

# **РОСТЕРМ**

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТРУБ «РОСТЕРМ» В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

ГОСТ 32415-2013 «ТРУБЫ НАПОРНЫЕ ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ  
ДЕТАЛИ К НИМ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ»

Сертификат соответствия ГОСТ Р №1933107

Сертификат соответствия ГОСТ Р №1896376

Свидетельство о государственной регистрации № ВУ.10.11.01.013.Е.000505.08.15

Свидетельство о государственной регистрации № ВУ.70.06.01.013.Е.000215.02.16

## СОДЕРЖАНИЕ

Краткое описание труб «РОСТерм.....	3
Рекомендуемые параметры .....	4
Расчет труб РОСТерм PPR/PPR Aqua.....	5
Расчет труб РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном.....	9
Расчет труб РОСТерм PERT II .....	15
Расчет труб РОСТерм PEX.....	17
Эталонные графики длительной прочности по ГОСТ 32415-2013 «Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия» .....	20

## **ТРУБЫ РОСТЕРМ PPRT FRP ИЗ ТЕРМОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОВОЛОКНОМ.**

Трубы из термостабилизированного полипропилена, армированные стекловолокном, предназначены для холодного, горячего водоснабжения и отопления, изготовлены в соответствии с ГОСТ 32415-2013.

Трубы PPRT FRP SDR 6, SDR 7,4 и SDR9 производятся следующих диаметров 20-125.

Система РОСТерм производится из полипропилена нового поколения (PPRT), который получается путем нуклеаризации производного материала, в результате чего в молекулярной структуре образуются кристаллы – меньшие по величине и в большем количестве в сравнении с традиционно используемым материалом PP-R (полипропилен рандом сополимер). Что обеспечивает большую надежность при эксплуатации трубопровода за счет повышенного сопротивления сжатию при высоких температурах.

Применение труб РОСТерм FRP дает возможность изначально при проектировании учесть их особенность и, как результат, получить экономию за счет возможного применения труб меньшим диаметром, чем существующие аналоги.

## **ТРУБЫ РОСТЕРМ AQUA ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОВОЛОКНОМ.**

Трубы полипропиленовые, армированные стекловолокном, предназначены для холодного, горячего водоснабжения и отопления, изготовлены в соответствии с ГОСТ 32415-2013. Структура молекул обеспечивает высокую однородность вещества, позволяя повысить его эксплуатационные характеристики, такие как прочность, гибкость, химическая и тепловая стойкости.

Трубы Aqua SDR 6, SDR 7,4 производятся следующих диаметров 20-125.

## **ТРУБЫ «РОСТЕРМ PEX-B BLACK» ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА С КИСЛОРОДНЫМ БАРЬЕРОМ EVOH**

Многослойные трубы из молекулярно-сшитого полиэтилена с кислородным барьером EVOH, предназначены для систем горячего водоснабжения и высокотемпературного радиаторного отопления, изготовлены в соответствии с ГОСТ 32415-2013. Сшивка полиэтилена приводит к образованию дополнительных поперечных связей между молекулами, что придает исходному материалу стойкость к воздействию высоких температур.

## **ТРУБЫ «РОСТЕРМ PERT» ИЗ ТЕРМОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА PERT(II) С КИСЛОРОДНЫМ БАРЬЕРОМ EVOH**

Многослойные трубы из термостабилизированного полиэтилена PERT II с кислородным барьером EVOH, предназначены для систем горячего водоснабжения и высокотемпературного радиаторного отопления, изготовлены в соответствии с ГОСТ 32415-2013.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЕНИЮ ТРУБ «РОСТЕРМ»**

Возможность применения труб «РОСТерм» PPRT FRP, Aqua, PEX-b black с EVOH и PERT (II) в системах ГВС и отопления напрямую зависит от характеристик системы, а именно от температуры и давления транспортируемой жидкости.

В таблице 1 приведены классы эксплуатации. (Источник ГОСТ 32415-2013)

Таблица 1

Класс эксплуатации	Траб, °С	Время при Траб, г	Тмакс, °С	Время при Тмакс, г	Тавар, °С	Время при Тавар, ч	Область применения
1	60	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (60 °С)
2	70	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (70 °С)
4	20 40 60	2,5 20 25	70	2,5	100	100	Высокотемпературное напольное отопление. Низкотемпературное отопление отопительными приборами
5	20 60 80	14 25 10	90	1	100	100	Высокотемпературное отопление отопительными приборами
XB	20	50	-	-	-	-	Холодное водоснабжение

Примечание -

Траб - рабочая температура или комбинация температур транспортируемой воды, определяемая областью применения;

Тмакс - максимальная рабочая температура, действие которой ограничено по времени;

Тавар - аварийная температура, возникающая в аварийных ситуациях при нарушении систем регулирования.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Трубы из термопластов имеют ограничения по рабочему давлению и температуре на протяжении всего срока эксплуатации, указанные в ГОСТ 32415-2013. Расчет эксплуатационных характеристик (кольцевое напряжение, максимальное давление) производится с помощью правила Майнера. Методика расчета приведена в ГОСТ 32415-2013.

Ниже приведены расчеты. Итоги расчетов по классу эксплуатации 2 (горячее водоснабжение) сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Тип трубы	SDR	Траб, °С	Тмакс, °С	Тавар, °С	Рраб, Бар
PPR/ PPR Aqua	6	70	80	95	10
		65	80	95	12,1
	7,4	70	80	95	7,8
		65	80	95	9,4
PPRT FRP	6	70	80	95	13,9
		65	80	95	14,6
	7,4	70	80	95	10,8
		65	80	95	11,4
	9	70	80	95	8,6
		65	80	95	9,1
PERT II	7,4	70	80	95	10,6
		65	80	95	11
PEX	7,4	70	80	95	11,1
		65	80	95	11,8

## РАСЧЕТ ТРУБ РОСТЕРМ PPR/PPR AQUA

1. Расчет трубы РОСТерм PPR/PPR Aqua из полипропилена, армированного стекловолокном, SDR 6, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 10 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы 50 лет:

$$T_{\text{раб}}=T_1=70^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}}=T_{\text{макс}}=80^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}}=T_{\text{авар}}=95^{\circ}.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0=P*S=1*2,5=2,5 \text{ МПа};$$

P - рабочее давление, S - расчетная серия трубы.

$$S=(d_n-e_n)/2*e_n;$$

$d_n$  – номинальный наружный диаметр в мм,  $e_n$  – номинальная толщина стенки в мм.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах  $T_{\text{раб}}$ ,  $T_{\text{макс}}$ ,  $T_{\text{авар}}$  согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1=1,5;$$

$$C_2=1,3;$$

$$C_3=1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1=C_1*\delta_0=1,5*2,5= 3,75 \text{ МПа};$$

$$\delta_2=C_2*\delta_0=1,3*2,5=3,25 \text{ МПа};$$

$$\delta_3=C_3*\delta_0=1*2,5=2,5 \text{ МПа}.$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPR

Левая часть ломаной:

$$\lg t = -55,725 - 9484,1/T \lg \sigma + 25502,2/T + 6,39 \lg \sigma$$

Правая часть ломанной:

$$\lg t = -19,98 - 9507/T - 4,11 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время  $t_{\text{раб}}$ ,  $t_{\text{макс}}$ ,  $t_{\text{авар}}$ , которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$T_{\text{раб}} = 238 \text{ 744 ч (27,3 года)};$$

$$T_{\text{макс}} = 70 \text{ 497 ч (8,1 лет)};$$

$$T_{\text{авар}} = 16 \text{ 547 ч (1,9 лет)}.$$

Полученные данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$T_{\text{раб}}=70^{\circ}\text{C}=98\%;$$

$$T_{\text{макс}}=80^{\circ}\text{C}=2\%;$$

Тавар=95°C=0,0228%.

Пользуясь формулой  $TYD = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$TYD = 0,000440131$  ч.

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / TYD$ :

$T_x = 100 / 0,000440131 = 227\,205$  ч = 25,94 лет.

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 10 Бар и температурном режиме 70°C.

**2. Расчет трубы РОСТерм PPR/PPR Aqua из полипропилена, армированного стекловолокном, SDR 6, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 12,1 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.**

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы 50 лет:

$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ$ .

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$\delta_0 = P \cdot S = 1,21 \cdot 2,5 = 3,03$  МПа,

$P$  - рабочее давление,  $S$  - расчетная серия трубы.

$S = (d_n - e_n) / 2 \cdot e_n$ ,

$d_n$  – номинальный наружный диаметр в мм,  $e_n$  – номинальная толщина стенки в мм.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах  $T_{\text{раб}}$ ,  $T_{\text{макс}}$ ,  $T_{\text{авар}}$  согласно ГОСТ 32415-2013:

$C_1 = 1,5$ ;

$C_2 = 1,3$ ;

$C_3 = 1$ .

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$\delta_1 = C_1 \cdot \delta_0 = 1,5 \cdot 3,03 = 4,54$  МПа;

$\delta_2 = C_2 \cdot \delta_0 = 1,3 \cdot 3,03 = 3,93$  МПа;

$\delta_3 = C_3 \cdot \delta_0 = 1 \cdot 3,03 = 3,03$  МПа.

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPR

Левая часть логарифма:

$\lg t = -55,725 - 9484,1/T \quad \lg \sigma = 25502,2/T + 6,39 \lg \sigma$

Правая часть логарифма:

$\lg t = -19,98 - 9507/T - 4,11 \lg \sigma$

где  $t$ -время, ч;  $T$ -температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время  $t_{\text{раб}}$ ,  $t_{\text{макс}}$ ,  $t_{\text{авар}}$ , которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$T_{\text{раб}} = 280\,351$  ч (32 года);

$T_{\text{макс}} = 21\,983 \text{ ч (2,5 лет)}$ ;  
 $T_{\text{авар}} = 7\,559 \text{ ч (0,9 год)}$ .

Полученные данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$T_{\text{раб}}=65^{\circ}\text{C}=98\%$ ;  
 $T_{\text{макс}}=80^{\circ}\text{C}=2\%$ ;  
 $T_{\text{авар}}=95^{\circ}\text{C}=0,0228\%$ .

Пользуясь формулой  $T_{YD}=\sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$T_{YD} = 0,000443462 \text{ ч}$ .

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x=100/ T_{YD}$ .

$T_x=100/0,000443462=225\,499 \text{ ч}=25,74 \text{ лет}$ .

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 12,1 Бар и температурном режиме 65°C.

### 3. Расчет трубы РОСТерм PPR/PPR Aqua из полипропилена, армированного стекловолокном, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 7,8 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы 50 лет:

$T_{\text{раб}}=T_1=70^{\circ}\text{C}$ ;  
 $T_{\text{максимальное}}=T_{\text{макс}}=80^{\circ}\text{C}$ ;  
 $T_{\text{аварийное}}=T_{\text{авар}}=95^{\circ}$ .

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$\delta_0=P*S=0,78*3,2=2,5 \text{ МПа}$ ,

$P$  - рабочее давление,  $S$  - расчетная серия трубы.

$S=(d_n-e_n)/2*e_n$ ,

$d_n$  – номинальный наружный диаметр в мм,  $e_n$  – номинальная толщина стенки в мм.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах  $T_{\text{раб}}$ ,  $T_{\text{макс}}$ ,  $T_{\text{авар}}$  согласно ГОСТ 32415-2013:

$C_1=1,5$ ;  
 $C_2=1,3$ ;  
 $C_3=1$ .

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$\delta_1=C_1*\delta_0=1,5*2,5= 3,74 \text{ МПа}$ ;  
 $\delta_2=C_2*\delta_0=1,3*2,5=3,24 \text{ МПа}$ ;  
 $\delta_3=C_3*\delta_0=1*2,5=2,5 \text{ МПа}$ .

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPR

Левая часть логарифма:

$\lg t = -55,725 - 9484,1/T \quad \lg \sigma = 25502,2/T + 6,39 \lg \sigma$

Правая часть логарифма:

$$\lg t = -19,98 - 9507/T - 4,11 \lg \sigma$$

где  $t$  – время, ч;  $T$  – температура, К;  $\sigma$  – кольцевое напряжение, МПа,

определяем время  $t_{раб}$ ,  $t_{макс}$ ,  $t_{авар}$ , которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$t_{раб} = 240\,321 \text{ ч (27,4 лет);}$$

$$t_{макс} = 70\,963 \text{ ч (8,1 лет);}$$

$$t_{авар} = 16\,656 \text{ ч (1,9 лет).}$$

Полученные данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$t_{раб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$t_{макс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$t_{авар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $TYD = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$TYD = 0,000437244 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / TYD$ :

$$T_x = 100 / 0,000437244 = 228\,705 \text{ ч} = 26,11 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, срок службы данной трубы 26 лет, с рабочим давлением 7,8 Бар и температурном режиме 70°C.

#### 4. Расчет трубы РОСТерм PPR/PPR Aqua из полипропилена, армированного стекловолокном, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 9,4 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы 50 лет:

$$T_{раб} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{максимальное} = T_{макс} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{аварийное} = T_{авар} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P \cdot S = 0,94 \cdot 3,2 = 3,0 \text{ МПа,}$$

$P$  – рабочее давление,  $S$  – расчетная серия трубы.

$$S = (d_n - e_n) / 2 \cdot e_n,$$

$d_n$  – номинальный наружный диаметр в мм,  $e_n$  – номинальная толщина стенки в мм.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах  $T_{раб}$ ,  $T_{макс}$ ,  $T_{авар}$  согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 \cdot \delta_0 = 1,5 \cdot 3,0 = 4,51 \text{ МПа;}$$

$$\delta_2 = C_2 \cdot \delta_0 = 1,3 \cdot 3,0 = 3,91 \text{ МПа;}$$

$$\delta_3 = C_3 \cdot \delta_0 = 1 \cdot 3,0 = 3,0 \text{ МПа.}$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPR

Левая часть ломаной:

$$\lg t = -55,725 - 9484,1/T \quad \lg \sigma = 25502,2/T + 6,39 \lg \sigma$$

Правая часть ломанной:

$$\lg t = -19,98 - 9507/T - 4,11 \lg \sigma$$

где  $t$ - время, ч;  $T$ -температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время  $t_{раб}$ ,  $t_{макс}$ ,  $t_{авар}$ , которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$t_{раб} = 286\,921 \text{ ч (32,7 года);}$$

$$t_{макс} = 24\,672 \text{ ч (2,8 года);}$$

$$t_{авар} = 7\,736 \text{ ч (0,9 лет).}$$

Полученные данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$t_{раб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$t_{макс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$t_{авар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $TYD = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$TYD = 0,000425477 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / TYD$ :

$$T_x = 100 / 0,000425477 = 235\,030 \text{ ч} = 26,83 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, срок службы данной трубы 26 лет, с рабочим давлением 9,4 Бар и температурном режиме 65°C.

## РАСЧЕТ ТРУБ РОСТЕРМ FRP ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОВОЛОКНОМ

5. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 6, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 13,9 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{раб} = T_1 = 70^\circ\text{C};$$

$$T_{максимальное} = T_{макс} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{аварийное} = T_{авар} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P \cdot S = 1,39 \cdot 2,5 = 3,48 \text{ Мпа,}$$

$P$ - рабочее давление,  $S$  – серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах  $T_{раб}$ ,  $T_{макс}$ ,  $T_{авар}$ , согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

C3=1.

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,48 = 5,21 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,48 = 4,52 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,48 = 3,48 \text{ МПа};$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = +52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t- время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 237\ 061 \text{ ч (27,1 лет)};$$

$$\text{Тмакс} = 50\ 913 \text{ ч (5,8 лет)};$$

$$\text{Тавар} = 18\ 337 \text{ ч (2,1 года)}.$$

Полученные данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,000453819 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000453819 = 220\ 352 \text{ ч} = 25,15 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 13,9 Бар и температурном режиме 70°C.

**6. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 6, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 14,6 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.**

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,46 * 2,5 = 3,65 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ Р 52134-2003:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,65 = 5,48 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,65 = 4,75 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,65 = 3,65 \text{ МПа}.$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = 52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, tмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} > 450\,000 \text{ ч (51,4 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 8\,696 \text{ ч (1,0 год)};$$

$$\text{Тавар} = 3\,583 \text{ ч (0,4 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,00045404 \text{ ч}.$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,00045404 = 220\,245 \text{ ч} = 25,14 \text{ лет}.$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 14,6 Бар и температурном режиме 65°C.

## 7. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 10,8 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 70^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,08 * 3,2 = 3,46 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,46 = 5,18 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,46 = 4,49 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,46 = 3,46 \text{ МПа};$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = 52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 291\ 860 \text{ ч (33,3 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 62\ 013 \text{ ч (7,1 лет)};$$

$$\text{Тавар} = 22\ 001 \text{ ч (2,5 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,000368982 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000368982 = 271\ 016 \text{ ч} = 30,94 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 30 лет, с рабочим давлением 10,8 Бар и температурном режиме 70°C.

## 8. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 11,4 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчётного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,14 * 3,2 = 3,65 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ Р 52134-2003:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,65 = 5,47 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,65 = 4,74 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,65 = 3,65 \text{ МПа}.$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = 52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} > 450\,000 \text{ ч (51,4 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 8\,869 \text{ ч (1,0 год)};$$

$$\text{Тавар} = 3\,649 \text{ ч (0,4 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,00045404 \text{ ч}.$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000449436 = 222\,501 \text{ ч} = 25,4 \text{ лет}.$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 11,4 Бар и температурном режиме 65°C.

## 9. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 9, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 8,6 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчётного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 70^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 0,86 * 4 = 3,44 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,44 = 5,16 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,44 = 4,47 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,44 = 3,44 \text{ МПа};$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = 52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, tмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 248\,829 \text{ ч (39,7 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 73\,278 \text{ ч (8,4 лет)};$$

$$\text{Тавар} = 25\,669 \text{ ч (2,9 лет)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,000309698 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000309698 = 322\,895 \text{ ч} = 36,86 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 36 лет, с рабочим давлением 8,6 Бар и температурном режиме 70°C.

#### 10. Расчет трубы РОСТерм FRP из полипропилена армированного стекловолокном, SDR 9, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 9,1 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 0,91 * 4 = 3,64 \text{ МПа,}$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ Р 52134-2003:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,64 = 5,46 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,64 = 4,73 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,64 = 3,64 \text{ МПа}.$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PPRT

$$\lg t = -119,546 - 23738,797/T \quad \lg \sigma = 52176,696/T + 31,279 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} > 450\,000 \text{ ч (51,4 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 9\,598 \text{ ч (1,1 год)};$$

$$\text{Тавар} = 3\,925 \text{ ч (0,4 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,000431878 \text{ ч}.$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000431878 = 231\,547 \text{ ч} = 26,4 \text{ лет}.$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 26 лет, с рабочим давлением 9,1 Бар и температурном режиме 65°C.

## РАСЧЕТ ТРУБ РОСТЕРМ PERT II

### 11. Расчет трубы РОСТерм PERT II, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 10,6 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 70^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,06 * 3,2 = 3,39 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,39 = 5,09 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,39 = 4,41 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,39 = 3,39 \text{ МПа};$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PERT II

$$\lg t = -219 - 62600,752/T \lg \sigma + 90635,353/T + 126,387 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 288\ 898 \text{ ч (44,4 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 83\ 906 \text{ ч (9,6 лет)};$$

$$\text{Тавар} = 12\ 537 \text{ ч (1,4 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,000277588 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,000277588 = 360\ 246 \text{ ч} = 41,12 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 41 год, с рабочим давлением 10,6 Бар и температурном режиме 70°C.

## 12. Расчет трубы РОСТерм PERT II, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 11 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,1 * 3,2 = 3,52 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ Р 52134-2003:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,52 = 5,28 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,52 = 4,58 \text{ МПа};$$
$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,52 = 3,52 \text{ МПа}.$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала PERT II

$$\lg t = -219 - 62600,752/T \quad \lg \sigma + 90635,353/T + 126,387 \lg \sigma$$

где t- время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} > 450\,000 \text{ ч (51,4 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 12\,710 \text{ ч (1,5 года)};$$

$$\text{Тавар} = 2\,482 \text{ ч (0,3 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,00038425 \text{ ч}.$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,00038425 = 260\,248 \text{ ч} = 29,4 \text{ лет}.$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 29 лет, с рабочим давлением 9,1 Бар и температурном режиме 65°C.

## РАСЧЕТ ТРУБ РОСТЕРМ PEX

13. Расчет трубы РОСТерм PEX, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 11,1 Бар и температурном режиме 70°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 70^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,11 * 3,2 = 3,55 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ 32415-2013:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности:

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,55 = 5,33 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,55 = 4,62 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 * \delta_0 = 1 * 3,55 = 3,55 \text{ МПа};$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала РЕХ

$$\lg t = -105,8618 - 18506,15/T \lg \sigma + 57895,49/T + 24,7997 \lg \sigma$$

где t-время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 225\ 000 \text{ ч (25,7 года)};$$

$$\text{Тмакс} = 225\ 000 \text{ ч (25,7 лет)};$$

$$\text{Тавар} = 80\ 000 \text{ ч (9,1 года)}.$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 70^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \sum \dot{a}/t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,00044463 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,00044463 = 224\ 907 \text{ ч} = 25,67 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 11,1 Бар и температурном режиме 70°C.

#### 14. Расчет трубы РОСТерм РЕХ, SDR 7,4, эксплуатируемой в системе ГВС с рабочим давлением 11,8 Бар и температурном режиме 65°C, выполненный в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2.

Исходя из вышеуказанных данных, задан следующий температурный режим в течение расчетного срока службы:

$$T_{\text{раб}} = T_1 = 65^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{максимальное}} = T_{\text{макс}} = 80^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{аварийное}} = T_{\text{авар}} = 95^\circ.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы ( $\delta_0$ ) из следующего выражения:

$$\delta_0 = P * S = 1,18 * 3,2 = 3,78 \text{ МПа},$$

P - рабочее давление, S - серия трубы.

Устанавливаем коэффициенты запаса прочности при температурах Траб, Тмакс, Тавар, согласно ГОСТ Р 52134-2003:

$$C_1 = 1,5;$$

$$C_2 = 1,3;$$

$$C_3 = 1.$$

Определяем расчетное напряжение в стенке трубы с учетом действия коэффициентов запаса прочности.

$$\delta_1 = C_1 * \delta_0 = 1,5 * 3,78 = 5,66 \text{ МПа};$$

$$\delta_2 = C_2 * \delta_0 = 1,3 * 3,78 = 4,91 \text{ МПа};$$

$$\delta_3 = C_3 \cdot \delta_0 = 1 \cdot 3,78 = 3,78 \text{ МПа.}$$

Пользуясь логарифмическими формулами прочности материала РЕХ

$$\lg t = -105,8618 - 18506,15/T \lg \sigma + 57895,49/T + 24,7997 \lg \sigma$$

где t- время, ч; T-температура, К;  $\sigma$ -кольцевое напряжение, МПа,

определяем время траб, тмакс, тавар, которое труба может выдерживать, не разрушаясь при непрерывном действии каждой из температур в отдельности, при напряжениях в стенке соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ :

$$\text{Траб} = 260\,000 \text{ ч (29,7 года);}$$

$$\text{Тмакс} = 30\,000 \text{ ч (3,4 года);}$$

$$\text{Тавар} = 80\,000 \text{ ч (9,1 года).}$$

Полученный данные умножаем на коэффициенты в зависимости от продолжительности эксплуатации:

$$\text{Траб} = 65^\circ\text{C} = 98\%;$$

$$\text{Тмакс} = 80^\circ\text{C} = 2\%;$$

$$\text{Тавар} = 95^\circ\text{C} = 0,0228\%.$$

Пользуясь формулой  $\text{TYD} = \Sigma \delta / t$  получаем следующее:

$$\text{TYD} = 0,00044377 \text{ ч.}$$

Далее вычисляем  $T_x$  по формуле  $T_x = 100 / \text{TYD}$ :

$$T_x = 100 / 0,00044377 = 225\,340 \text{ ч} = 25,7 \text{ лет.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 32415-2013, для класса эксплуатации 2, расчетный срок службы данной трубы 25 лет, с рабочим давлением 11,8 Бар и температурном режиме 65°C.

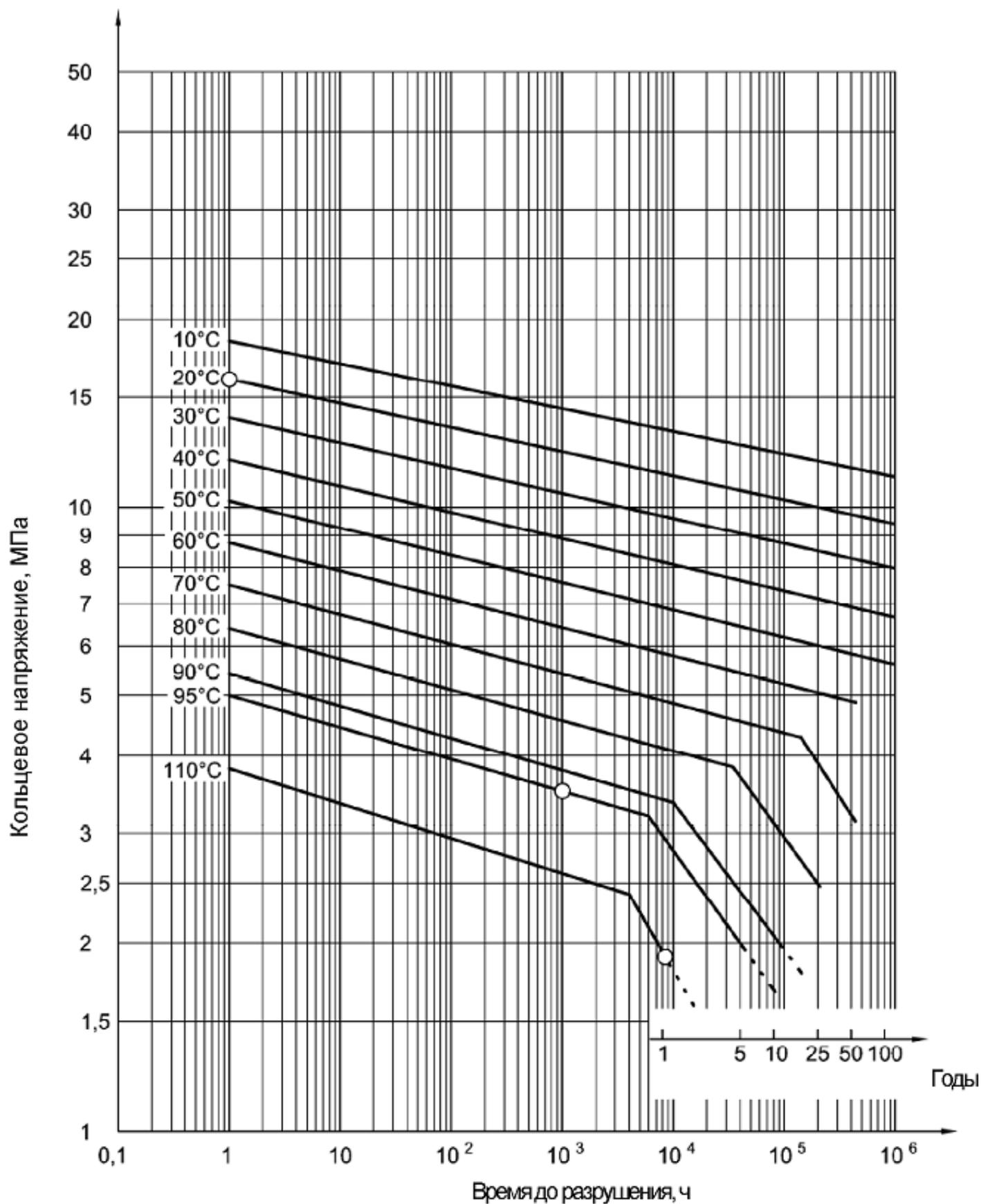
Рекомендуемые параметры давления представлены для типовых значений температуры.

В случаях, когда параметры отличаются от типовых рекомендуем обратиться в технический отдел компании

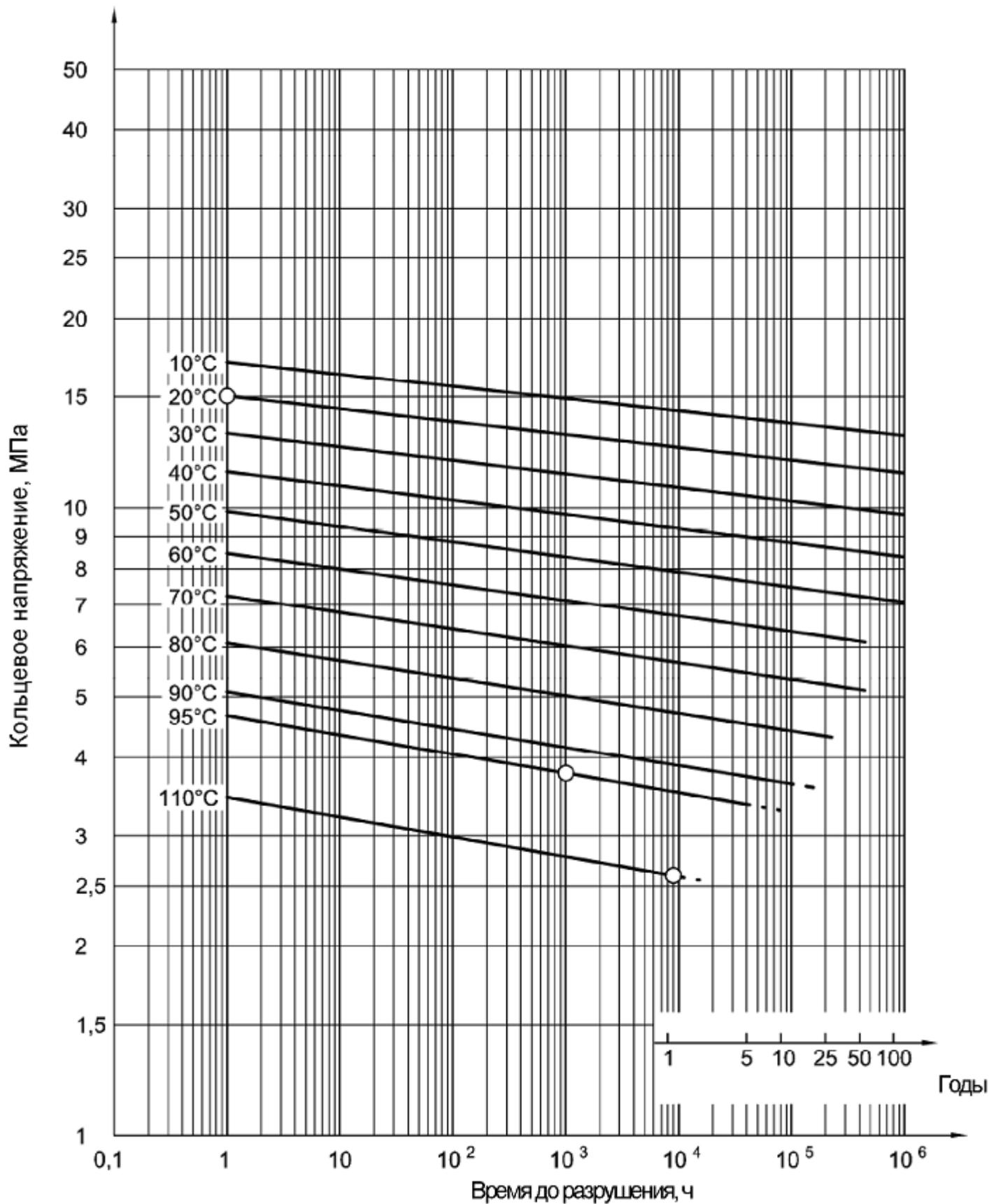
РОСТерм адрес эл.почты: [tech@rostherm.ru](mailto:tech@rostherm.ru), для выполнения расчетов.

# ЭТАЛОННЫЕ ГРАФИКИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ПО ГОСТ 32415-2013 «ТРУБЫ НАПОРНЫЕ ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ К НИМ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ»

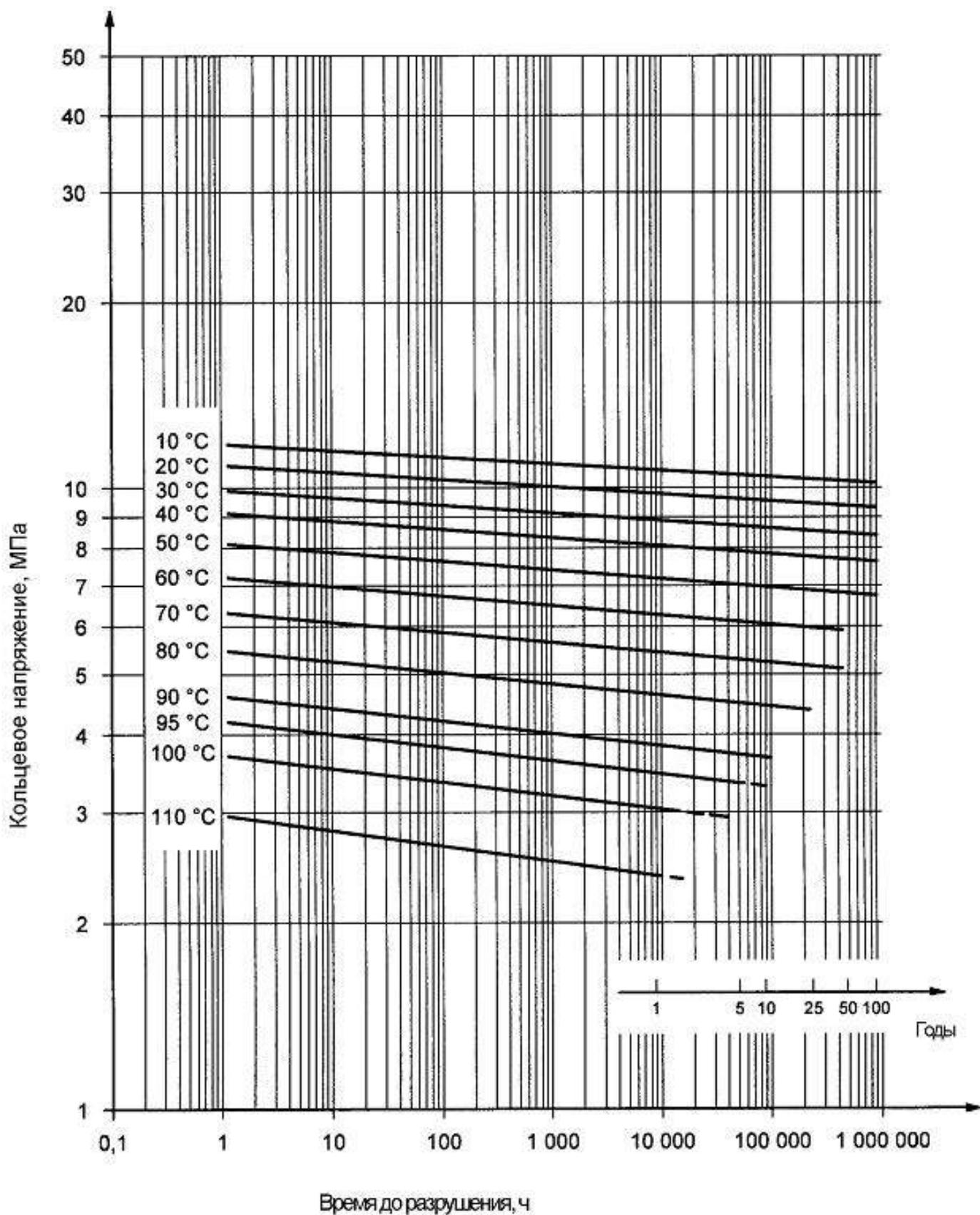
1. Эталонные графики длительной прочности PP-R (PPR/PPR Aqua)



2. Эталонные графики длительной прочности PP-RCT (PPRT FRP)



3. Эталонные графики длительной прочности PE-RT II (PERT II)



#### 4. Эталонные графики длительной прочности РЕХ

