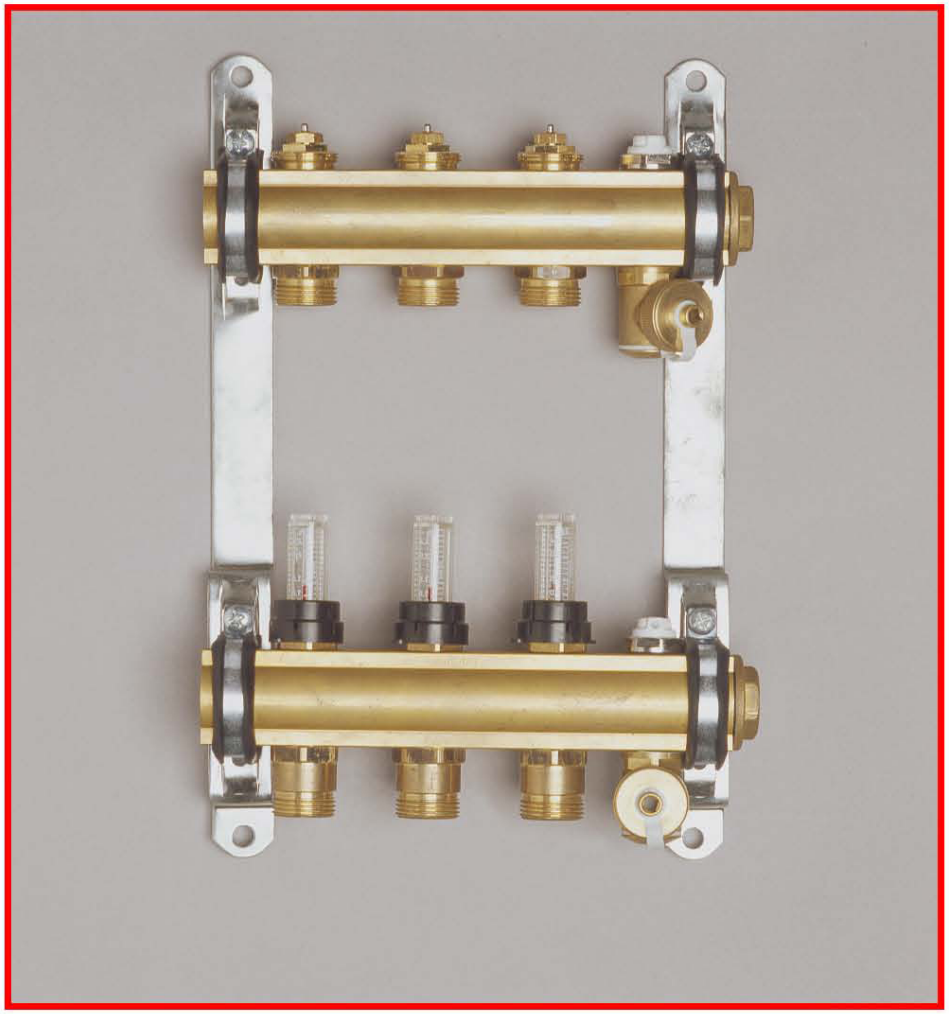
РУКОВОДСТВО ПО НАПОЛЬНОМУ ОТОПЛЕНИЮ

Расчет напольного отопления на основе системных элементов компании ГЕРЦ Арматурен



Herz®

Оглавление

Предисловие	1
Расчет напольного отопления	2
Расчет чистой отопительной нагрузки	2
Определение удельной отопительной нагрузки	2
Определение параметров базового помещения	3
Расчет начальной температуры теплоносителя	5
Определение перепада температур в оставшихся контурах	6
Краевые зоны	8
Дополнительные источники отопления	10
Расчет расхода теплоносителя	10
Расчет длины трубы	11
Расчет потери давления в трубопроводах	12
Основы расчета трубопровода	12
Потеря давления для прямого участка трубы	12
Местные сопротивления	13
Суммарная потеря давления	13
Приложения	15

Предисловие

Ключом к безупречному функционированию напольного отопления, как и любого другого вида отопления, является его проектирование и монтаж согласно действующим правилам и нормам. Только таким образом, на ряду с обеспечением комфортного микроклимата в помещениях, можно добиться низких издержек. Определение параметров напольного отопления осуществляется, например, согласно ÖNORM EN 1264, а расчет отопительной нагрузки, например, согласно ÖNORM M 7500. Основанием для расчета служит отопительная нагрузка – это мощность необходимая для отопления базового помещения. Она зависит от положения помещения, использованных строительных материалов, изоляции дома, количества окон и других факторов. Если отопительная нагрузка известна, то расчет напольного отопления может быть сделан относительно простым способом.

При расчете необходимо следить за тем, чтобы не были превышены заложенные в ÖNORM EN 1264 физиологически допустимые температуры пола. Температура поверхности отапливаемого пола свыше 25°C в течении длительного времени воспринимается большинством людей не только как дискомфортная, но это даже может привести к заболеваниям. Так как максимальная температура пола необходима лишь несколько дней в году, в жилых и подобных им помещениях допустимым являются 29 °C. В зонах, не предназначенных для длительного пребывания, например, в краевых зонах, допускаются 35 °C. Эти значения определены в EN 1264 через максимально допустимые температуры перегрева поверхности пола по отношению к температуре воздуха в помещении: для зон постоянного пребывания – 9 K, для краевых зон – 15 K.

Температуры полов (внутренняя температура воздуха + максимально допустимая температура перегрева) принимаются согласно следующим значениям:

Жилые и офисные помещения, основная греющая поверхность	**29 °C**
Краевые зоны	**35 °C**
Ванные комнаты, закрытые бассейны,	
кратковременно используемые помещения	**35 °C**
Рабочие места с постоянной работой на ногах	**27 °C**

Если требуемая отопительная нагрузка не может быть достигнута даже с использованием краевых зон, то необходимо оборудовать дополнительное отопление. Соответствующей изоляцией под уложенными трубами нужно добиваться того, чтобы передача тепла вниз была менее 25 % от общей тепловой мощности, но при этом менее 20 Вт/м^2.

Расчет напольного отопления

Отправной точкой расчета является отопительная нагрузка P_N (согласно ÖNORM M 7500, DIN 4701, или EN 12831).

Чтобы процесс расчета был наглядным, рекомендуем использовать приложенные к этому руководству диаграммы расчета.

Расчет чистой отопительной нагрузки

При напольном отоплении потеря тепла через пол может быть вычтена из общей потери тепла помещением (из отопительной нагрузки).

$$P_{NB} = P_N - P_{FB} \text{ Вт}$$

где:

P_{NB} чистая отопительная нагрузка, Вт:

P_N нормативная отопительная нагрузка, Вт

P_{FB} потеря тепла через пол, Вт

Пример:

Нормативная отопительная нагрузка базового помещения: **P_N** = 1000 Вт

Потеря тепла через пол: **P_{FB}** = 150 Вт

Чистая отопительная нагрузка:

$$P_{NB} = 1000 - 150 = 850 \text{ Вт}$$

Определение удельной отопительной нагрузки:

Из чистой отопительной нагрузки и имеющейся обогреваемой площади (базовая площадь помещения за вычетом заставленных мест) рассчитывается удельная отопительная нагрузка.

$$q_{spez} = \frac{P_{NB}}{A_R} \text{ Вт/м}^2$$

где:

q_{spez} удельная отопительная нагрузка, Вт/м^2

P_{NB} чистая отопительная нагрузка, Вт

A_R площадь пола, м^2

Пример:

Чистая отопительная нагрузка базового помещения: P_{NB} = 850 Вт

Площадь помещения: A_R = 15 м^2

Удельная отопительная нагрузка:

$$q_{spez} = \frac{850}{15} = 57 \text{ Вт/м}^2$$

Для расчета температуры подающего трубопровода выбирается помещение с наибольшей удельной отопительной нагрузкой (но не ванные комнаты) – в дальнейшем базовое помещение. Проверить удельную отопительную нагрузку можно при помощи диаграммы №4 (смотри приложения), которая поможет определить нуждается ли данное помещение в краевых зонах или в дополнительном отоплении.

Определение параметров базового помещения

Согласно EN 1264, для расчета базового помещения (и только базового помещения), перепад температур теплоносителя между подающим и обратным трубопроводами принимается равным σ = 5 K. Если сопротивление теплопередаче напольного покрытия к моменту проектирования уже известно, то используется данное значение. В принципе же можно исходить из того, что на этой стадии проектирования такая информация отсутствует. Поэтому расчет ведется на основе следующих значений:

Все помещения, кроме ванных комнат $R_{\lambda B}$ = 0,1 м^2·°C/Вт

Ванные комнаты $R_{\lambda B}$ = 0 м^2·°C/Вт

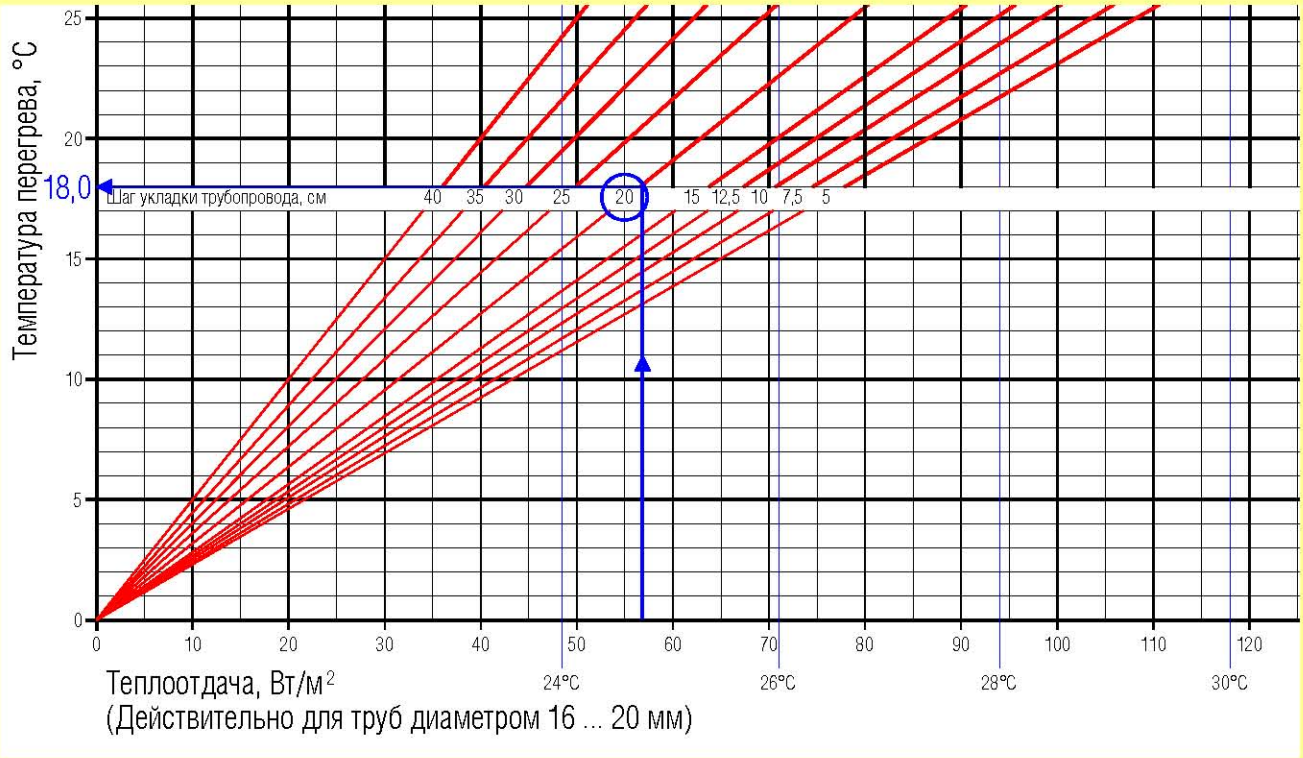
Исходя из этих значений, учитывая удельную отопительную нагрузку и усредненный шаг укладки трубопровода, берется избыточная температура теплоносителя (среднеарифметическая температура теплоносителя минус расчетная температура воздуха в помещении).

Пример:

Удельная отопительная нагрузка: q_{SPEZ} = 57 Вт/м^2

Шаг укладки труб напольного отопления: 20 см

Рис.1. Выдержка из диаграммы 4 (для сопротивления теплоотдаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,1 м^2·°C/Вт



Избыточная температура теплоносителя:

$$t_{mH} = 18\ °C$$

Расчет начальной температуры теплоносителя

$$t_{VL} = t_i + t_{mH} + \frac{\sigma}{2}\ °C$$

где:

t_{VL}	начальная температура теплоносителя, °C;
t_i	температура воздуха в помещении, °C;
t_{mH}	избыточная температура теплоносителя, °C;
σ	перепад температуры теплоносителя (начальная - конечная).

Пример:

Избыточная температура теплоносителя:	t_{mH} = 18 °C
Температура воздуха в помещении:	t_i = 20 °C
Перепад температуры теплоносителя:	σ = 5 °C

Начальная температура:

$$t_{VL} = t_i + t_{mH} + \frac{\sigma}{2} = 20 + 18 + \frac{5}{2} = 40{,}5\ °C$$

Начальная температура теплоносителя распространяется не только на контур базового помещения, но и на все остальные контуры. Чтобы каждый из контуров получил соответствующее ему количество тепла, изменяют перепад температуры теплоносителя в контуре.

Определение перепада температур в оставшихся контурах

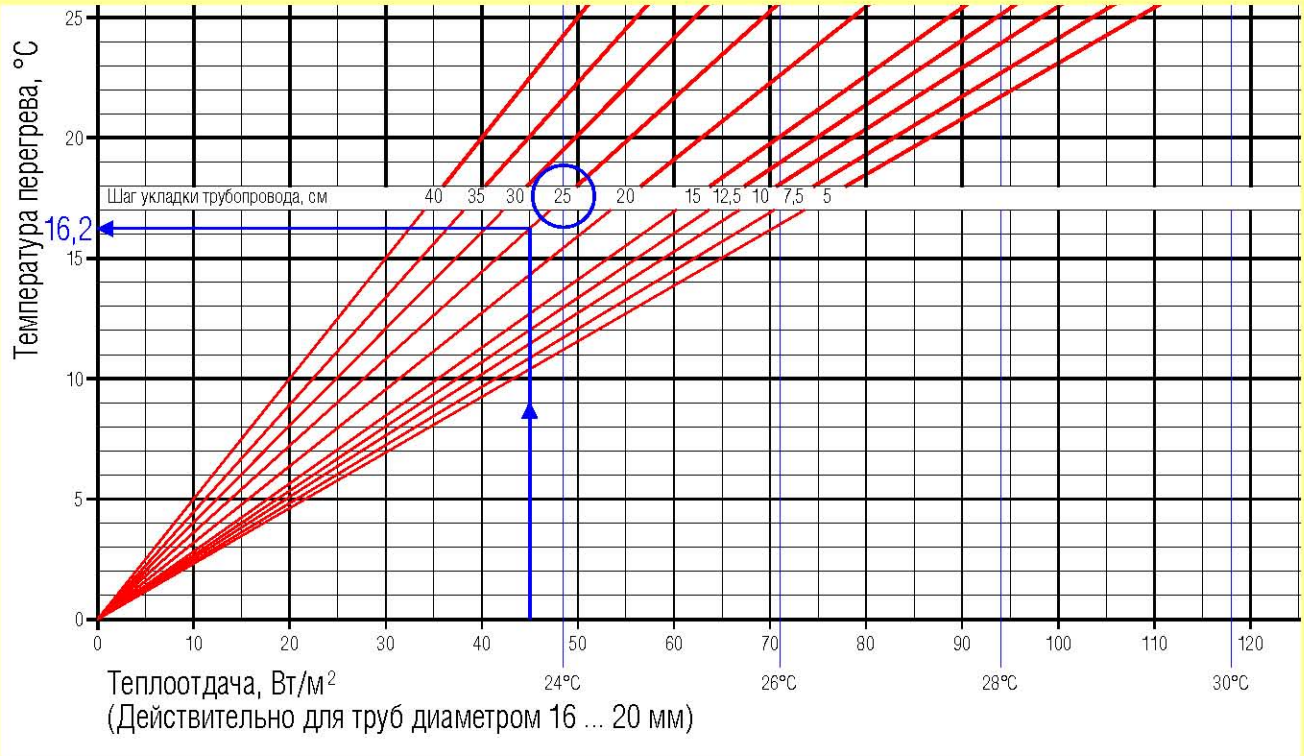
На основе удельной нагрузки и шага укладки труб контура, так же, как и для базового помещения, определяется избыточная температура теплоносителя.

Пример:

Удельная отопительная нагрузка: q_{SPEZ} = 57 Вт/м^2

Шаг укладки труб напольного отопления: 25 см

Рис.2. Выдержка из диаграммы 4 (для сопротивления теплоотдаче настила пола $R_{\lambda B}$ = м^2·°C/Вт



Избыточная температура теплоносителя:

$$t_{mH} = 16\ °C$$

На основе избыточной температуры теплоносителя и его начальной температуры рассчитывается перепад температуры теплоносителя.

$$\frac{\sigma}{2} = t_{VL} - (t_i + t_{mH})$$
$$\sigma = 2 \cdot (t_{VL} - (t_i + t_{mH}))$$

где:

t_{VL} начальная температура теплоносителя, °C;

t_i температура воздуха в помещении, °C;

t_{mH} избыточная температура теплоносителя, °C;

σ перепад температуры теплоносителя (начальная - конечная).

Пример:

Избыточная температура теплоносителя: t_{mH} = 16 °C

Температура воздуха в помещении: t_i = 20 °C

Начальная температура теплоносителя: t_{VL} = 41 °C

Перепад температуры теплоносителя:

$$\sigma = 2 \cdot (t_{VL} - (t_i + t_{mH})) = 2 \cdot (41 - (20 + 16)) = 10\,°C$$

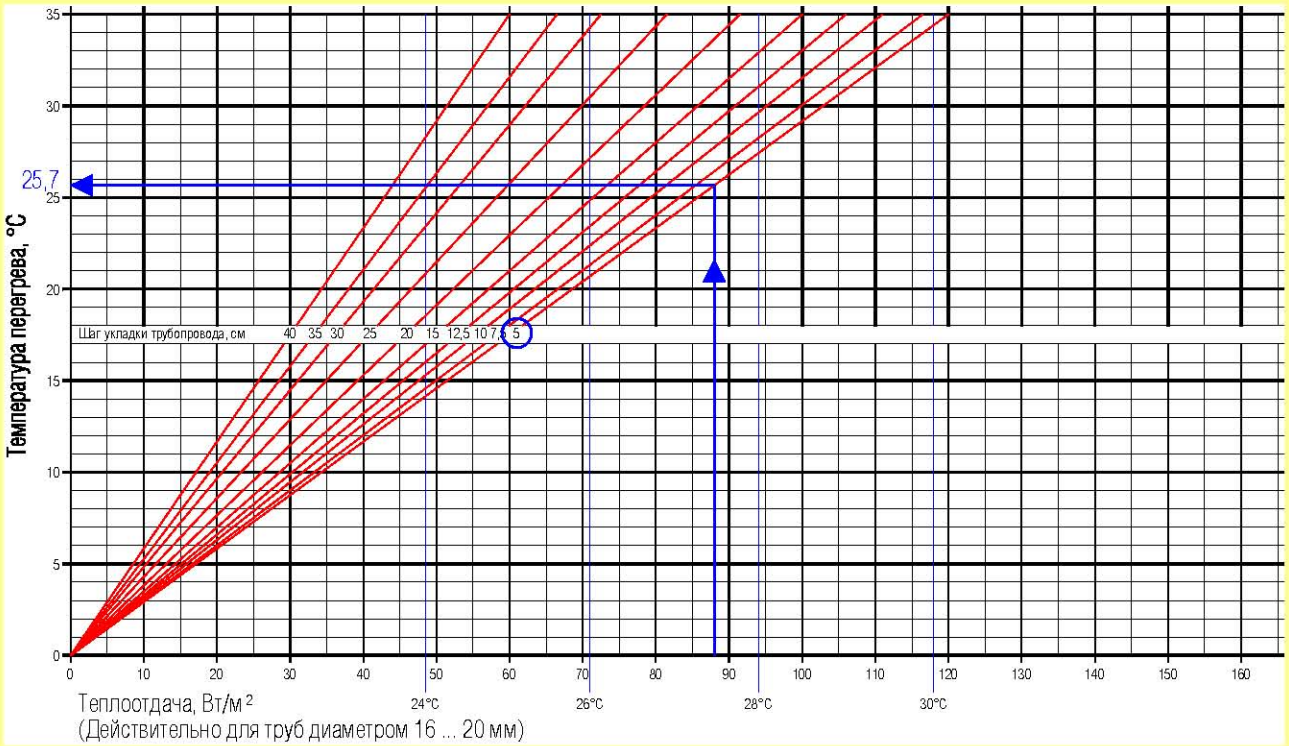
Краевые зоны

Если теплопотребность помещения настолько велика и не может быть достигнута даже при соблюдении максимальной температуры пола в 29 С° и с использованием минимального межтрубного расстояния, то расчет нужно вести с применением краевых зон.

Пример:

Площадь пола:	A_R =	20 м^2
Чистая отопительная нагрузка:	P_{NB} =	1750 Вт
Удельная отопительная нагрузка:	q_{SPEZ} =	87 Вт/м^2
Шаг укладки труб напольного отопления:		5 см

Рис.3. Выдержка из диаграммы 8 (для сопротивления теплоотдаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,18 м^2·°С/Вт



Избыточная температура теплоносителя:

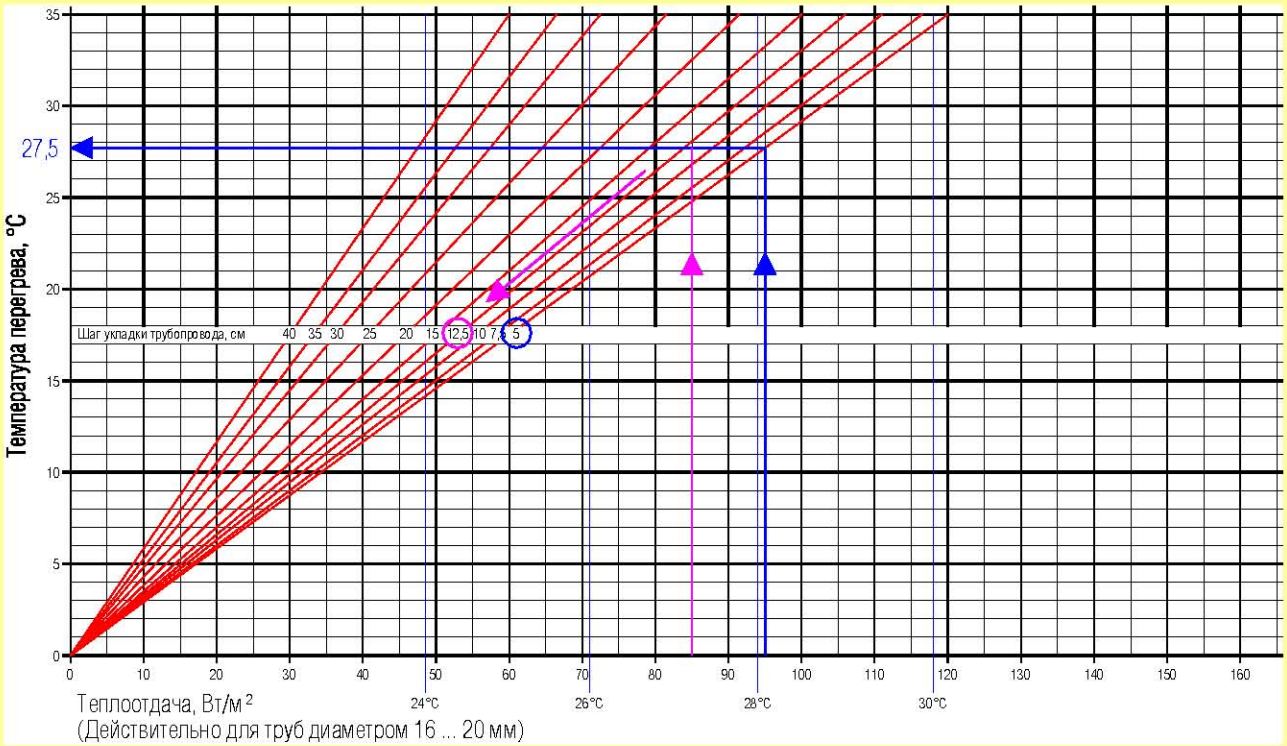
$$t_{mH} = 26\ °C$$

При этом проверяется, возможно ли покрыть теплопотребность помещения, использовав краевую зону с температурой напольного покрытия в 35 °C. Если требуемая плотность теплового потока при этом не может быть достигнута даже с применением более малого шага укладки (например, 10 см), то расчет необходимо вести с более высокой, чем, ранее запланировано, начальной температурой, которая является действительной и для всех остальных помещений. При этом нужно, безусловно, соблюдать пределы системы.

Пример:

Площадь пола:	A_R = 20 м^2
Площадь краевой зоны:	A_{RZ} = 4 м^2 (4 × 1)
Чистая отопительная нагрузка:	P_{NB} = 1750 Вт

Рис.4. Выдержка из диаграммы 8 (для сопротивления теплоотдаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,18 м^2·°C/Вт



Краевая зона:

Удельная отопительная нагрузка:	q_{spezR} =	95 Вт/м^2
Выбор шага укладки труб:		5 см
Избыточная температура теплоносителя:	t_{mH} =	27,5 °C
Тепловая нагрузка краевой зоны:	P_{RZ} =	380 Вт (4 × 95)

Главная зона:

Остаточная тепловая нагрузка:	$P = P_{NB} - P_{RZ}$ =	1370 Вт
Удельная отопительная нагрузка:	q_{spezR} =	85 Вт/м^2
Избыточная температура теплоносителя:	t_{mH} =	27,5 °C
Шаг укладки трубопровода:		12,5 см

Дополнительные источники отопления

Если теплопотери помещения не могут быть покрыты тепловой мощностью напольного отопления, включая более сильно отапливаемые краевые зоны, то нужно предусматривать дополнительные источники тепла. В качестве таковых могут быть использованы различного рода отопительные приборы.

Расчет расхода теплоносителя

Нормативный расход может быть рассчитан на основании известной тепловой нагрузки и вычисленного перепада температуры теплоносителя.

$$m = \frac{P_{NB}}{\sigma \cdot c} \cdot 3600 \text{ кг/ч}$$

где:

m нормативный расход теплоносителя, кг/ч;

P_{NB} чистая отопительная нагрузка, кВт

σ перепад температуры теплоносителя, °C

c удельная теплоемкость воды = 4,19 кДж/(кг·°C);

3600 множитель пересчета кг/с на кг/ч.

Пример:

Чистая отопительная нагрузка:	P_{NB} =	0,825 кВт
Перепад температуры теплоносителя:	**σ** =	5 °C
Удельная теплоемкость воды:	**c** =	4,19 кДж/(кг·°C)

Нормативный расход воды:

$$m = \frac{P_{NB}}{\sigma \cdot c} \cdot 3600 = \frac{0{,}825}{5 \cdot 4{,}19} \cdot 3600 = 142 \text{ кг/ч}$$

Расчет длины трубы

Общая длина одного циркуляционного контура не должна превышать 100…120 метров. Не следует к тому же забывать о подводках к распределителям (L_{ZU}) и о проходных трубопроводах других отопительных контуров.

$$L = \frac{A_R}{a} + 2 \cdot L_{ZU} - 2 \cdot L_D \text{ м}$$

где:

L длина труб отопительного контура, м;

L_{ZU} длина подающих или обратных трубопроводов, м;

L_D длина проходных трубопроводов, м;

A_R площадь помещения, м^2;

a шаг укладки трубопровода, м

Пример:

Площадь помещения:	A_R =	15 м
Шаг укладки:	**a** =	0,2 м (20 см)
Длина подводок (по плану):	L_{ZU} =	2 м
Длина проходных трубопроводов:	L_D =	3 м

Длина труб отопительного контура:

$$L = \frac{A_R}{a} + 2 \cdot L_{ZU} - 2 \cdot L_D = \frac{15}{0{,}2} + 2 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 73 \text{ м}$$

Если рассчитанная длина труб превышает 100 м, то помещение необходимо делить на два контура, например главную и краевую зоны.

Расчет потери давления в трубопроводах

Основы расчета трубопровода

1) Уравнение неразрывности потока

$$V = A \cdot v \ \text{м}^3/\text{с}$$

где:

V объемный расход, $м^3/с$;

A площадь поперечного сечения потока, $м^2$;

N скорость потока, м/с.

2) Уравнение Бернулли (закон сохранения энергии):

$$\rho \cdot g \cdot h + p + \rho \cdot \frac{v^2}{2} + \Delta p_v = \text{const}$$

где:

ρ плотность жидкости, $кг/м^3$;

g ускорение свободного падения, 9,81 $м/с^2$;

h высота над горизонтальной плоскостью, м;

p статическое давление (например, атмосферное давление), Па;

v скорость потока, м/с;

Δp_v перепад давления за счет потерь на трение, Па.

Потеря давления для прямого участка трубы

$$\Delta p_{vR} = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot d} \cdot L = R \cdot L \ \text{Па}$$

где:

λ коэффициент трения;

ρ плотность жидкости, $кг/м^3$;

v скорость потока, м/с;

d внутренний диаметр трубы, м;

L длина трубы, м;

R потеря давления на трение на 1 м трубы;

Местные сопротивления

Для различного вида местных сопротивлений чаще всего используют значения **ξ**. Значения коэффициента местного сопротивления **ξ** определяется на основании опытных данных. Это эмпирические значения, которые могут иметь большие отклонения. В таблице 1 приведены приближенные значения коэффициентов местных сопротивлений для различных элементов.

Потеря давления на местных сопротивлениях рассчитывается по формуле:

$$Z = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ Па}$$

где:

ξ коэффициент местного сопротивления;

ρ плотность жидкости, кг/м^3;

v скорость потока, м/с.

Суммарная потеря давления

$$\Delta p_v = R \cdot L + Z \text{ Па}$$

где:

R потеря давления на 1 м трубы, Па/м;

L длина трубы, м;

Z потеря давления на местных сопротивлениях, Па.

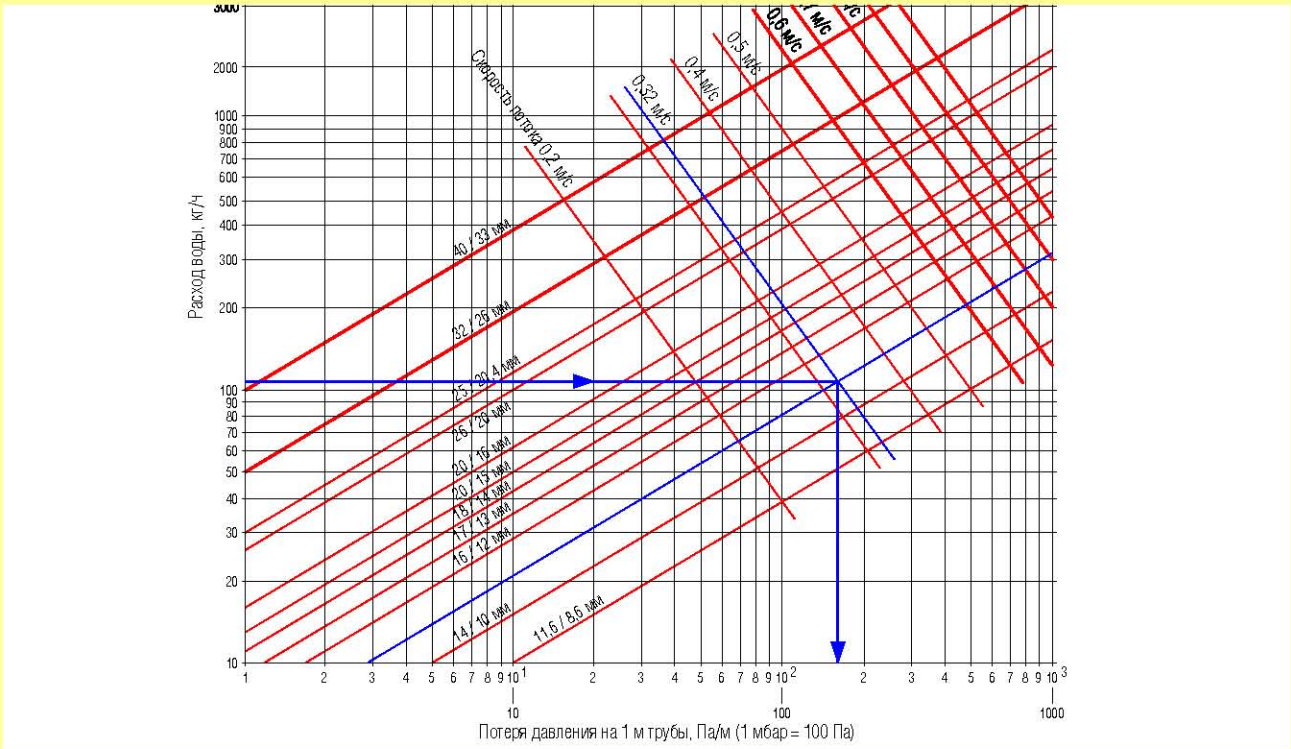
Применяемые в расчетах значения потерь давления на трение:

50…100 Па/м	отдаленные стояки, котельные, большие проходные диаметры (от DN50).
100…200 Па/м	обычные распределительные системы.
200…400 Па/м	старые здания, малые системы, малые проходные диаметры.

Пример:

Нормативный расход воды:		**m** = 142 кг/ч
Длина труб:		**L** = 73 м
Местные сопротивления:	распределитель	1 выход (подача)
		1 вход (обратка)

Потеря давления на 1 м трубы определяем из диаграммы 11 для трубы ϕ 16 × 2



R = 160 Па/м
v = 0,32 м/с

Потеря давления для прямого участка трубы:

$$\mathbf{R \cdot L = 160 \cdot 73 = 11680\ Па = 11{,}68\ кПа}$$

Коэффициенты местного сопротивления (значения из таблицы 1):

$$Z = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = 3{,}1 \cdot 1000 \cdot \frac{0{,}32^2}{2} = 158\ \text{Па}$$

$$\mathbf{Z = 0{,}158\ кПа}$$

$$\Delta p_v = R \cdot L + Z = 11{,}68 + 0{,}158 = 11{,}84\ \text{кПа}$$

Приложения

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ФИТИНГОВ ГЕРЦ

КОЭФФИЦИЕНТЫ ξ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ			
Наименование	Исполнение	Символ	ξ
Угольник			1,6
Угольник переходной с наруж. или внутр. резьбой			1,6
Изменение направления потока	90^0		1,3
	45^0		0,4
Тройник (ответвление/разделение потока)		V	1,6
Тройник (ответвление/соединение потока)		V	3
Тройник (проходной)		V	1,0
Тройник (противопоток/разделение потока)		V	1,5
Переходник			0,6
Выход на распределителе			1,6
Вход в распределитель			1,5
Отвод	Стандартный		0,4

Диаграмма 1. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,01 м^2·°С/Вт

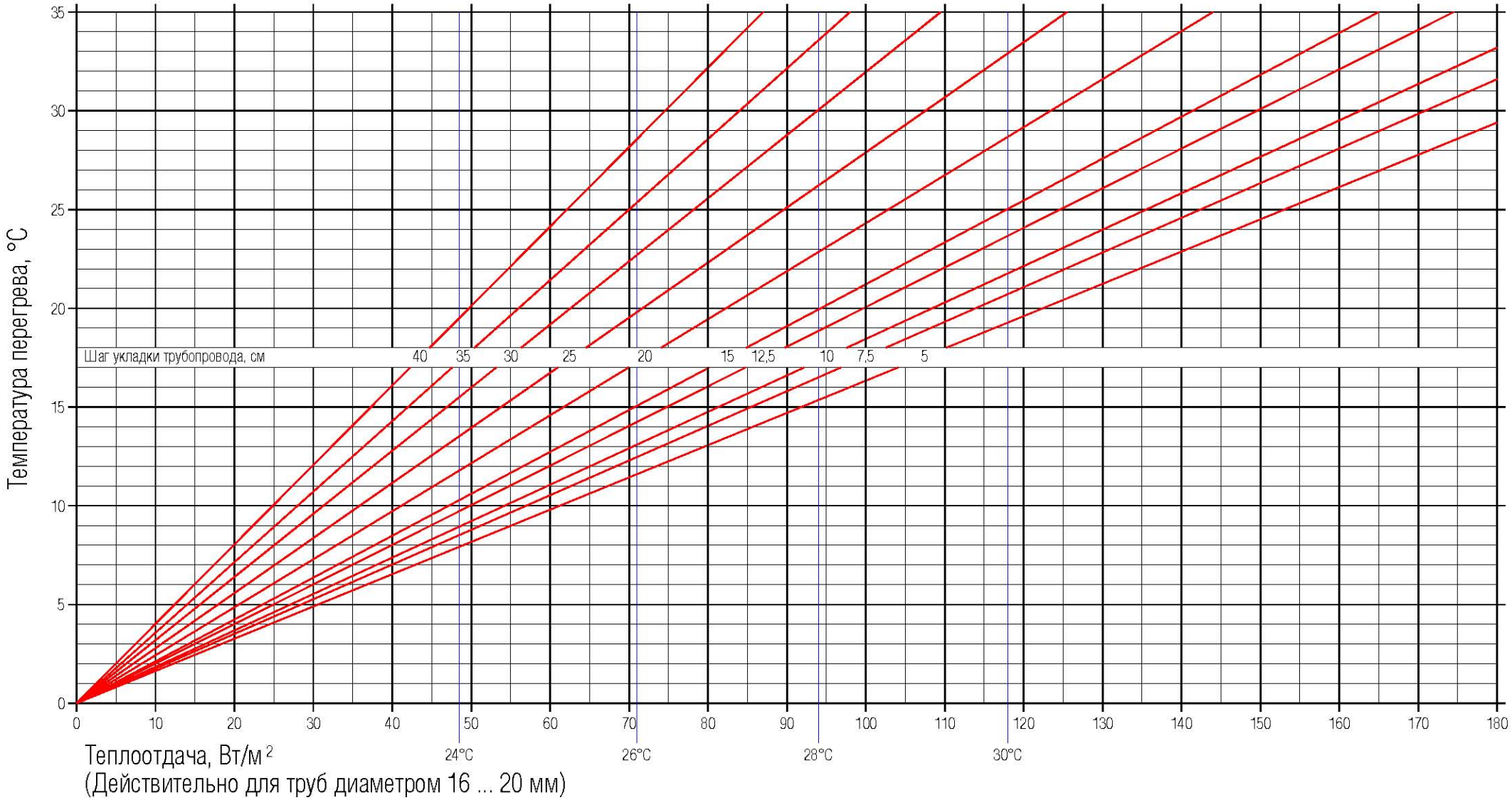


Диаграмма 2. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $\mathbf{R}_{\lambda B}$ = 0,05 м^2·°С/Вт

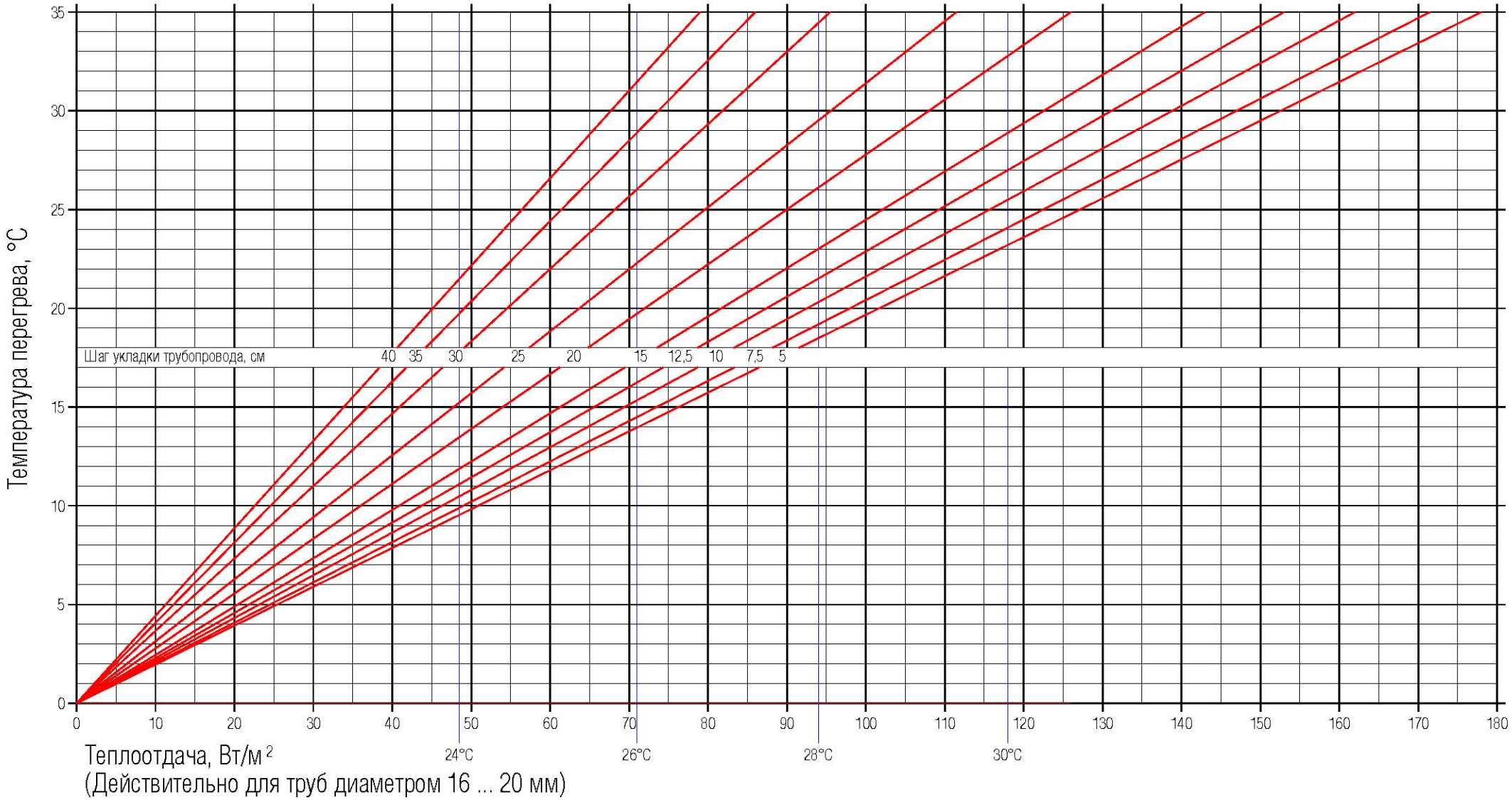


Диаграмма 3. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,075 м^2·°С/Вт

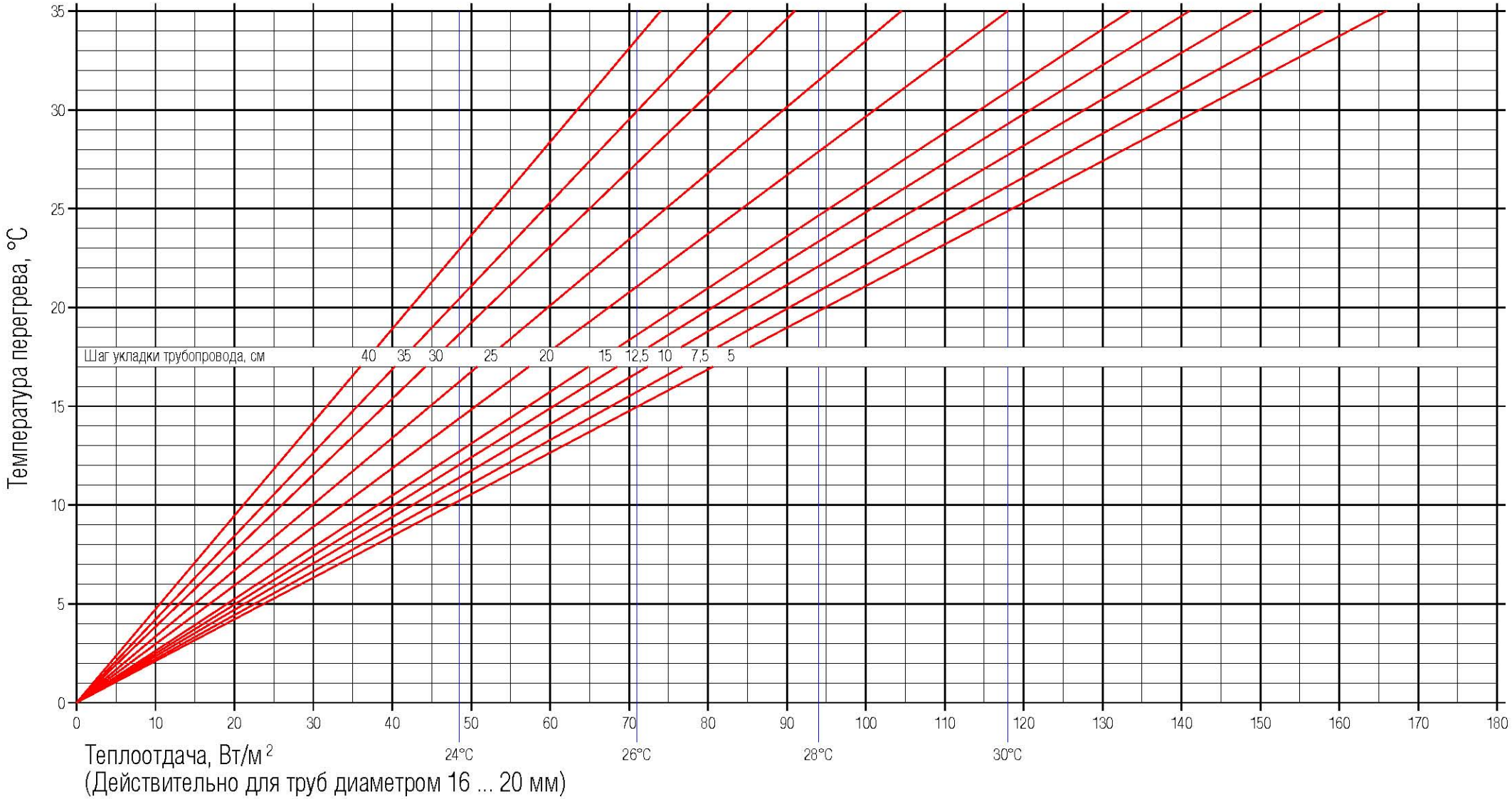


Диаграмма 4. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,1 м^2·°С/Вт

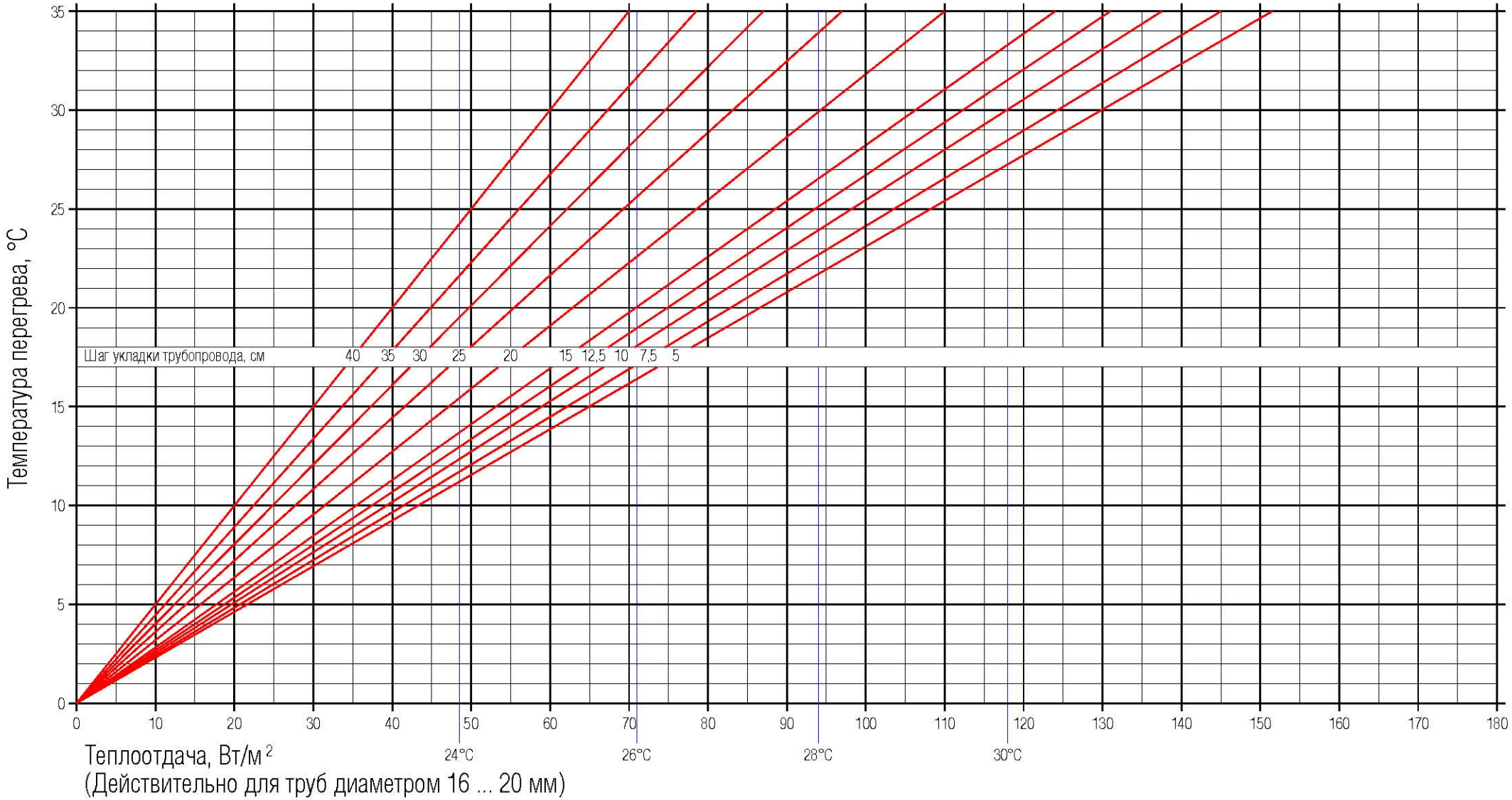


Диаграмма 5. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,12 м^2·°С/Вт

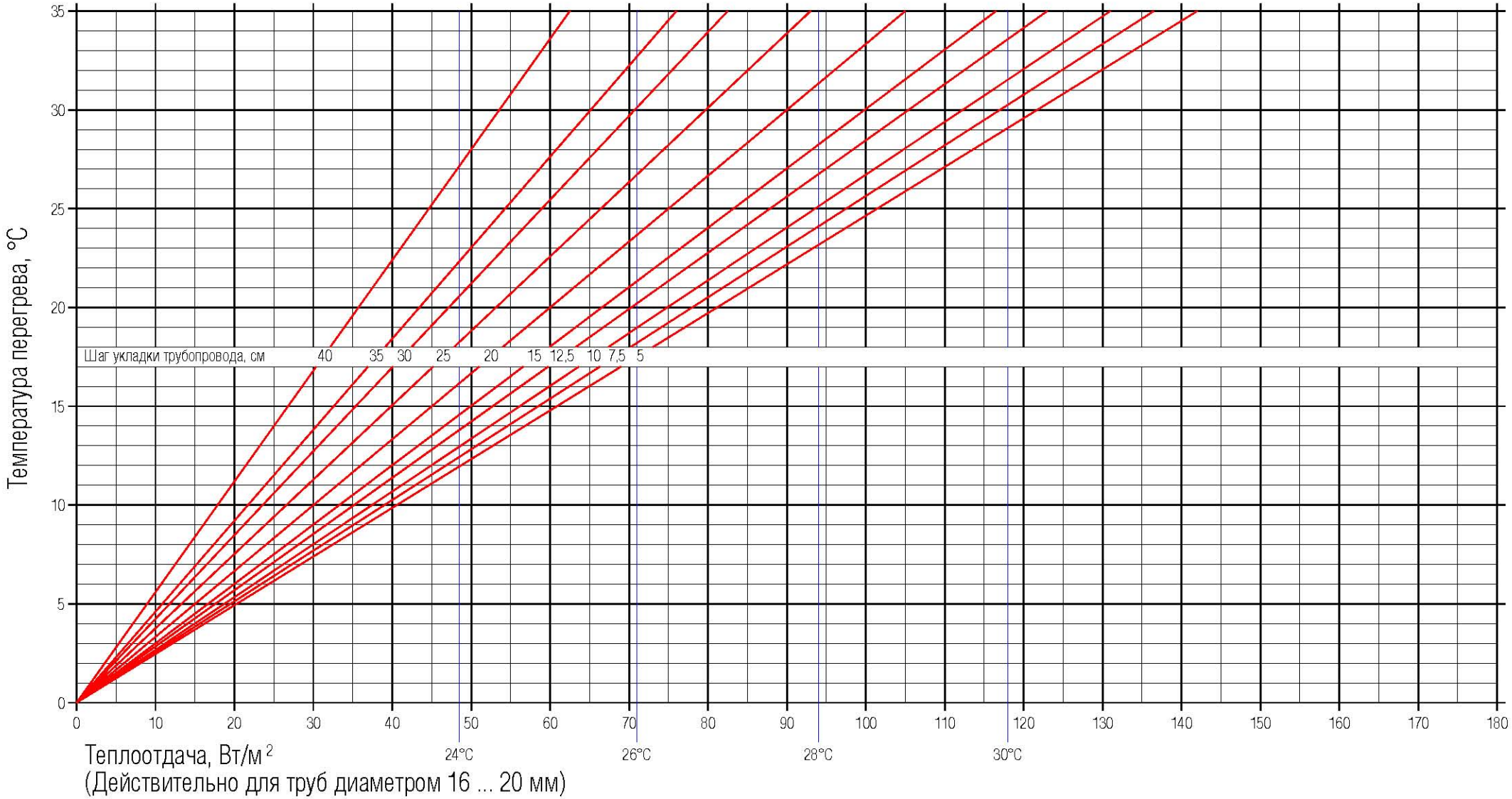


Диаграмма 6. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,14 м^2·°С/Вт

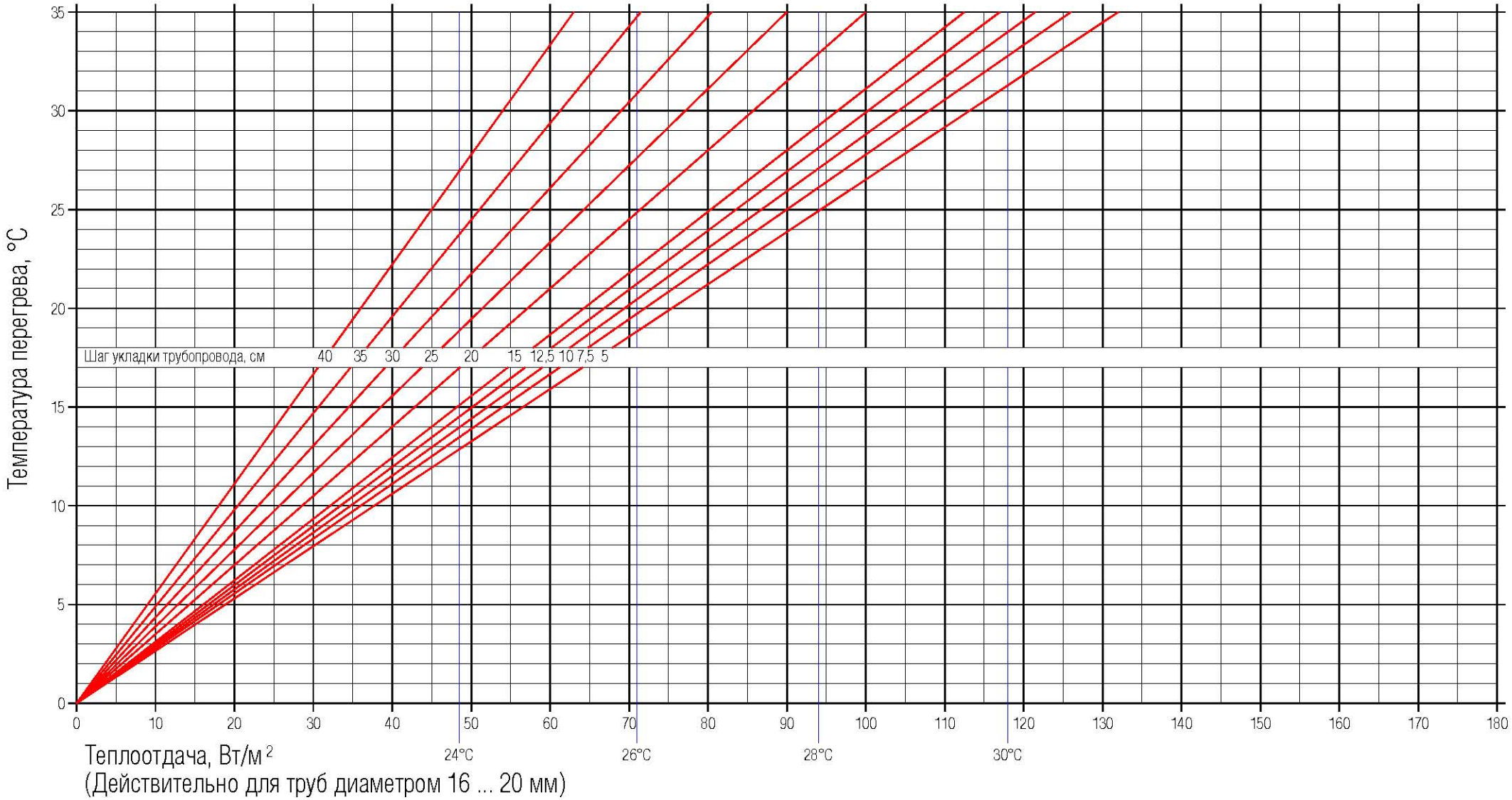


Диаграмма 7. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $R_{\lambda B}$ = 0,16 м^2·°С/Вт

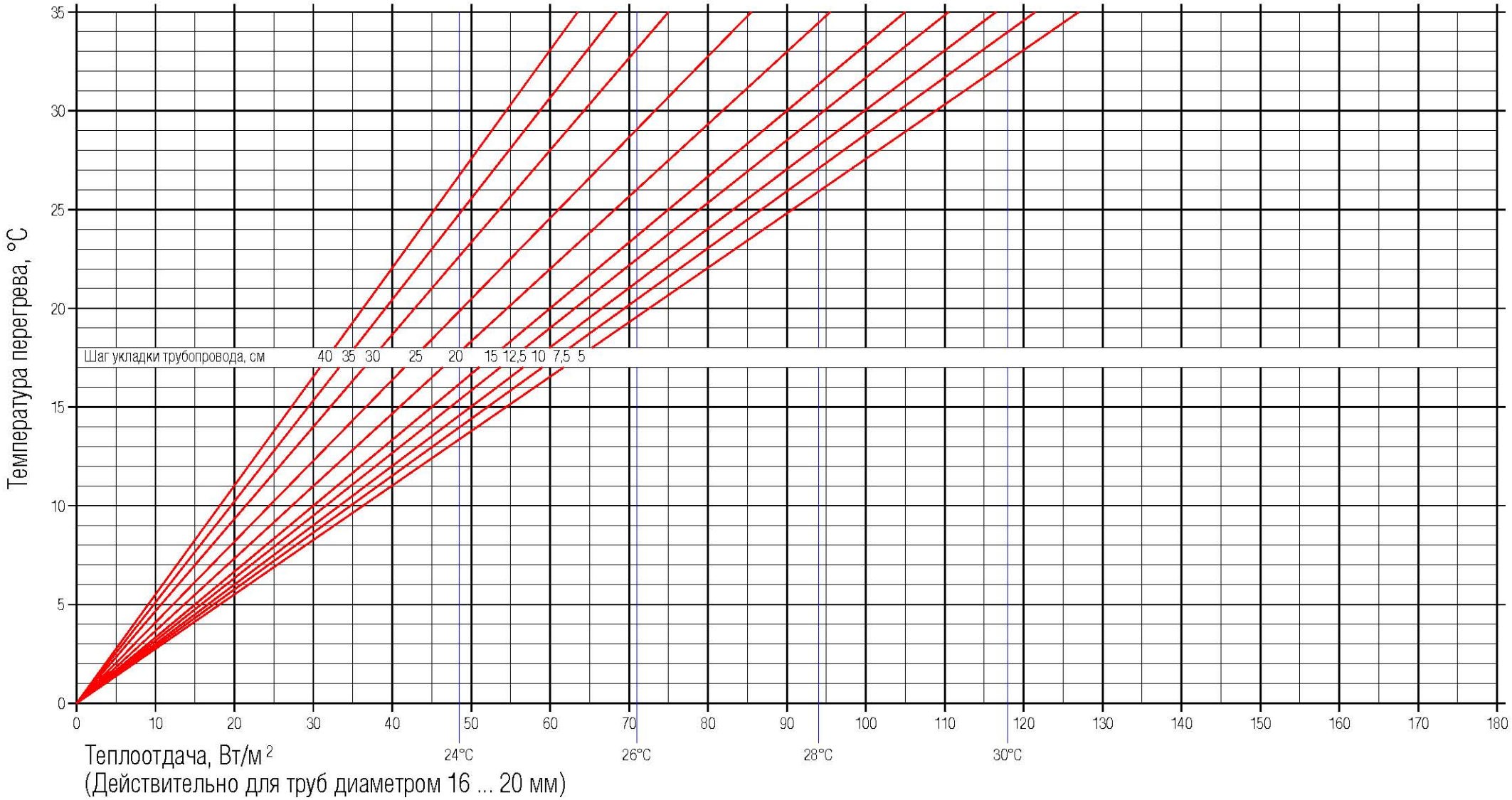


Диаграмма 8. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $\mathbf{R}_{\lambda B}$ = 0,18 м^2·°С/Вт

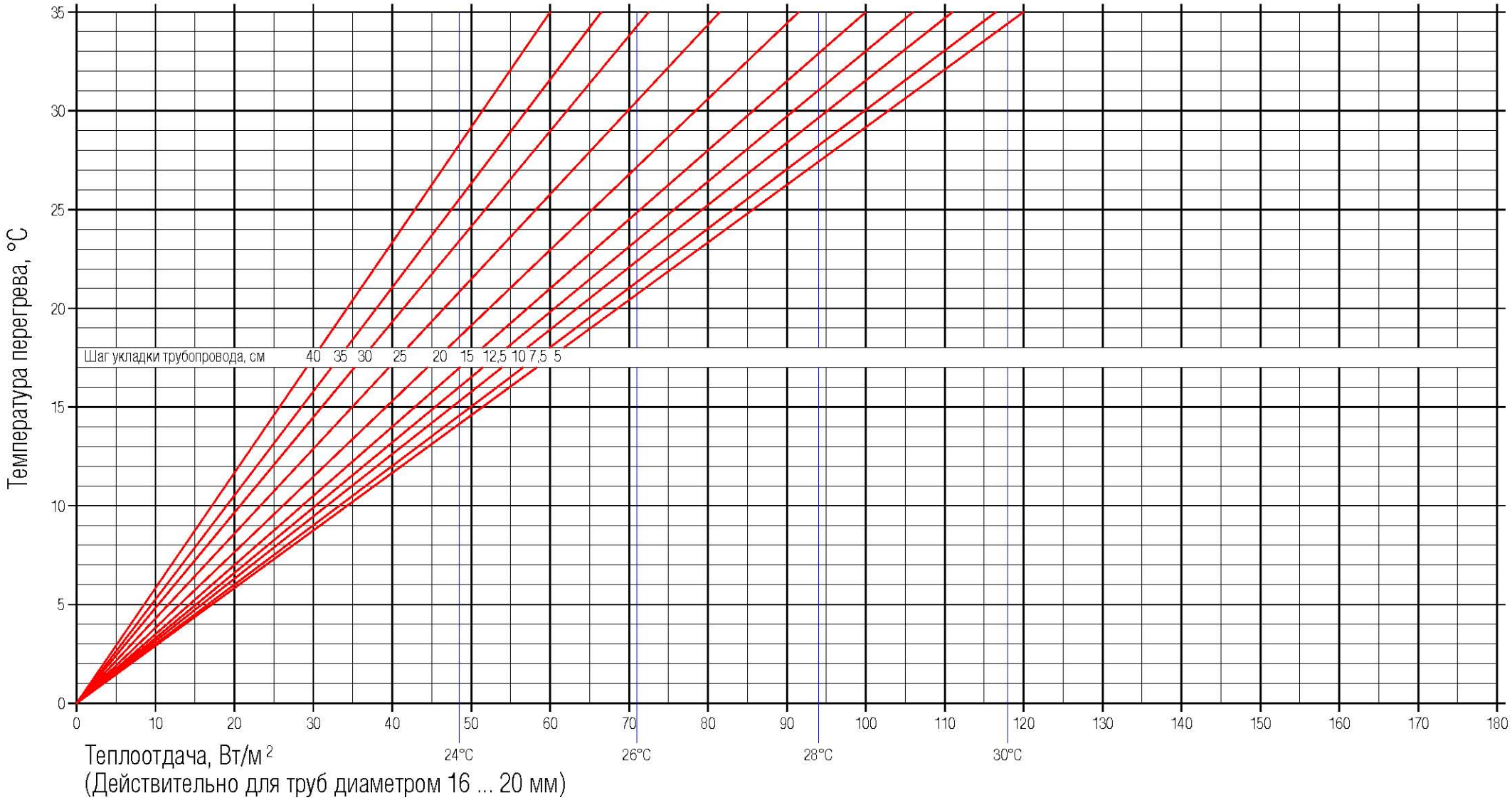


Диаграмма 9. Тепловая нагрузка для сопротивления теплопередаче настила пола $\mathbf{R}_{\lambda B}$ = 0,20 м^2·°С/Вт

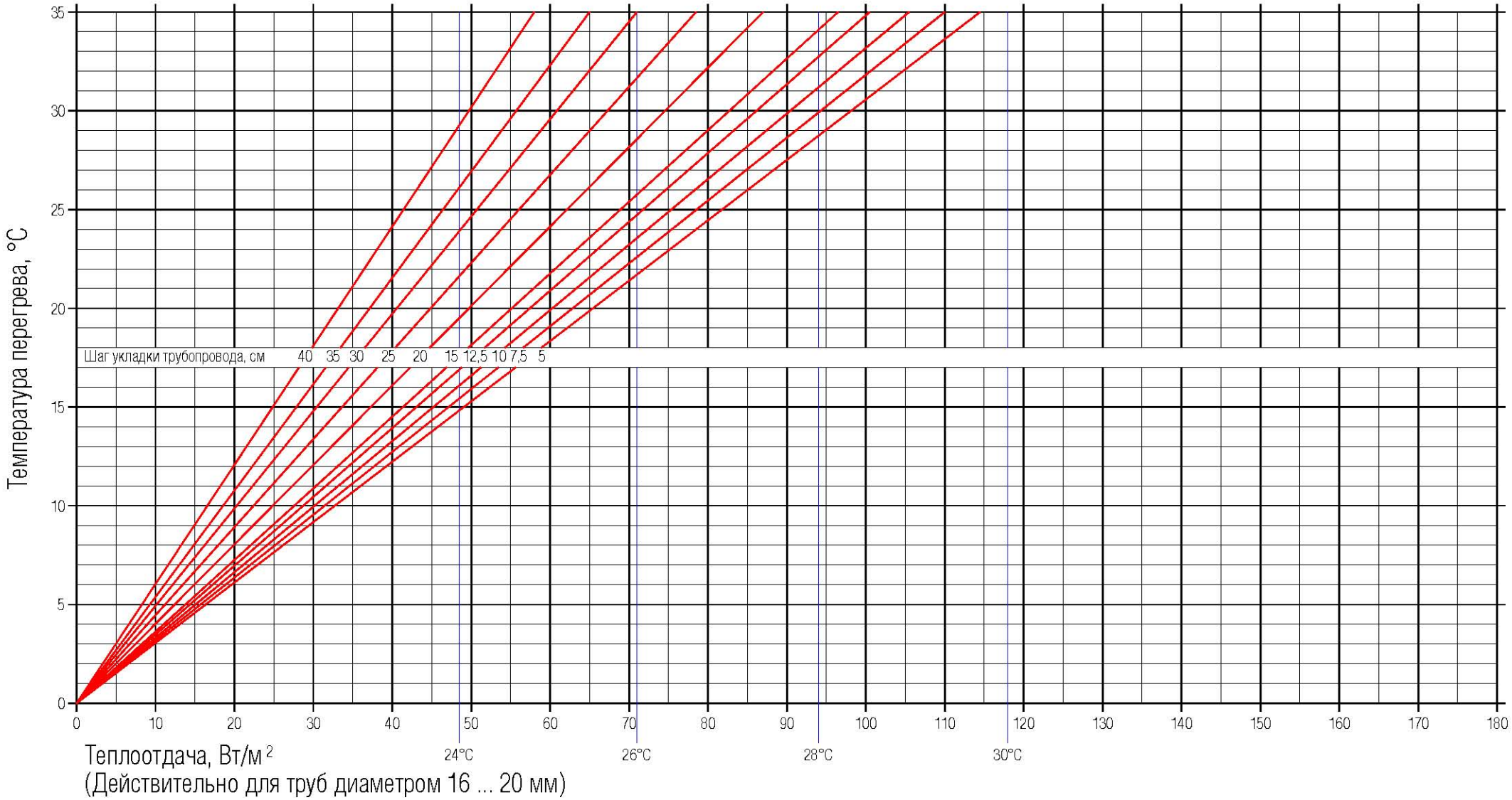


Диаграмма 10. Теплоотдача вниз пола для теплоизоляционного слоя 20 мм, **λ** = 0,04 Вт/м·°С

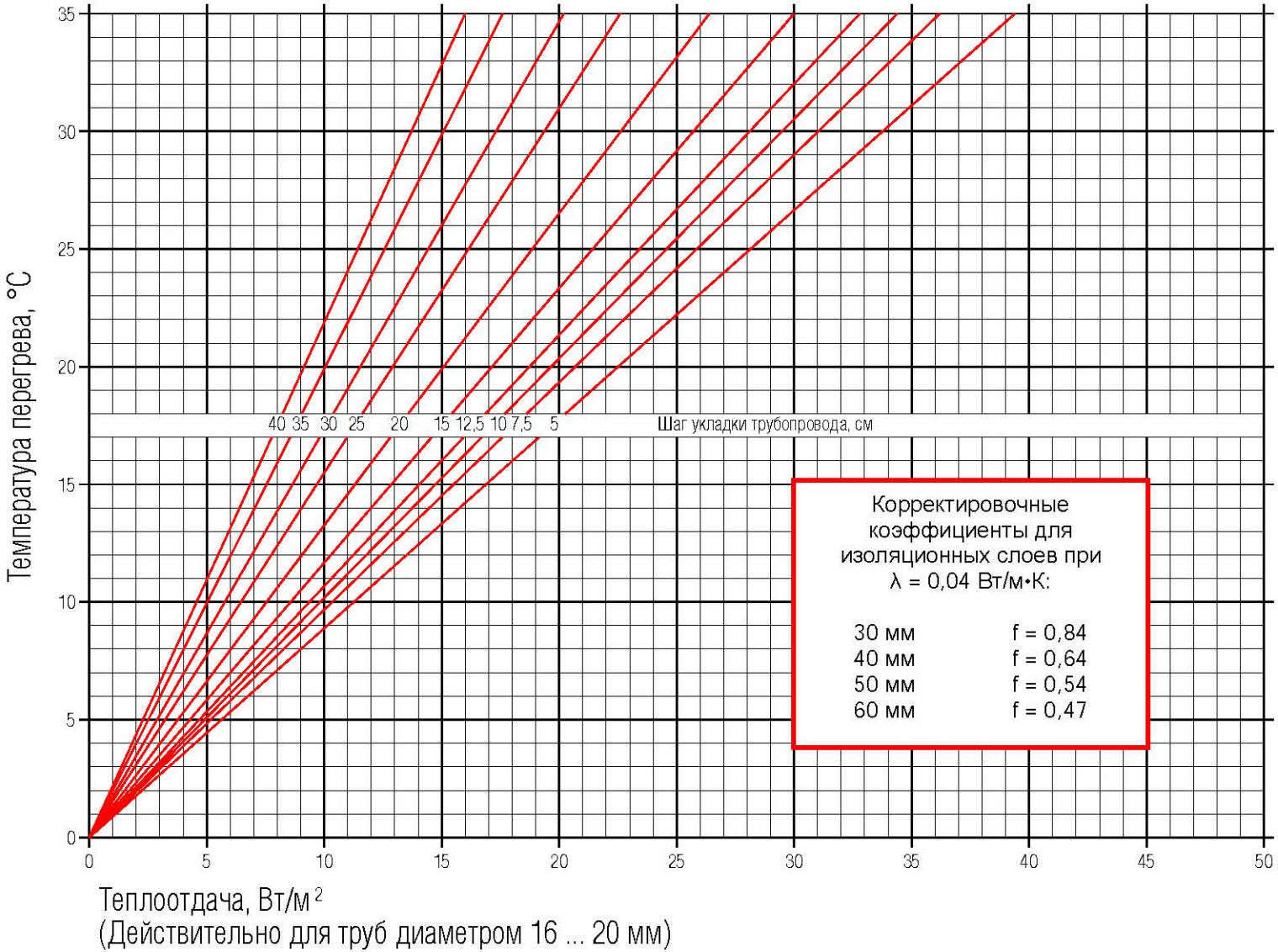
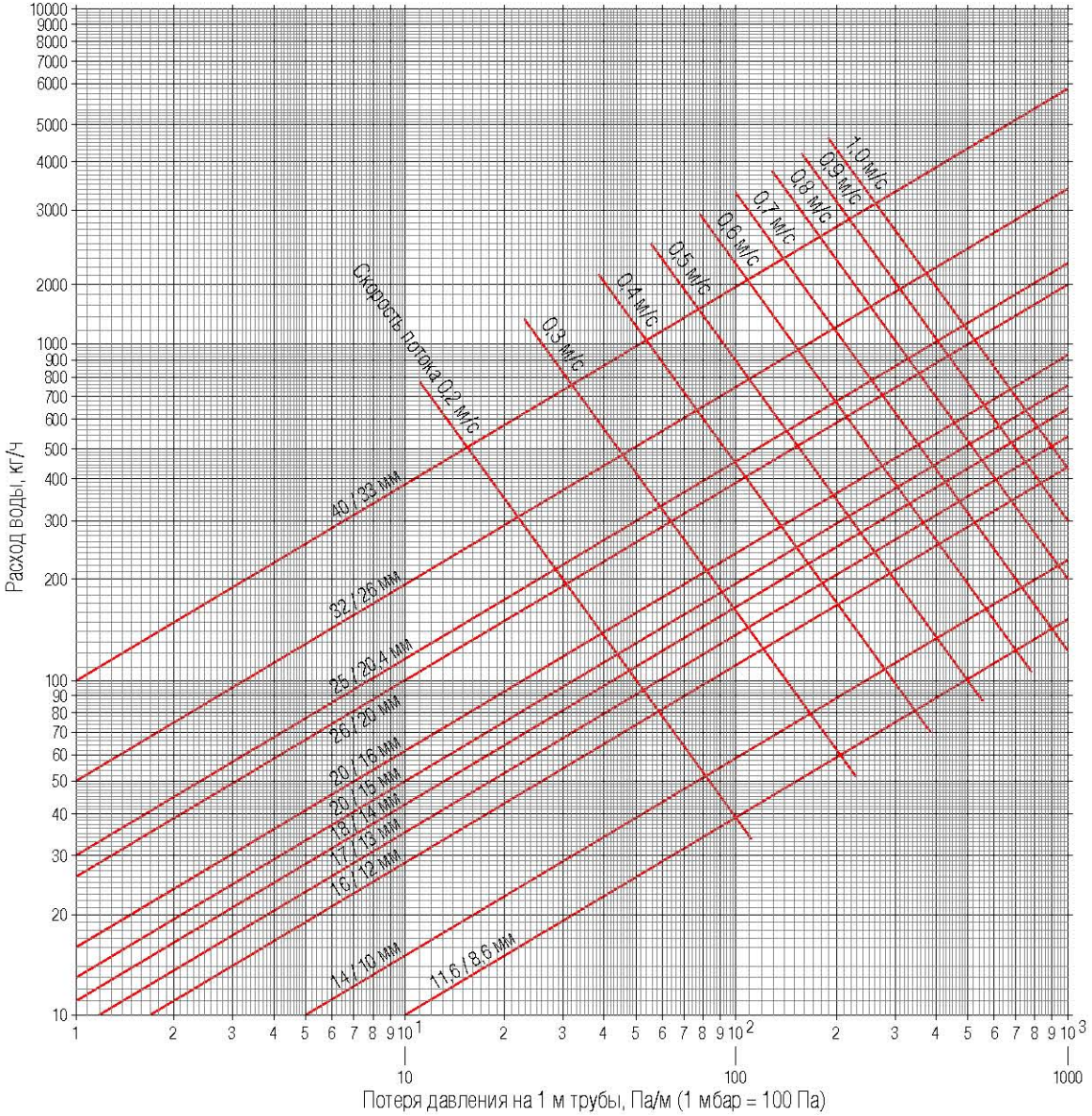



Диаграмма 11. Расходная характеристика пластиковых труб для напольного отопления