

Согласовано
ОАО «НИИ сантехники»
Зам. генерального директора
А.Н. Афонин



Утверждаю
ООО «Альтерпласт»
Технический директор
О.В. Козлов



«Расчет срока эксплуатации полипропиленовых труб при нормативных условиях т.м. «ТЕВО technics» в зависимости от длительности отопительного сезона, давления и температуры теплоносителя для некоторых городов России».

Разработчик:
ООО «Альтерпласт», инженер
А.М. Самоделко



Москва 2011г.

Расчет выполнен на основании ГОСТ Р 52134-2003.

В настоящее время у проектировщиков систем отопления и водоснабжения возникают вопросы о сроках эксплуатации инженерных систем, выполненных из труб PP-R.

Таблицы, приведенные в ГОСТ Р 52134-2003 и в приложении к СП 40-101-96, не позволяют полностью оценить срок службы трубопровода при конкретных параметрах теплоносителя. Расчет же по правилу Майнера достаточно затруднителен.

Предлагаем Вам использовать проведенный ниже расчет срока эксплуатации на основе стандартных эталонных кривых длительной прочности труб из PP-R при различных давлениях и температурах, для учета возможности использования труб «ТЕВО technics» в инженерных системах.

Представленные данные подтверждают надежность систем отопления и водоснабжения, выполненных из полипропиленовых труб «ТЕВО technics», не армированных труб (PN20) и армированных стекловолокном (PN20) или алюминиевой фольгой (PN25).

1. Определение срока эксплуатации при постоянных нагрузках.

Срок службы трубопровода PP-R зависит от материала, толщины стенки (SDR), рабочего давления в системе и температуры протекающей по трубе жидкости.

Для определения срока эксплуатации необходимо установить напряжение в стенке трубы из условия длительной прочности:

$$\sigma = C \cdot P \cdot (d-s) / (2 \cdot s), \quad (1) \text{ и } (4) \text{ ГОСТ Р 52134-2003}$$

где:

σ — напряжение в стенке трубы, МПа

P — максимальное рабочее давление, МПа

d — средний наружный диаметр трубы, мм

s — минимальная толщина стенки трубы, мм

C — коэффициент запаса прочности

Время, которое труба может выдержать, не разрушаясь (ГОСТ Р 52134-2003, приложение В, рис. В.3, правая часть ломаной кривой):

$$\lg(t) = -19,98 + 9507/T - 4,11 \cdot \lg(\sigma)$$

где:

t — время, ч

T — температура, К

σ — напряжение в стенке трубы, МПа

Определим расчетный срок службы трубы PN 20 (PP-R) для разных давлений с коэффициентом запаса прочности $C = 1,5$

Зависимость срока службы трубы PN 20 (PP-R), C = 1,5 от температуры теплоносителя при постоянном давлении 0,2 МПа, 0,3 МПа, 0,4 МПа, 0,5 МПа, 0,6 МПа (на основе эталонных кривых длительной прочности труб из PP-R ГОСТ Р 52134-2003).

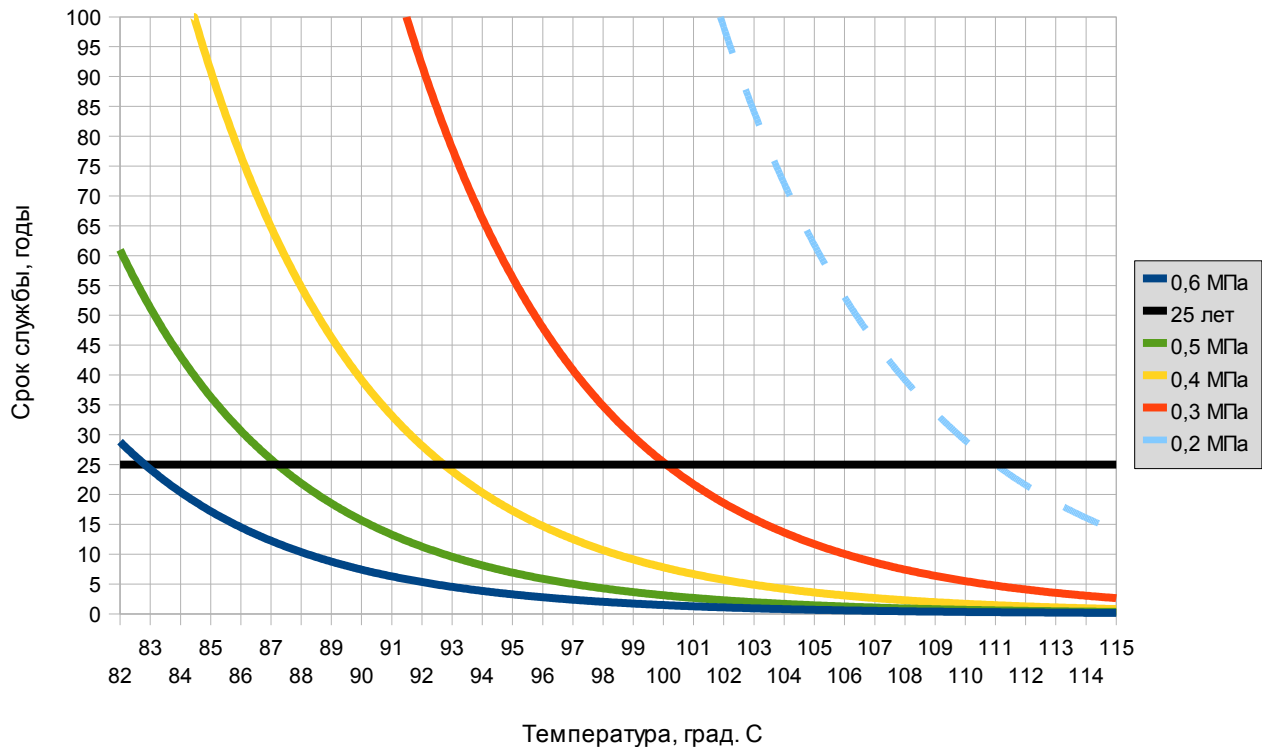


Рис.1

2. Определение срока эксплуатации полипропиленовой трубы по 5 классу эксплуатации.

В реальности теплоноситель в течение эксплуатации имеет переменную температуру, поэтому в ГОСТ Р 52134-2003 установлены размеры труб и параметры, определяющие срок их службы: длительная прочность материала в виде зависимости "время — напряжения в стенке трубы — температура" и условия эксплуатации (классы), определяемые комплексом температур и временем их воздействия, а также значения максимальных рабочих давлений и коэффициенты запаса прочности.

Суммарное годовое повреждение TYD, %, определяется по формуле:

$$TYD = \sum a_i / t_i$$

где:

a_i — время действия температуры "i" в течение года, %

t_i — время непрерывного действия температуры "i", которое труба может

выдержать без разрушения, выраженное в часах или годах.

Срок службы трубы t_x является величиной обратной TYD и составляет:

$$t_x = 100 / \text{TYD}$$

Рассчитаем срок службы PP-R труб PN 16 и PN 20, используемых для отопления, по правилу Майнера.

Хотим отметить, что согласно ГОСТ Р 52134-2003 п. 8.5 проверку стойкости труб с защитным слоем (наружное армирование алюминием) при постоянном внутреннем давлении производят без учёта толщины защитного слоя. Следовательно, труба «ТЕВО technics» PN 25, например, номинальным диаметром 20мм и толщиной 3,4 мм (DNxS=20*3,4мм), армированная алюминием имеет в основе базовую трубу PN 20, с DNxS= 20*3,4мм и именно эта труба участвует в расчёте.

Так же сейчас на рынке появилась труба PN 20, (20*3,4мм) армированная алюминием и имеющая в основе базовую трубу PN 16, с DNxS= 20*2,8, которая тоже будет участвовать в расчёте, как PN16.

Приведенный ниже расчет справедлив также для всех труб PN20 со стандартным размерным отношением SDR = 6 неармированных и, предположительно, армированных стекловолокном.

Согласно табл. 26 (ГОСТ Р 52134-2003), вышеописанная труба соответствует 5- му классу эксплуатации и для этого класса установлен следующий температурный режим в течение срока службы 50 лет:

$T_{\text{раб.}} = T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ — 14 лет, т.е. время действия данной температуры в течение года составляет $a_1 = 28\%$

$T_{\text{раб.}} = T_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ — 25 лет, т.е. $a_2 = 50\%$

$T_{\text{раб.}} = T_3 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ — 10 лет, т.е. $a_3 = 20\%$

$T_{\text{макс.}} = T_4 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ — 1 год, т.е. $a_4 = 2\%$

$T_{\text{авар.}} = T_5 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ — 100 часов, т.е. $a_5 = 0,02\%$

Определим значение срока службы t_x для давлений от 0,5 до 0,8 МПа для трубы PN 16

| | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P, МПа | 0,500 | 0,550 | 0,600 | 0,650 | 0,700 | 0,750 | 0,800 |
| Сигма PN 16, МПа | 2,477 | 2,724 | 2,972 | 3,219 | 3,467 | 3,715 | 3,962 |
| t_x PN 16, лет= | 75,84 | 51,26 | 35,85 | 25,8 | 19,02 | 14,33 | 10,99 |

Определим значение срока службы t_x для давлений от 0,5 до 0,8 МПа для трубы PN 20

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| P, МПа | 0,500 | 0,550 | 0,600 | 0,650 | 0,700 | 0,750 | 0,800 |
| Сигма PN 20, МПа | 1,830 | 2,013 | 2,196 | 2,379 | 2,562 | 2,745 | 2,928 |
| t_x PN 20, лет= | 262,95 | 177,73 | 124,29 | 89,45 | 65,96 | 49,68 | 38,1 |

Зависимость срока службы от давления для труб PN 16 и PN 20 C=1,5

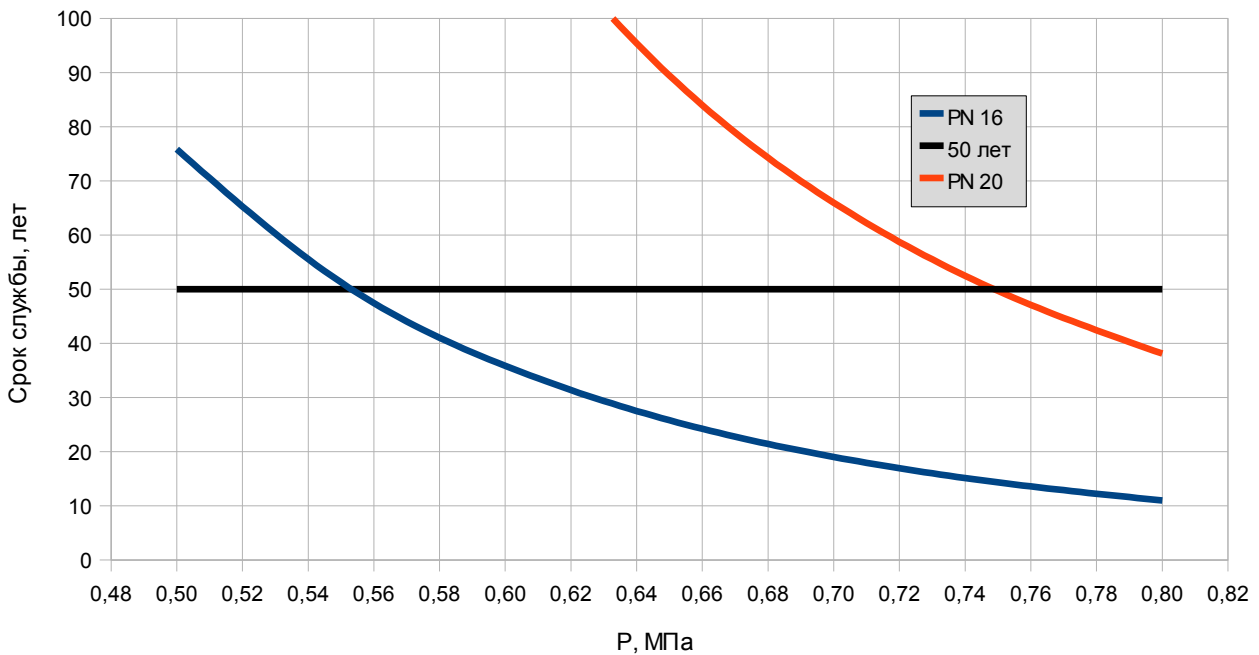


Рис. 2

Из данных таблицы следует, что для срока службы 50 лет максимальное давление теплоносителя для PN 16 и PN 20 составляет 0,55 и 0,75 МПа соответственно. Так же срок службы труб PN 16 в 3-3,5 раза меньше, чем у PN 20 при одинаковом рабочем давлении.

3. Расчет срока службы при постоянных нагрузках при различной длительности отопительного сезона.

Согласно СНиП 41-03-2003 "Отопление, вентиляция и кондиционирование" п. 6.1.4 срок службы трубопроводов должен быть не менее 25 лет.

Из графика (рис.1) следует, что для трубы PN 20 максимальная температура теплоносителя для давлений 0,6 МПа, 0,5 МПа, 0,4 МПа, 0,3 МПа составляет 83, 87, 93, 100 °С соответственно. При этом полученные значения срока службы - это время эксплуатации трубопровода в условиях непрерывного отопления с постоянной температурой. Из отношения продолжительности календарного года к продолжительности отопительного сезона выведем коэффициент, на который умножим показатель минимального срока эксплуатации в условиях непрерывного отопления с постоянной температурой. Полученный в результате показатель является предполагаемым минимальным сроком эксплуатации трубопровода при указанных значениях температуры и давления. Для примера возьмём города Москву, Ростов-на-Дону и Мурманск, у которых отопительный сезон (СНиП 23-01-99*) составляет: Москва — 214 дней, Ростов-на-Дону — 171 день, Мурманск — 275 дней.

Зависимость срока службы трубы PN 20 (PP-R), $C = 1,5$ от температуры теплоносителя при постоянном давлении 0,2 МПа, 0,3 МПа, 0,4 МПа, 0,5 МПа, 0,6 МПа (на основе эталонных кривых длительной прочности труб из PP-R ГОСТ Р 52134-2003). Москва

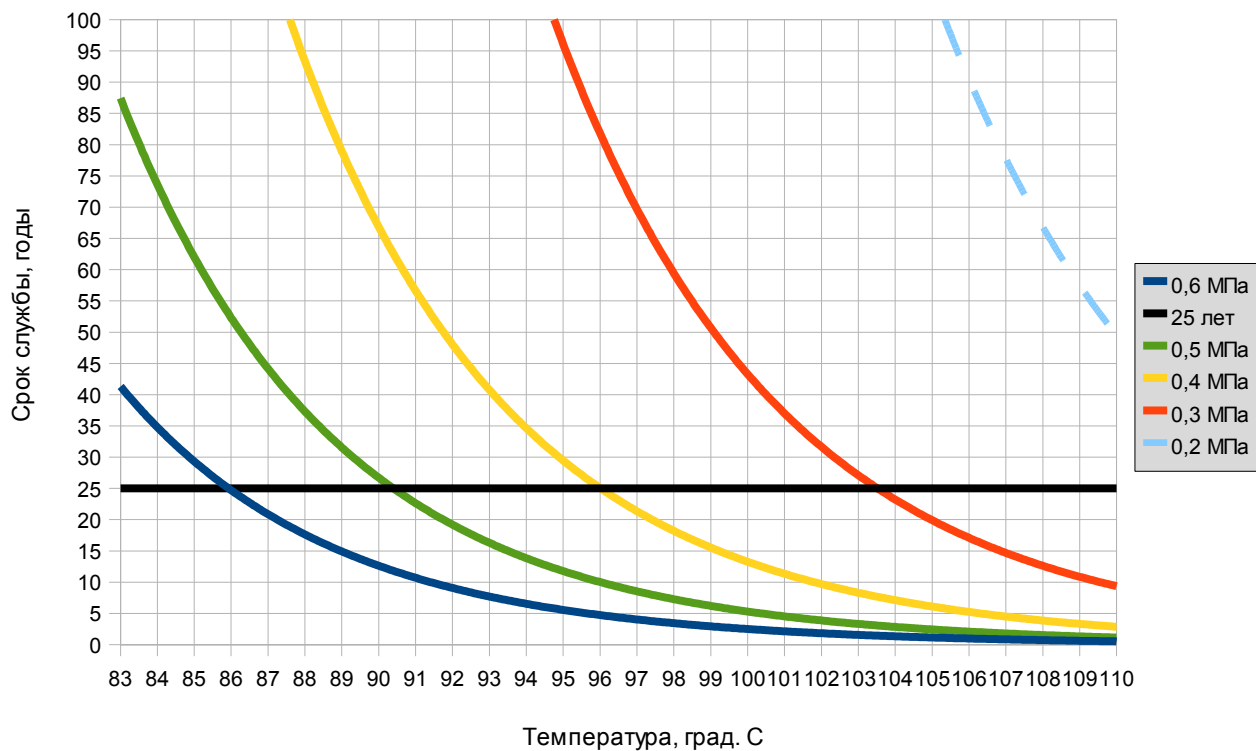


Рис.3

Зависимость срока службы трубы PN 20 (PP-R), C = 1,5 от температуры теплоносителя при постоянном давлении 0,2 МПа, 0,3 МПа, 0,4 МПа, 0,5 МПа, 0,6 МПа (на основе эталонных кривых длительной прочности труб из PP-R ГОСТ Р 52134-2003). Ростов-на-Дону.

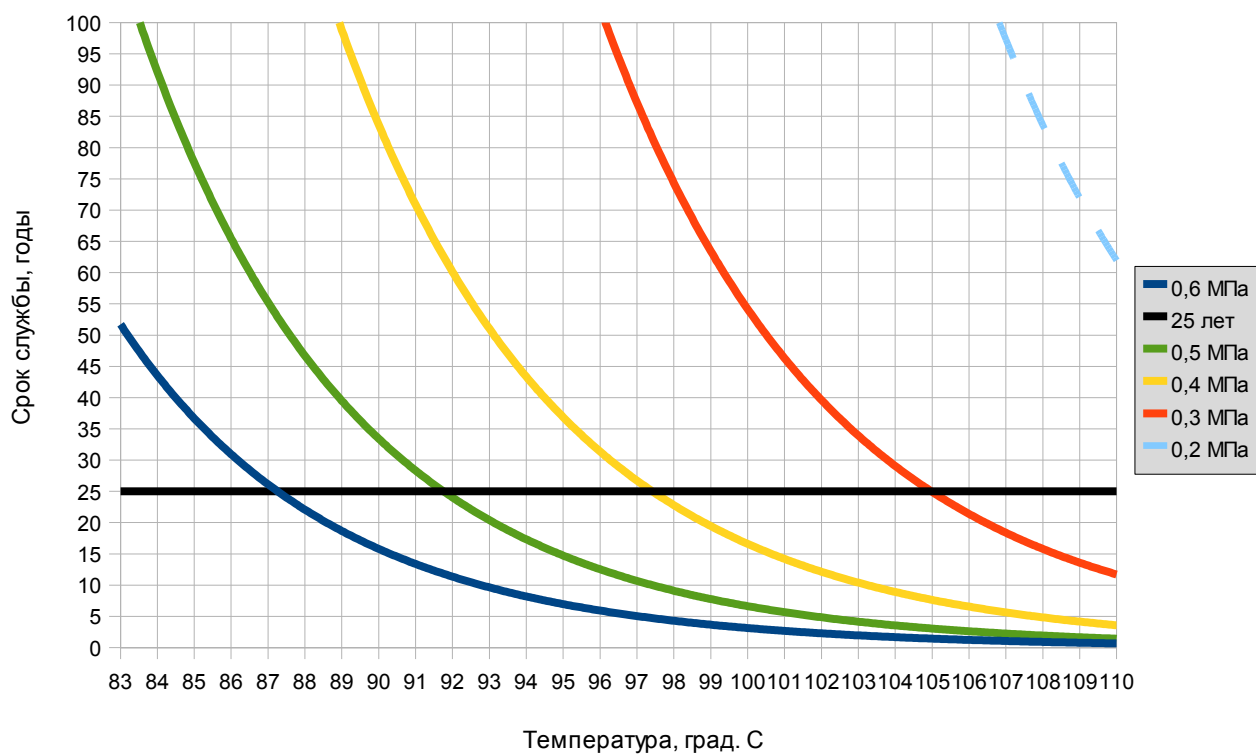


Рис.4

Зависимость срока службы трубы PN 20 (PP-R), C = 1,5 от температуры теплоносителя при постоянном давлении 0,2 МПа, 0,3 МПа, 0,4 МПа, 0,5 МПа, 0,6 МПа (на основе эталонных кривых длительной прочности труб из PP-R ГОСТ Р 52134-2003). Мурманск

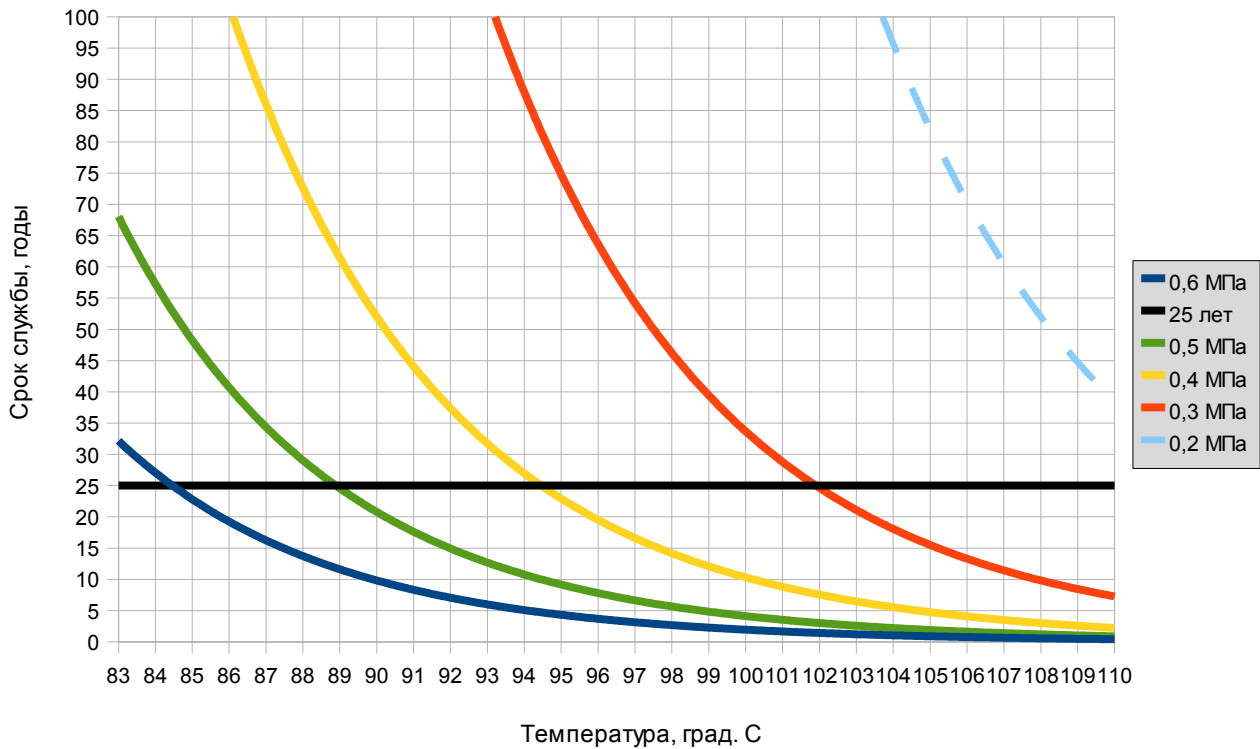


Рис.5

Предполагая, согласно табл. 26 ГОСТ Р 52134-2003, постоянным процентное соотношение длительности действия температур, отличных от 20 °С, для отопительных сезонов различной продолжительности, произведем расчет срока эксплуатации полипропиленовых труб PN20 для различных городов России.

Например, для Москвы:

Отопительный сезон 214 дней.

$T_{\text{раб.}} = T_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — (365-214) дней в году.

т.е. время действия данной температуры в течение года составляет $a_1 = 41,4\%$
 Введем коэффициент соответствия таблицы 26 и длительности отопительного сезона в Москве: $(100\%-41,4\%)/(100-28\%)=0,814$, тогда

$T_{\text{раб.}} = T_2 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — 25 лет, т.е. $a_2 = 40,7\%$

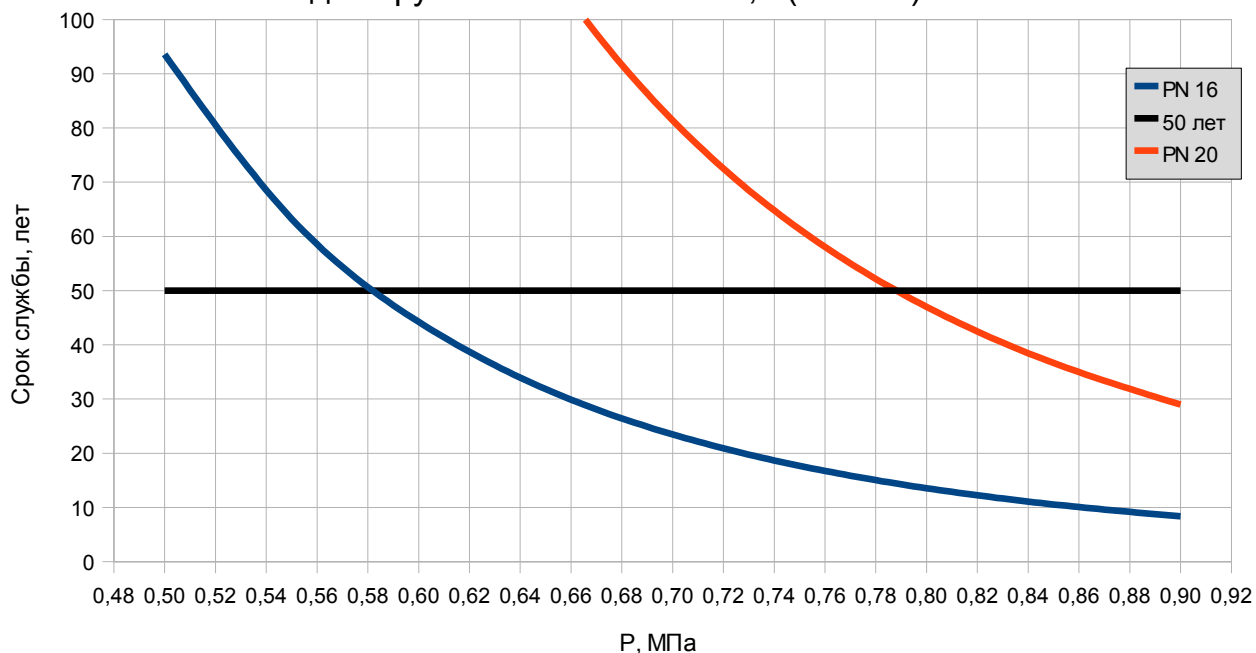
$T_{\text{раб.}} = T_3 = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — 10 лет, т.е. $a_3 = 16,3\%$

$T_{\text{макс.}} = T_4 = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — 1 год, т.е. $a_4 = 1,6\%$

$T_{\text{авар.}} = T_5 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — 100 часов, т.е. $a_5 = 0,02\%$ ($T_{\text{авар.}}$ без пересчета).

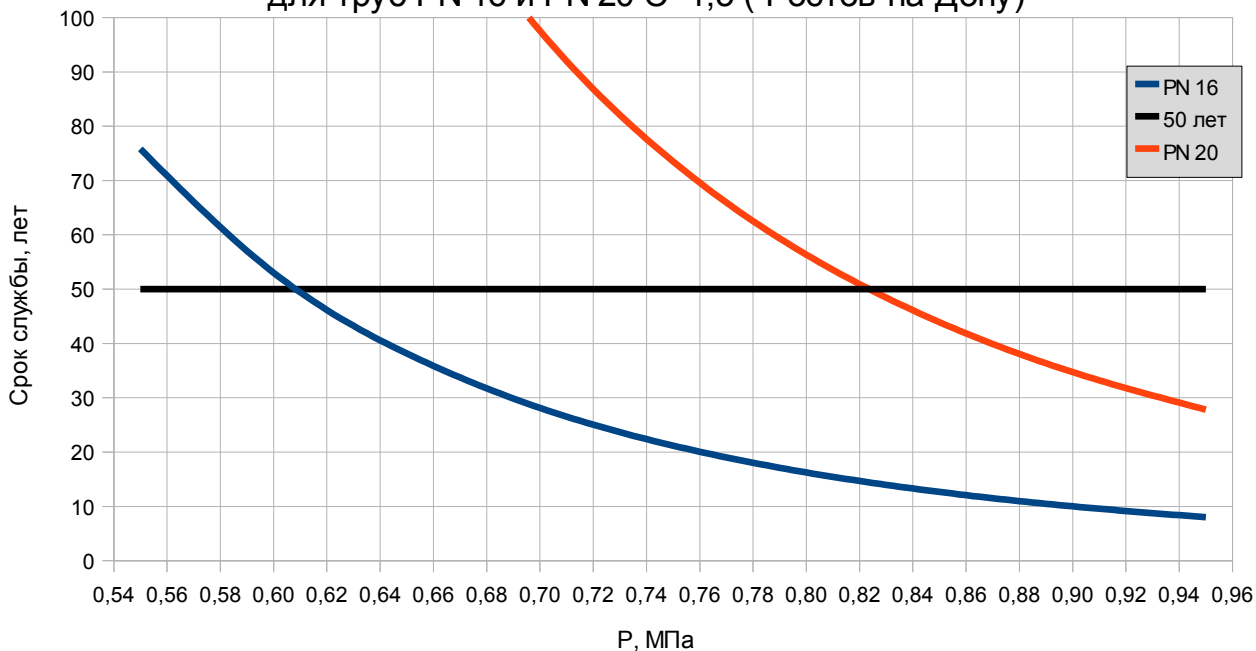
Получим для Москвы следующий график:

Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 16 и PN 20 $C=1,5$ (Москва)

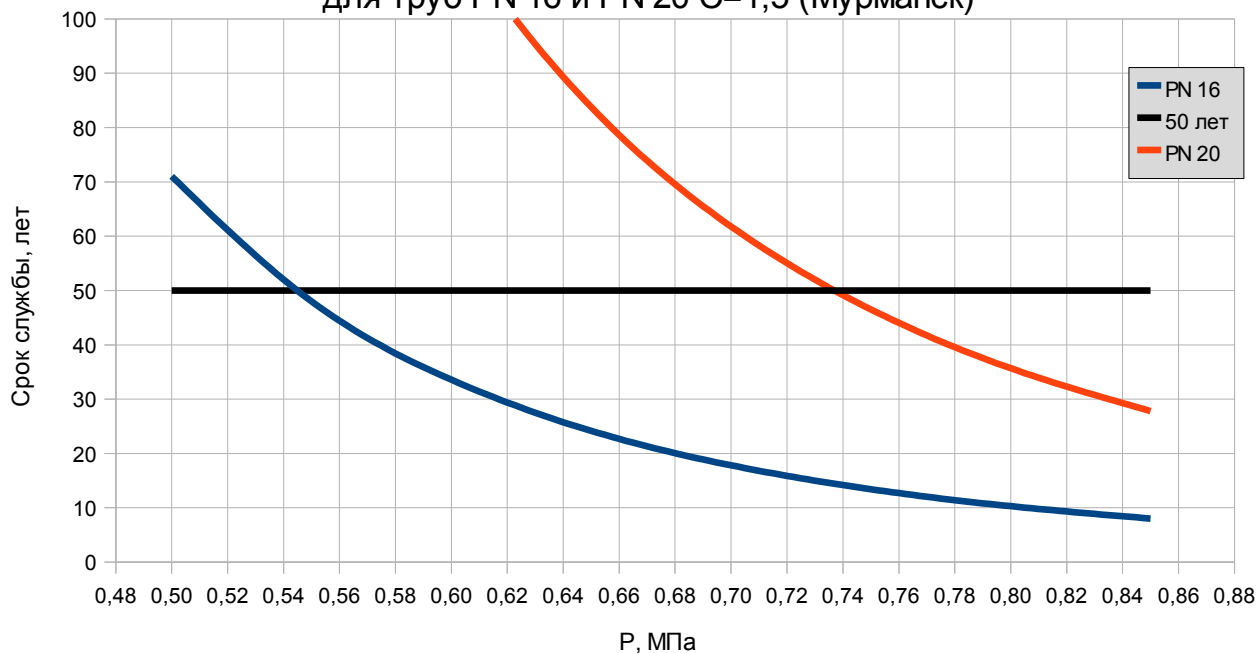


Используя выше описанную методику получим следующие графики для различных городов России, с коэффициентом запаса прочности $c=1.5$:

Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 16 и PN 20 $C=1,5$ (Ростов-на-Дону)



Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 16 и PN 20 C=1,5 (Мурманск)



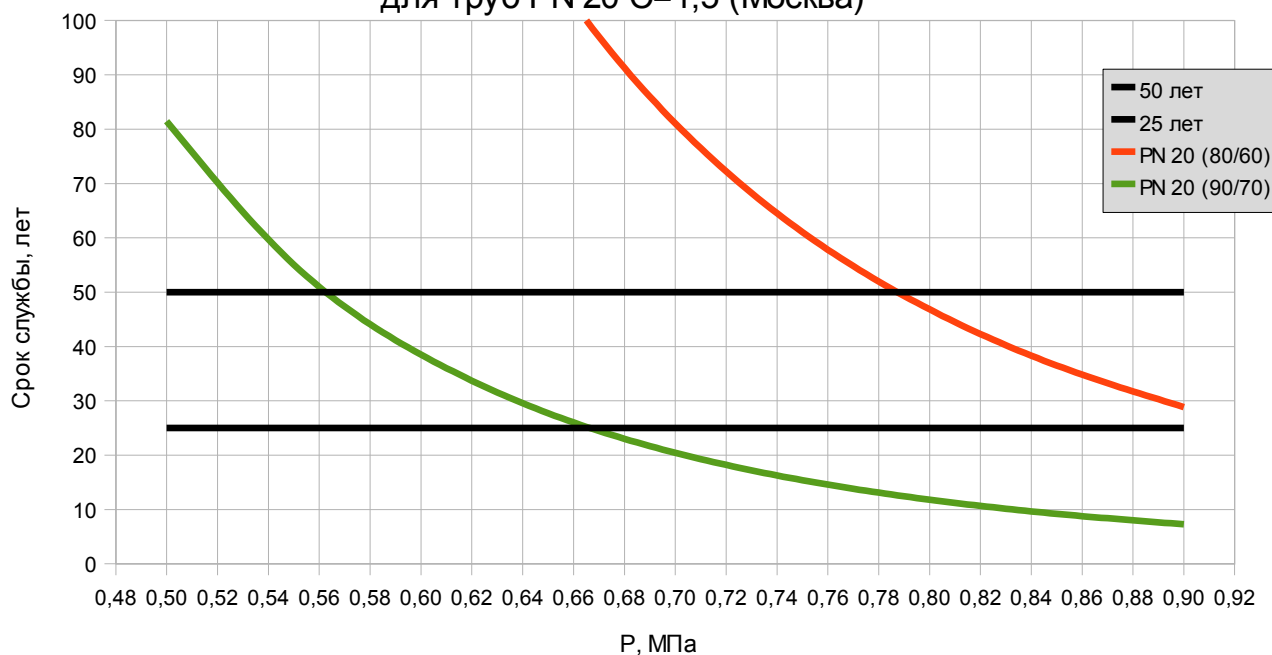
Используя ту же методику, но увеличив параметры рабочих температур с $T_{раб.} = T_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ на $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_{раб.} = T_3 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ на $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, получим:

$T_{раб.} = T_2 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 25 лет, т.е. $a_2 = 40,7\%$

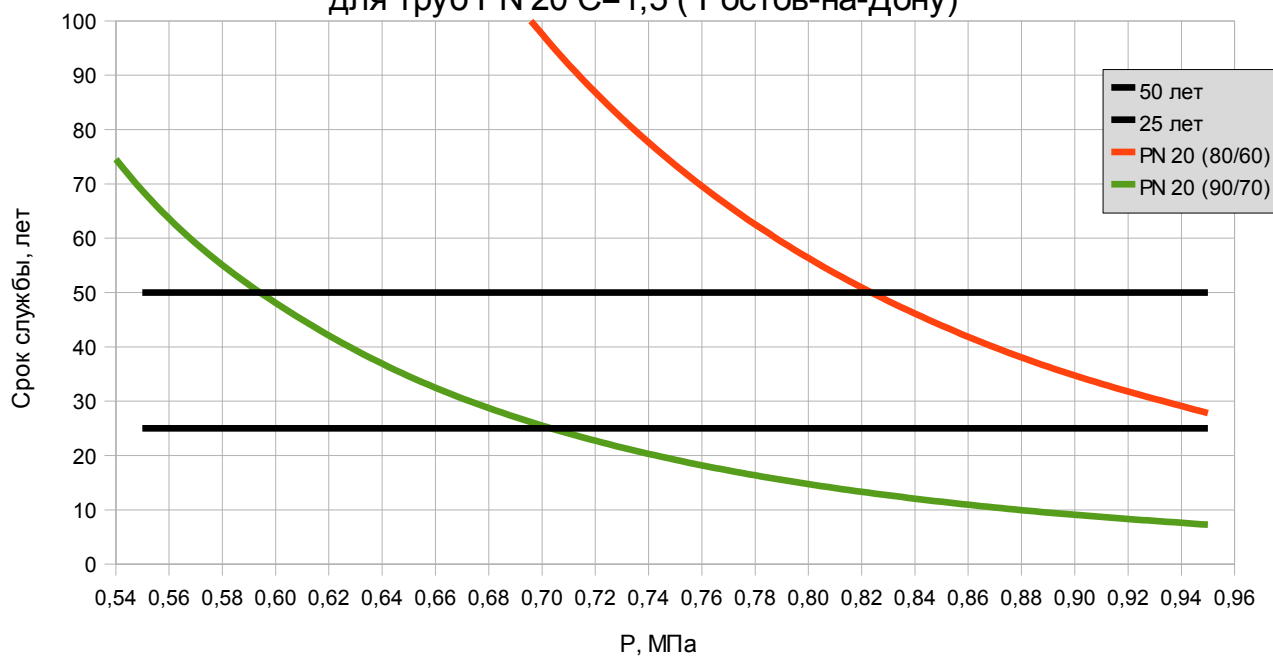
$T_{раб.} = T_3 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 11 лет, т.е. $a_3 = 17,9\%$

$T_{авар.} = T_5 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 100 часов, т.е. $a_5 = 0,02\%$ ($T_{авар.}$ без пересчета).

Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 20 C=1,5 (Москва)



Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 20 C=1,5 (Ростов-на-Дону)



Зависимость срока службы от давления при переменной рабочей температуре для труб PN 20 C=1,5 (Мурманск)

