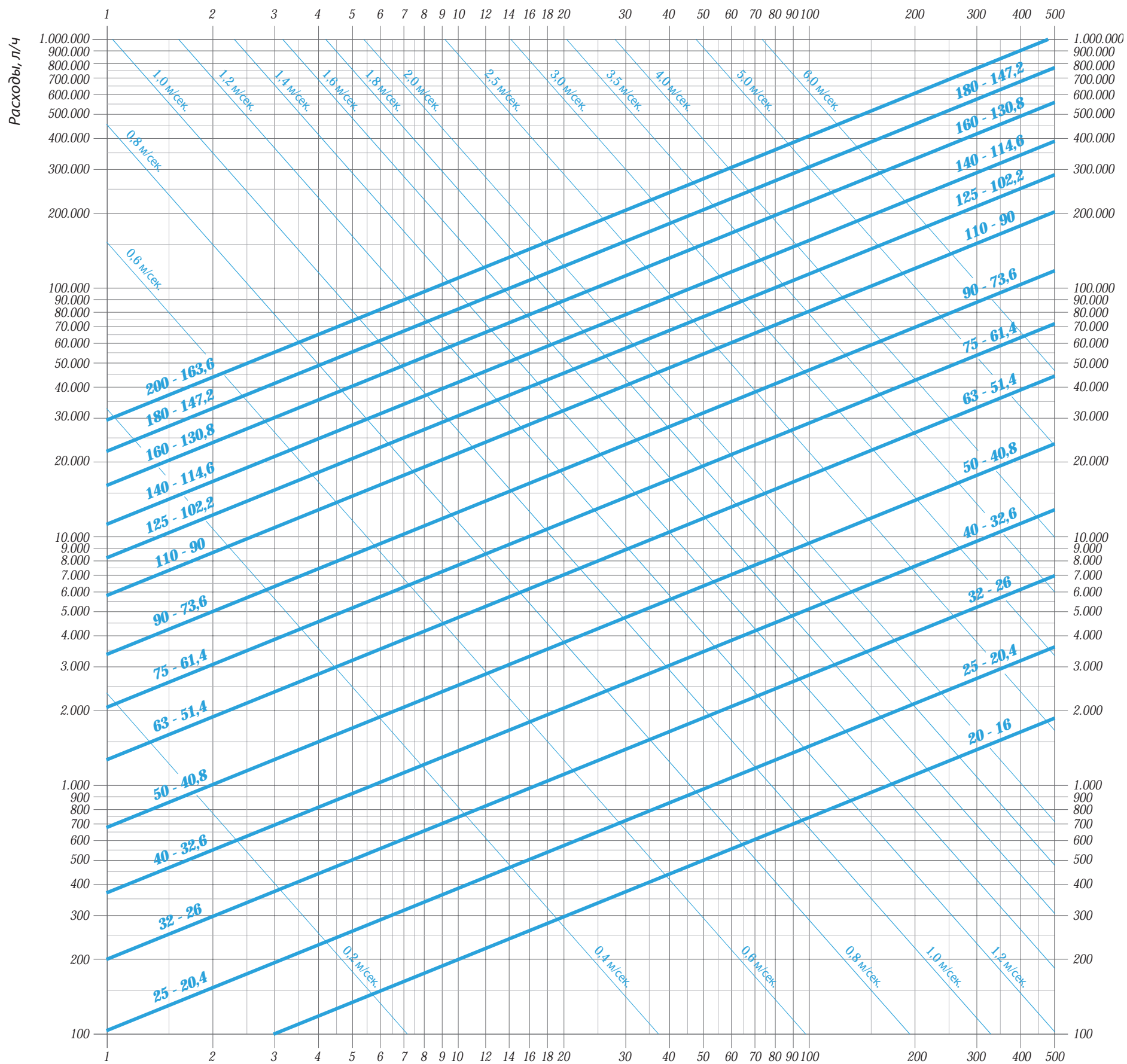
Линейные потери, мм вод.ст.





Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 16

Температура воды = 10°C

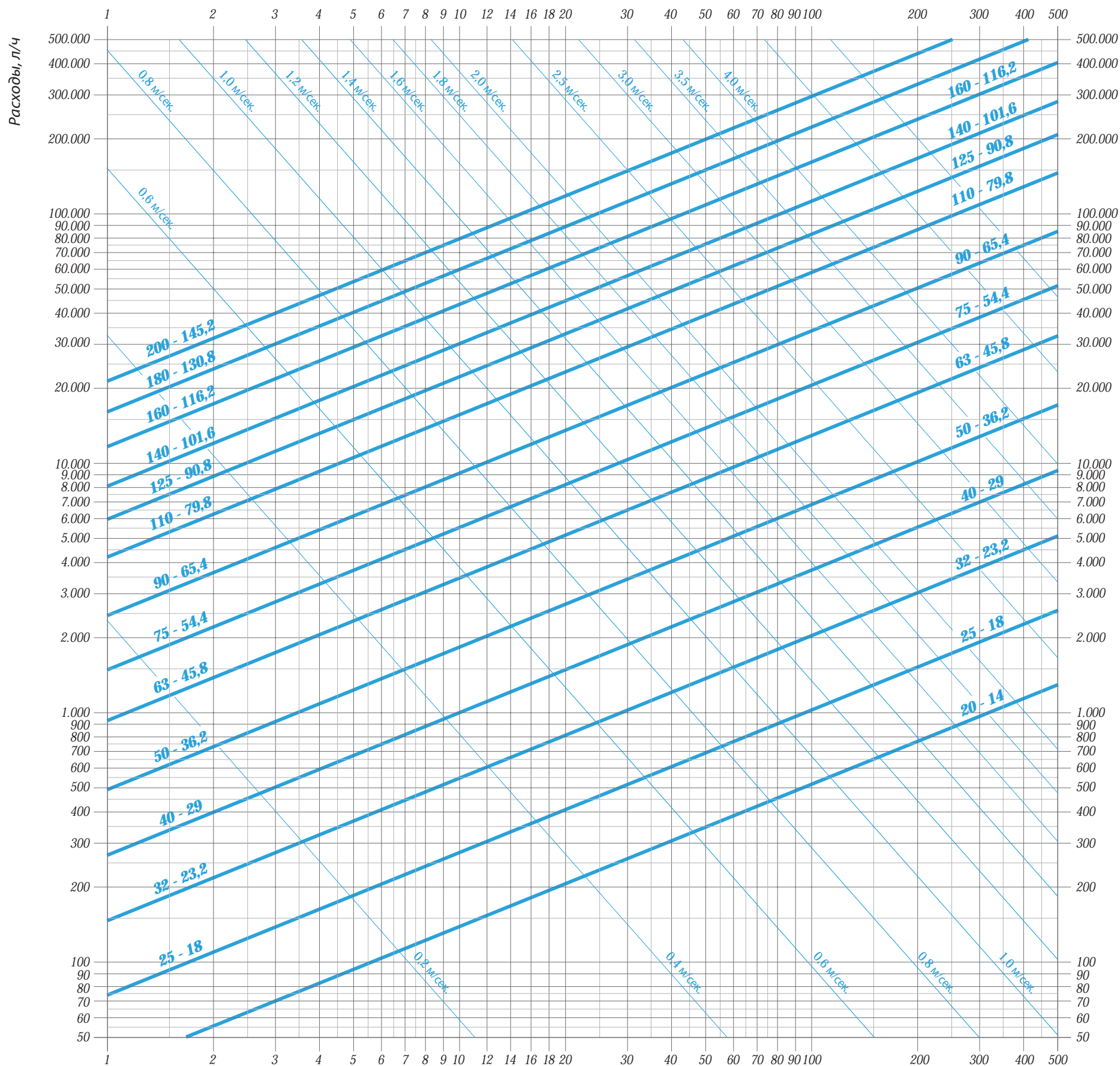


Линейные потери, мм вод.ст.



Постоянное гидравлическое сопротивление  
ТРУБЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА 100 - PN 25

Температура воды = 10°C



Линейные потери, мм вод.ст.



## ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

*Смеси антифриз вода этиленгликоль*

44-1

*Трубопроводы с отложениями накипи и коррозией*

44-2

## Поправочные коэффициенты для смесей антифриз вода — этиленгликоль

объемная концентрация этиленгликоля	температура защиты, °C	Трубы с низкой шероховатостью (медные трубы, трубы из нержавеющей стали и пластмассы)	Трубы со средней шероховатостью (стальные трубы, трубы из оцинкованной стали)
		поправочный коэффициент	поправочный коэффициент
15 %	- 5	1,08	1,06
20 %	- 8	1,11	1,08
25 %	- 12	1,15	1,10
30 %	- 15	1,19	1,12
35 %	- 20	1,23	1,14
40 %	- 25	1,26	1,16
45 %	- 30	1,30	1,18

$$r_a = r \cdot f$$

$r_a$  = погонное сопротивление смеси антифриза, мм вод.ст./м  
 $r$  = погонное сопротивление воды, мм вод.ст./м  
 $f$  = поправочный коэффициент, безразмерный

## Поправочные коэффициенты для трубопроводов с отложением накипи и коррозии

диаметр, мм	<i>k</i> = 0,2 мм (для отложений накипи или легкой коррозии)			<i>k</i> = 0,5 мм (для отложений накипи или средней коррозии)			<i>k</i> = 1,0 мм (для отложений накипи или сильной коррозии)		
	скорость, м/сек.			скорость, м/сек.			скорость, м/сек.		
	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
$d \leq 40$	1,18	1,20	1,26	1,35	1,45	1,60	1,70	1,90	2,00
$40 < d \leq 60$	1,18	1,20	1,26	1,35	1,45	1,60	1,70	1,80	2,00
$60 < d \leq 80$	1,18	1,20	1,24	1,35	1,45	1,60	1,65	1,80	1,95
$80 < d \leq 100$	1,18	1,20	1,24	1,35	1,40	1,55	1,60	1,75	1,90
$100 < d \leq 200$	1,18	1,19	1,24	1,30	1,40	1,50	1,55	1,70	1,90
$200 < d \leq 300$	1,18	1,19	1,24	1,30	1,40	1,45	1,50	1,70	1,90
$300 < d \leq 400$	1,18	1,19	1,24	1,30	1,40	1,45	1,50	1,70	1,85

$$r_c = r \cdot f$$

$r_c$  = погонное сопротивление труб с отложением накипи или коррозии, мм вод.ст./м  
 $r$  = погонное сопротивление воды, мм вод.ст./м  
 $f$  = поправочный коэффициент, безразмерный





## КОЭФФИЦИЕНТЫ $\xi$

Локальное гидравлическое сопротивление - распределительные сети [46-1](#)

Локальное гидравлическое сопротивление - комплектующие системы [46-2](#)

## ЛОКАЛЬНОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Таблица для  $\Sigma\xi = 1 \div 15$   $t = 10^\circ\text{C}$   $v = 0,10 \div 1,00$  м/сек. [48-1a](#)

" "  $\Sigma\xi = 1 \div 15$   $t = 10^\circ\text{C}$   $v = 1,00 \div 4,00$  м/сек. [48-1b](#)

Таблица для  $\Sigma\xi = 1 \div 15$   $t = 80^\circ\text{C}$   $v = 0,10 \div 1,00$  м/сек. [48-2a](#)

" "  $\Sigma\xi = 1 \div 15$   $t = 80^\circ\text{C}$   $v = 1,00 \div 4,00$  м/сек. [48-2b](#)

# Значения коэффициента локального сопротивления $\xi$ (распределительные сети)

Внутренний диаметр стальных, медных и пластиковых труб		8 ÷ 16 мм	18 ÷ 28 мм	30 ÷ 54 мм	> 54 мм
Диаметр стальных труб		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Тип локального сопротивления	Символ				
Колено узкое под 90° <b>r/d = 1,5</b>		2,0	1,5	1,0	0,8
Колено обычное под 90° <b>r/d = 2,5</b>		1,5	1,0	0,5	0,4
Колено широкое под 90° <b>r/d &gt; 3,5</b>		1,0	0,5	0,3	0,3
U-образное колено узкое <b>r/d = 1,5</b>		2,5	2,0	1,5	1,0
U-образное колено обычное <b>r/d = 2,5</b>		2,0	1,5	0,8	0,5
U-образное колено широкое <b>r/d &gt; 3,5</b>		1,5	0,8	0,4	0,4
Расширение		1,0			
Сужение		0,5			
Отвод простой с угловым тройником		1,0			
Слияние простое с угловым тройником		1,0			
Отвод двойной с угловым тройником		3,0			
Слияние двойное с угловым тройником		3,0			
Отвод простой с наклонным углом (45°-60°)		0,5			
Слияние простое с наклонным углом (45°-60°)		0,5			
Отвод с коленами расходящимися		2,0			
Слияние с коленами сходящимися		2,0			

# Значения коэффициента локального сопротивления $\xi$ (комплектующие системы)

Внутренний диаметр стальных, медных и пластиковых труб	8 ÷ 16 мм	18 ÷ 28 мм	30 ÷ 54 мм	> 54 мм	
	Диаметр стальных труб				
	3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"	
Тип локального сопротивления	Символ				
Клапан-отсекатель прямой		10,0	8,0	7,0	6,0
Клапан-отсекатель наклонный		5,0	4,0	3,0	3,0
Задвижка с редуцированным проходом		1,2	1,0	0,8	0,6
Задвижка полнопроходная		0,2	0,2	0,1	0,1
Шаровой кран с редуцированным проходом		1,6	1,0	0,8	0,6
Шаровой кран полнопроходной		0,2	0,2	0,1	0,1
Дисковый поворотный затвор		3,5	2,0	1,5	1,0
Обратный клапан		3,0	2,0	1,0	1,0
Клапан для отопительного прибора прямого типа		8,5	7,0	6,0	—
Клапан для отопительного прибора углового типа		4,0	4,0	3,0	—
Прямой запорный клапан		1,5	1,5	1,0	—
Угловой запорный клапан		1,0	1,0	0,5	—
Четырехходовой клапан		6,0		4,0	
Трехходовой клапан		10,0		8,0	
Проход через радиатор		3,0			
Проход через напольный котел		3,0			

# Локальное гидравлическое сопротивление для $\Sigma\xi = 1 \div 15$ (температура воды = 10°C)

v = скорость, м/сек. $\Sigma\xi$ = сумма коэффициентов локального гидравлического сопротивления, безразмерная    z = локальное гидравлическое сопротивление, мм вод.ст.																		
v	$\Sigma\xi$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\Sigma\xi$	v
0,10	z	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	z	0,10
0,12	z	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3	8,1	8,8	9,5	10	11	z	0,12
0,14	z	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	z	0,14
0,16	z	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10	12	13	14	16	17	18	20	z	0,16
0,18	z	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	12	13	15	17	18	20	21	23	25	z	0,18
0,20	z	2,0	4,1	6,1	8,2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	29	31	z	0,20
0,22	z	2,5	4,9	7,4	9,9	12	15	17	20	22	25	27	30	32	35	37	z	0,22
0,24	z	2,9	5,9	8,8	12	15	18	21	23	26	29	32	35	38	41	44	z	0,24
0,26	z	3,4	6,9	10	14	17	21	24	28	31	34	38	41	45	48	52	z	0,26
0,28	z	4,0	8,0	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	z	0,28
0,30	z	4,6	9,2	14	18	23	28	32	37	41	46	50	55	60	64	69	z	0,30
0,32	z	5,2	10	16	21	26	31	37	42	47	52	57	63	68	73	78	z	0,32
0,34	z	5,9	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	77	82	88	z	0,34
0,36	z	6,6	13	20	26	33	40	46	53	59	66	73	79	86	92	99	z	0,36
0,38	z	7,4	15	22	29	37	44	52	59	66	74	81	88	96	103	110	z	0,38
0,40	z	8,2	16	24	33	41	49	57	65	73	82	90	98	106	114	122	z	0,40
0,42	z	9,0	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	z	0,42
0,44	z	9,9	20	30	39	49	59	69	79	89	99	109	118	128	138	148	z	0,44
0,46	z	11	22	32	43	54	65	75	86	97	108	119	129	140	151	162	z	0,46
0,48	z	12	23	35	47	59	70	82	94	106	117	129	141	153	164	176	z	0,48
0,50	z	13	25	38	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166	178	191	z	0,50
0,52	z	14	28	41	55	69	83	96	110	124	138	152	165	179	193	207	z	0,52
0,54	z	15	30	45	59	74	89	104	119	134	149	163	178	193	208	223	z	0,54
0,56	z	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	z	0,56
0,58	z	17	34	51	69	86	103	120	137	154	171	189	206	223	240	257	z	0,58
0,60	z	18	37	55	73	92	110	128	147	165	183	202	220	238	257	275	z	0,60
0,62	z	20	39	59	78	98	118	137	157	176	196	215	235	255	274	294	z	0,62
0,64	z	21	42	63	83	104	125	146	167	188	209	230	250	271	292	313	z	0,64
0,66	z	22	44	67	89	111	133	155	178	200	222	244	266	289	311	333	z	0,66
0,68	z	24	47	71	94	118	141	165	188	212	236	259	283	306	330	353	z	0,68
0,70	z	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	z	0,70
0,72	z	26	53	79	106	132	158	185	211	238	264	291	317	343	370	396	z	0,72
0,74	z	28	56	84	112	140	167	195	223	251	279	307	335	363	391	419	z	0,74
0,76	z	29	59	88	118	147	177	206	235	265	294	324	353	383	412	441	z	0,76
0,78	z	31	62	93	124	155	186	217	248	279	310	341	372	403	434	465	z	0,78
0,80	z	33	65	98	130	163	196	228	261	293	326	359	391	424	457	489	z	0,80
0,82	z	34	69	103	137	171	206	240	274	308	343	377	411	445	480	514	z	0,82
0,84	z	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	395	431	467	503	539	z	0,84
0,86	z	38	75	113	151	188	226	264	301	339	377	415	452	490	528	565	z	0,86
0,88	z	39	79	118	158	197	237	276	316	355	395	434	473	513	552	592	z	0,88
0,90	z	41	83	124	165	206	248	289	330	371	413	454	495	537	578	619	z	0,90
0,92	z	43	86	129	173	216	259	302	345	388	431	474	518	561	604	647	z	0,92
0,94	z	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450	495	540	585	630	675	z	0,94
0,96	z	47	94	141	188	235	282	329	376	423	470	517	564	610	657	704	z	0,96
0,98	z	49	98	147	196	245	294	343	391	440	489	538	587	636	685	734	z	0,98
1,00	z	51	102	153	204	255	306	357	408	459	510	560	611	662	713	764	z	1,00







