

Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения

Советник генерального директора Г.П. Петраков,
Группа компаний «Сто Третий Трест»*

Ключевые слова: тепловые сети; полимерные трубы; термостойкий полиэтилен; сшитый полиэтилен; долгосрочная гидростатическая устойчивость; срок службы

Повышенная аварийность российских систем теплоснабжения, которая наблюдается в настоящее время, обусловлена применением в 1980-1990-х годах канальной прокладки трубопроводов и использованием недолговечных теплоизоляционных материалов. Плохая гидроизоляция и гидрофобизация волокнистых материалов при длительной эксплуатации не защищают теплоизоляцию от увлажнения, а стальные теплопроводы – от коррозии. Повышение надежности эксплуатации тепловых сетей может быть достигнуто посредством применения более коррозионноустойчивых труб (из нержавеющей стали) или антикоррозионных труб (из пластика), нанесения пенополиуретановой (ППУ) теплоизоляции и полиэтиленовой гидрозащитной оболочки в заводских условиях [1].

В последнее десятилетие в России возрос интерес к полимерным (пластиковым) трубам с точки зрения их применения в тепловых сетях районных поселений и кварталов крупных городов. Эксплуатационные свойства пластиковых труб позволяют производить их укладку в грунт практически без учета теплового расширения, с небольшими радиусами изгиба, при этом отсутствует необходимость установки неподвижных опор (кроме мест установки запорной арматуры, отводов, тройников и вводов в здания и сооружения). Анализ имеющихся на рынке труб из полимерных материалов показывает, что их можно использовать при температуре до 95 °С и рабочем давлении до 1,0 МПа [2-18].

Наиболее перспективными пластиковыми трубами являются трубы из PE-RT (polyethylene of raised temperature resistance – полиэтилен с повышенным температурным сопротивлением и устойчивостью к старению) и PE-X (cross-linked polyethylene – сшитый полиэтилен или полиэтилен высокой плотности с перекрестными связями) [8-18].

Трубы из PE-RT обладают долгосрочной гидростатической устойчивостью (способностью препятствовать проникновению жидкости сквозь материал под влиянием давления) при высоких температурах, не имея при этом молекулярной сшивки. Это выражается в значительных технологических преимуществах (возможность сварки) по сравнению со сшиваемыми системами (PE-X), а также в снижении стоимости труб.

В настоящее время для производства пластика PE-RT тип II в компании «The Dow Chemical Company» разработана уникальная двухреакторная технология сополимеризации октена с этиленом с использованием металлоценовых катализаторов, которая позволила поднять на новый уровень гидростатическую устойчивость термостойкого полиэтилена.

Применение стеклопластиковых (композитных) труб типа GRE (glassfiber reinforced epoxy – стеклопластик на эпоксидном связующем) и GRP (glassfiber reinforced plastics – стеклопластик на винилполиэфирном связующем) в тепловых сетях нецелесообразно, так как для них требуется установка неподвижных опор и оборудования, компенсирующего тепловое расширение. Стеклопластиковые трубы могут использоваться в качестве футляров для прокладки полиэтиленовых труб под автомобильными и железными дорогами [19].

Надежность систем теплоснабжения напрямую зависит от срока службы теплопроводов, который в среднем по стране пока не превышает 15-ти лет. Применение пластиковых труб позволяет увеличивать срок службы до 30-ти лет и более [19], поэтому определение нормативного срока службы пластиковых труб представляет большой практический интерес.

Целью этой статьи является определение срока службы полимерных теплопроводов из PE-RT и PE-X при температуре до 110 °С на основании методик, приведенных в отечественных и зарубежных стандартах.

Срок службы пластиковых труб

Быстрота износа теплопровода зависит от интенсивности воздействия механических напряжений и химических веществ из внутренней и внешней среды. Напряжение в трубе может возникать из-за внутреннего давления среды или под действием внешних факторов (изгиб, сдвиг и пр.). Эти напряжения могут быть постоянными или переменными. Воздействие внешних или внутренних химических веществ, изменения температуры и напряжений в совокупности влияют на срок службы теплопровода.

Полимерные трубы имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры всего срока эксплуатации и от максимального диаметра трубы. Расчет эксплуатационных характеристик (кольцевое напряжение, максимальное давление) производится по методу расчета накопленных повреждений с помощью правила Майнера, разработанному в рамках DIN EN ISO 13760 [20].

Один из критериев срока службы – это устойчивость к напряжению от постоянного внутреннего давления при заданном температурном профиле. Она может быть исследована с помощью гидростатического и термического стресс-тестирования.

Определение зависимостей напряжения от времени разрыва трубы, их применение для оценки срока службы пластиковой трубы разработаны в рамках стандартов ANSI/ASTM D 2837 [21] и ISO 9080 [22].

Пример расчета срока службы по правилу Майнера можно найти в Приложении А к ГОСТ Р 52134 [23].

Испытания образцов пластиковой трубы на гидростатическую устойчивость при различных внутренних давлениях и температурах в лабораторных условиях позволяют получить данные о времени разрыва трубы. Однако эти данные не образуют прямой линии при построении графика в декартовых координатах. Представление напряжения и времени разрыва в логарифмических координатах привело к линеаризации графика и возможности использования регрессионного анализа для прогнозирования срока службы пластиковой трубы.

При анализе результатов испытаний по ISO 9080 [22] получают четыре коэффициента, описывающие скорость регрессии кольцевого напряжения, которые необходимы для расчета максимального рабочего давления при заданном SDR (standard dimensional ratio – стандартное размерное отношение, численно равное отношению номинального наружного диаметра трубы к номинальной толщине стенки). Максимальное рабочее давление для пластиковой трубы определяется после расчета максимального срока службы при заданном температурном профиле.

Действительным обоснованием по ISO 9080 [22] максимального срока службы пластиковой трубы в 50 лет могут служить данные, полученные в течение установленного испытательного периода и при определенной максимальной температуре (см. таблицу 1).

Таблица 1. Период и температура испытаний по ISO 9080 [22]

Период и температура испытаний по ISO 9080		Эксплуатационные параметры	
период испытаний, год/час	температура испытаний, °С	срок службы, лет	рабочая температура, °С
0,1 / 1000	95	11	45
1,0 / 8760	95	50	55
1,8 / 15786	95	50	60
2,7 / 23652	95	50	65
1,0 / 8760	110	50	70
1,8 / 15786	110	50	75
2,7 / 23652	110	50	80
12,5 / 109500	110	50	95

Для пластиковых труб, применяемых в российских системах теплоснабжения, определение максимального срока службы должно выполняться согласно методике, приведенной в Приложении А ГОСТ Р 52134 [23], с помощью правила Майнера (см. DIN EN ISO 13760 [20]). Качество ППУ изоляции пластиковых труб регламентируется ГОСТ Р 54468 [24] и DIN EN 15632 [25, 26].

Значения срока службы при непрерывном действии определенных параметров теплоносителя для пластиковых труб, применяемых в тепловых сетях, должно соответствовать 5-му классу эксплуатации по ГОСТ Р 52134 [23] и DIN EN 15632 [25, 26] (см. таблицу 2).

Таблица 2. Характеристики 5-го класса эксплуатации по ГОСТ Р 52134 [23]

Класс эксплуатации	$T_{\text{раб.}}, ^\circ\text{C}$	Время при $T_{\text{раб.}}, \text{год}$	$T_{\text{макс.}}, ^\circ\text{C}$	Время при $T_{\text{макс.}}, \text{год}$	$T_{\text{авар.}}, ^\circ\text{C}$	Время при $T_{\text{авар.}}, \text{ч}$	Область применения
5	20	14	90	1	100	100	Высоко-температурное отопление
	60	25					
	80	10					

Возможный вариант режима работы тепловых сетей по графику температур 105/70 °С для Санкт-Петербурга (Россия) представлен в таблице 3.

Таблица 3. Вариант режима работы для Санкт-Петербурга (Россия)

Температура наружного воздуха $T_{\text{н.в.}}, ^\circ\text{C}$	Рабочая температура для подающего трубопровода $T_{1\text{раб.}}, ^\circ\text{C}$	Рабочая температура для обратного трубопровода $T_{2\text{раб.}}, ^\circ\text{C}$	Время работы (в год) при $T_{\text{раб.}}, \text{ч}$	Доля времени работы при $T_{\text{раб.}}$ от общего времени, %
-26,0	105	70	9	0,10
-25,0	103	69	26	0,30
-24,0	101	68		
-23,0	100	67	44	0,50
-22,0	98	66		
-21,0	96	65	53	0,60
-20,0	94	64		
-19,0	92	63	61	0,70
-18,0	90	62		
-17,0	89	61	79	0,90
-16,0	87	60		
-15,0	85	59	123	1,40
-14,0	83	58		
-13,0	81	57	140	1,60
-12,0	79	56		
-11,0	77	55	193	2,20
-10,0	75	54		
-9,0	73	52	219	2,50
-8,0	71	51		
-7,0	69	50	316	3,60
-6,67	69	50		
-6,33	68	49		
-6,0	67	49		
-5,67	67	49	376	4,29
-5,33	66	48		
-5,0	65	48		
-4,50	64	47		
-4,0	63	47	438	5,00
-3,67	63	46		
-3,33	62	46		
-3,0	61	46		
-2,50	60	45	587	6,69
-2,0	59	44		
-1,67	59	44		
-1,33	58	44		
-1,0	57	43		
-0,67	57	43		
-0,33	56	42	879	10,03
0,0	55	42		

Петраков Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения

Температура наружного воздуха $T_{н.в.}$, °С	Рабочая температура для подающего трубопровода $T_{1раб.}$, °С	Рабочая температура для обратного трубопровода $T_{2раб.}$, °С	Время работы (в год) при $T_{раб.}$, ч	Доля времени работы при $T_{раб.}$ от общего времени, %
0,50	54	41		
1,0	53	41		
1,33	53	40		
1,67	52	40		
2,0	51	39		
2,33	50	39		
2,67	50	39	719	8,20
3,0	49	38		
3,50	48	38		
4,0	47	37		
4,33	46	36		
4,67	45	36	535	6,10
5,0	45	35		
6,0	42	34	456	5,20
7,0	40	33		
8,0	38	31	465	5,30
9,0	36	30		
≥10,0	≤33	≤28	3050	34,79

Для примера выполнения расчета в качестве технических характеристик пластиковой трубы в ППУ изоляции рассмотрим характеристики трубы ПЛАСТФЛЕКС SDR 7,4 из Dowlex™ PE-RT тип II по ТУ 2248-017-70629337-2010 ООО «Изосталь» (г. Санкт-Петербург). Расчет выполним для подающего трубопровода тепловой сети согласно Приложению А ГОСТ Р 52134 [23] и РТП 02-01 [27].

Рабочее кольцевое напряжение в стенке трубы определяется по формуле:

$$\sigma_s = P_{раб} (SDR - 1) / 2, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где $P_{раб}$ – максимальное рабочее давление в первом приближении, МПа;

$SDR = D / S$ – стандартное размерное отношение (D – наружный диаметр, S – толщина стенки).

Для каждой группы температур определяется минимальная длительная прочность (кольцевое напряжение с учетом запаса прочности) при рабочей температуре по формуле:

$$\sigma = C \sigma_s, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где C – коэффициент запаса прочности:

$C = 1,5$ – при рабочей температуре (время действия температуры в течение года – около 98 %);

$C = 1,3$ – при максимальной температуре (время действия температуры в течение года – 2 %);

$C = 1,0$ – при аварийной температуре.

Для каждой температуры и кольцевого напряжения при помощи логарифмической зависимости определяется время, которое труба может выдержать без разрушения (см. DIN EN ISO 22391-2 [28]):

$$\lg(t_i) = -219 - \frac{62600,752 \cdot \lg(\sigma_i)}{T_i} + \frac{90635,353}{T_i} + 126,387 \cdot \lg(\sigma_i), \text{ т.е. } t_i = 10^{\lg(t_i)}, \text{ ч}, \quad (3)$$

где T_i – температура в градусах Кельвина ($0^\circ\text{C} = 273,15^\circ\text{K}$).

Определяется процентная доля воздействия каждой температуры в течение года по формуле:

$$a_i = \tau_i / \tau_2, \quad (4)$$

где τ_i – длительность воздействия данной температуры в течение года, ч;

τ_2 – длительность года, ч.

Определяется максимальный срок службы трубы (расчет выполняется в часах, а окончательный результат переводится в годы) по формуле:

$$t_x = \frac{1}{8766 \cdot \sum_i (a_i / t_i)}, \text{ лет.} \quad (5)$$

Методом последовательных приближений, изменяя максимальное рабочее давление, по формулам (1)-(5) находим вариант, при котором максимальный срок службы трубы ПЛАСТФЛЕКС SDR 7,4 из PE-RT тип II по ТУ 2248-017-70629337-2010 составляет 50 лет (см. таблицу 3).

Если в качестве технических характеристик пластиковой трубы в ППУ изоляции рассмотреть характеристики трубы ПЛАСТФЛЕКС SDR 7,4 из PE-RT тип II DOWLEX™ 2388, то время, которое труба может выдержать без разрушения, вычисляется через логарифмическую зависимость (см. рисунок 1, Report EXOVA/P-11/73 [29]):

$$\lg(t_i) = -224,36 - \frac{67711,171 \cdot \lg(\sigma_i)}{T_i} + \frac{92752,63}{T_i} - 144,766 \cdot \lg(\sigma_i), \text{ т.е. } t_i = 10^{\lg(t_i)}, \text{ ч.} \quad (6)$$

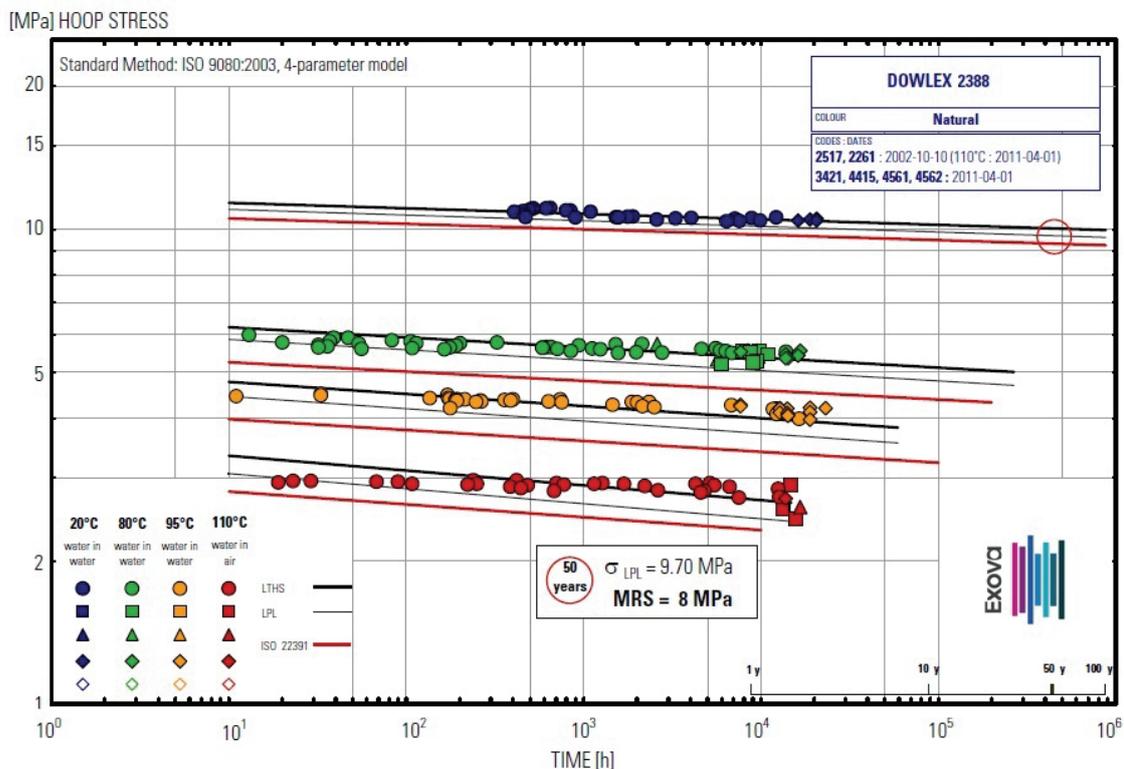


Рисунок 1. График длительной прочности трубы из PE-RT тип II DOWLEX™ 2388

Аналогичные действия выполняем для трубы ПЛАСТФЛЕКС SDR 7,4 из DOWLEX™ 2388. Методом последовательных приближений, изменяя максимальное рабочее давление, по формулам (1), (2), (4)-(6) находим вариант, при котором ее максимальный срок службы составляет 50 лет (см. таблицу 3).

Если в качестве технических характеристик пластиковой трубы в ППУ изоляции рассмотреть характеристики трубы ИЗОПРОФЛЕКС SDR 7,4 из PE-X по ТУ 2248-021-40270293-2005 (для температуры до 95 °С) либо по ТУ 2248-001-48532278-2011 (для температуры до 115 °С, без учета армирующей сетки Kevlar) ЗАО «Завод АНД Газтрубпласт» (г. Москва), то время, которое труба может выдержать без разрушения, вычисляется через следующие логарифмические зависимости:

$$\lg(t_i) = -105,8618 - \frac{18506,15 \cdot \lg(\sigma_i)}{T_i} + \frac{57895,49}{T_i} - 24,7997 \cdot \lg(\sigma_i), \text{ т.е. } t_i = 10^{\lg(t_i)}, \text{ ч.} \quad (7)$$

$$\lg(t_i) = 37,4958 - 84,0336 \cdot \lg(\sigma_i), \text{ т.е. } t_i = 10^{\lg(t_i)}, \text{ ч.} \quad (8)$$

Формула (7) применима для температур 10-95 °С (см. ГОСТ Р 52134 [23], DIN EN ISO 15875-2 [30]), формула (8) – для температур от 95-110 °С (coefficients of reference curve for expected strength from program of «EXOVA» according to Figure 1 of DIN EN ISO 15875-2 [30]).

Петраков Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения

Методом последовательных приближений, изменяя максимальное рабочее давление, по формулам (1), (2), (4), (5), (7), (8) находим вариант, при котором максимальный срок службы пластиковой трубы из PE-X составляет 50 лет (см. таблицу 4).

Таблица 4. Расчетные характеристики пластиковых труб

Температура наружного воздуха $T_{н.в.}$, °С	Рабочая температура, °С	Доля воздействия каждой температуры, %	Коэффициент запаса прочности	Значение (a/t_i) для трубы SDR 7,4 из PE-RT тип II DOWLEX™ 2388, ч ⁻¹	Значение (a/t_i) для трубы SDR 7,4 из PE-X, ч ⁻¹
-26,0	105	0,1	1,3	1,70E-06	1,95E-07
-25,0	103	0,1	1,3	4,63E-07	2,81E-07
-24,0	101	0,1	1,3	8,59E-08	2,81E-07
-23,0	100	0,3	1,3	2,63E-08	4,76E-07
-22,0	98	0,3	1,3	4,68E-09	4,76E-07
-21,0	96	0,3	1,3	9,77E-10	5,73E-07
-20,0	94	0,3	1,3	1,65E-10	8,10E-25
-19,0	92	0,3	1,3	3,11E-11	1,88E-25
-18,0	90	0,3	1,5	1,90E-09	1,89E-21
-17,0	89	0,5	1,5	4,41E-10	4,91E-22
-16,0	87	0,5	1,5	7,71E-11	9,60E-23
-15,0	85	0,7	1,5	2,04E-11	2,85E-23
-14,0	83	0,7	1,5	3,40E-12	5,34E-24
-13,0	81	0,8	1,5	6,20E-13	1,10E-24
-12,0	79	0,8	1,5	9,76E-14	1,95E-25
-11,0	77	1,1	1,5	2,03E-14	4,59E-26
-10,0	75	1,1	1,5	3,01E-15	7,69E-27
-9,0	73	1,2	1,5	4,85E-16	1,41E-27
-8,0	71	1,2	1,5	6,74E-17	2,22E-28
-7,0	69	0,9	1,5	6,47E-18	2,43E-29
-6,7	69	0,9	1,5	3,30E-18	1,30E-29
-6,3	68	0,9	1,5	1,64E-18	6,75E-30
-6,0	67	0,9	1,5	8,33E-19	3,58E-30
-5,7	67	0,9	1,5	3,97E-19	1,78E-30
-5,3	66	0,9	1,5	1,96E-19	9,22E-31
-5,0	65	0,9	1,5	9,76E-20	4,80E-31
-4,5	64	0,9	1,5	3,41E-20	1,80E-31
-4,0	63	0,9	1,5	1,17E-20	6,62E-32
-3,7	63	1,2	1,5	8,30E-21	4,92E-32
-3,3	62	1,2	1,5	3,99E-21	2,48E-32
-3,0	61	1,2	1,5	1,93E-21	1,26E-32
-2,5	60	1,2	1,5	6,43E-22	4,50E-33
-2,0	59	1,1	1,5	1,90E-22	1,43E-33
-1,7	59	1,1	1,5	9,01E-23	7,11E-34
-1,3	58	1,1	1,5	4,20E-23	3,48E-34
-1,0	57	1,1	1,5	1,98E-23	1,72E-34
-0,7	57	1,1	1,5	9,27E-24	8,48E-35
-0,3	56	1,1	1,5	4,24E-24	4,08E-35
0,0	55	2,0	1,5	3,55E-24	3,59E-35
0,5	54	2,0	1,5	1,10E-24	1,20E-35
1,0	53	2,0	1,5	3,36E-25	3,96E-36
1,3	53	2,0	1,5	1,51E-25	1,88E-36
1,7	52	2,0	1,5	6,69E-26	8,76E-37

Температура наружного воздуха $T_{н.в.}$, °С	Рабочая температура, °С	Доля воздействия каждой температуры, %	Коэффициент запаса прочности	Значение (a_i/t_i) для трубы SDR 7,4 из PE-RT тип II DOWLEX™ 2388, ч ⁻¹	Значение (a_i/t_i) для трубы SDR 7,4 из PE-X, ч ⁻¹
2,0	51	1,6	1,5	2,44E-26	3,37E-37
2,3	50	1,6	1,5	1,09E-26	1,58E-37
2,7	50	1,6	1,5	4,70E-27	7,23E-38
3,0	49	1,6	1,5	2,08E-27	3,37E-38
3,5	48	1,6	1,5	5,92E-28	1,04E-38
4,0	47	1,5	1,5	1,54E-28	2,93E-39
4,3	46	1,5	1,5	6,52E-29	1,32E-39
4,7	45	1,5	1,5	2,70E-29	5,77E-40
5,0	45	1,5	1,5	1,14E-29	2,57E-40
6,0	42	2,6	1,5	1,33E-30	3,59E-41
7,0	40	2,6	1,5	8,53E-32	2,75E-42
8,0	38	2,7	1,5	5,08E-33	1,97E-43
9,0	36	2,7	1,5	2,71E-34	1,27E-44
≥10,0	≤33	34,8	1,5	1,67E-34	9,56E-45
Максимальное рабочее давление, МПа				0,8	0,6
Рабочее кольцевое напряжение, МПа				2,6	1,9
Максимальный срок службы трубы, лет				50	50

В приведенном выше расчете (по правилу Майнера) время, которое труба может выдержать без разрушения, может превышать 100 лет (см. таблицу 3, начиная с температуры 96 °С), что недопустимо в рамках регрессионного анализа по ISO 9080 [22]. Если учесть это ограничение по времени (до 100 лет) и вычислить максимально допустимое рабочее давление при разных температурах до 110 °С, можно выполнить корректное сравнение прочностных характеристик рассматриваемых пластиковых труб (см. рис. 2).

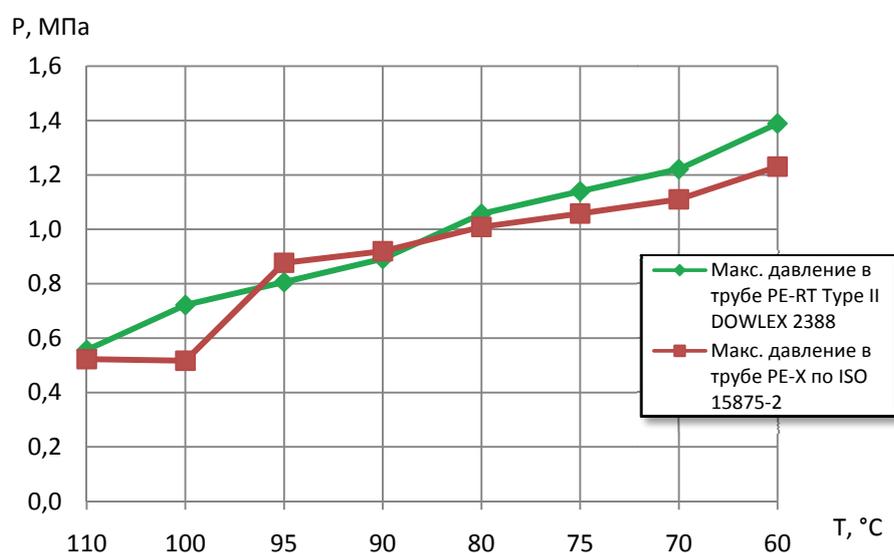


Рисунок 2. График максимально допустимого рабочего давления для пластиковых труб SDR 7,4

Для многослойной пластиковой трубы (например, пластиковая труба – армирующая сетка Kevlar – пластиковая оболочка; пластиковая труба – алюминиевая труба – пластиковая оболочка) в расчете необходимо использовать логарифмические зависимости длительной прочности, подтвержденные результатами тестирования по ISO 21003-2 [31] и ISO 9080 [22] Ганноверским институтом централизованного теплоснабжения FFI (Fernwärme Forschungsinstitut Hannover) или другой независимой аккредитованной испытательной лабораторией. В России пока не имеется аккредитованных лабораторий, которые могли бы проводить испытания при температуре более 95 °С.

Если система однослойная, то такие испытания можно провести один раз и в дальнейшем проводить только краткосрочные испытания для контроля качества труб. Максимальное рабочее давление для многослойной пластиковой трубы определяется согласно ISO 21003-2 [31].

В расчете термической стабильности при действии постоянного внутреннего давления многослойной пластиковой трубы нельзя использовать данные теплостойкости отдельных компонентов, а только данные, полученные при тестировании всей конструкции целиком. Это замечание касается трубы ИЗОПРОФЛЕКС-А по ТУ 2248-001-48532278-2011 ЗАО «Завод АНД Газтрубпласт» (для температуры до 115 °С).

Для каждого типоразмера многослойной трубы должны быть представлены свои логарифмические зависимости длительной прочности, полученные при проведении испытаний по ISO 9080 [22].

Основной отечественный стандарт на напорные трубы из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления (ГОСТ Р 52134 [23]) хотя и разработан с учетом ISO 9080 [22], но при этом не соответствует международному стандарту в части требований к испытательному периоду. Так время испытаний по ГОСТ Р 52134 [23] на термическую стабильность при действии постоянного внутреннего давления составляет всего 8760 часов (1 год) при температуре 110 °С.

Основанием для этого, вероятно, послужил тот факт, что в международных стандартах на пластиковые трубы (см. DIN EN ISO 15875-2 [30], DIN EN ISO 22391-2 [28]) приводятся логарифмические зависимости времени, полученные при обосновании по ISO 9080 [22] максимального срока службы в 30 лет при температуре до 75 °С или в 50 лет при температуре до 70 °С.

Требования в DIN EN ISO 15875-2 [30] и DIN EN ISO 22391-2 [28] к периоду тестирования при испытаниях являются недостаточными, так как согласно DIN EN 15632 [25, 26] планируемый срок службы пластикового трубопровода в ППУ изоляции должен быть не менее 30 лет при температуре до 95 °С, соответственно, период тестирования на длительную прочность по ISO 9080 [22] должен составлять не менее 7,5 лет, а не 1 год, как заявлено в DIN EN ISO 15875-2 [30] и DIN EN ISO 22391-2 [28].

В другом отечественном стандарте СТО РОСТЕХЭКСПЕРТИЗА 10.001 [32] в п. 10.2.4 декларируется формула (8) допустимого рабочего давления армированной трубы из сшитого полиэтилена ИЗОПРОФЛЕКС-А (ЗАО «Завод АНД Газтрубпласт»):

$$\lg(P) = 1,6599 - 0,0037(T + 273) + 0,03176 \lg(t_c) - 0,0001482(T + 273) \lg(t_c), \text{ МПа.} \quad (8)$$

Интересно заметить, что в «Библиографии» СТО РОСТЕХЭКСПЕРТИЗА 10.001 [32] дана ссылка на DIN EN ISO 15875-2 [30] (это стандарт для однослойной трубы из РЕ-Х, хотя ИЗОПРОФЛЕКС-А является многослойной трубой). Никаких других обоснований авторы СТО не приводят.

Заключение

1. Достижение безаварийного времени эксплуатации тепловых сетей сроком в 50 лет – важнейшая задача программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности для российских систем теплоснабжения.

2. Анализ эксплуатационных характеристик теплопроводов из РЕ-RT и РЕ-Х, а также расчет срока службы пластиковых труб при температуре до 110 °С показывают очевидные преимущества материала РЕ-RT тип II DOWLEX™ 2388.

3. В следующей редакции ГОСТ Р 52134 [23] разработчикам стандарта следует учесть основополагающие требования ISO 9080 [22], ISO 21003-2 [31] и DIN EN 15632 [25, 26] в части длительной прочности пластиковых труб при максимальном сроке службы в 50 лет при температуре до 95 °С.

Литература

1. Умеркин Г. Х. Надежность систем теплоснабжения. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Б.м. 2003. 52 с.
2. Бухин В. Е. Теплопроводы из полипропиленовых труб с заводской теплогидроизоляцией // Трубопроводы и экология. 2002. № 3. С. 19-24.
3. Бухин В. Е. Трубопроводы из полимерных материалов для тепловых сетей // Трубопроводы и экология. 2003. № 1. С. 18-19.
4. Бухин В. Е. Предварительно изолированные трубопроводы для систем теплоснабжения Ecoflex // Трубопроводы и экология. 2005. № 1. С. 15-20.

Петраков Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения

5. Бухин В. Е. О проектах прокладки тепловых сетей и экономических аспектах реконструкции систем теплоснабжения // Трубопроводы и экология. 2007. № 1. С. 17-19.
6. Бухин В. Е. Теплоизолированные трубы для локальных тепловых сетей Upronor // Трубопроводы и экология. 2009. № 4. С. 25-30.
7. Бухин В. Е. Полипропиленовые напорные трубопроводы в инженерных системах зданий. АВОК-Пресс, 2010. 112 с.
8. Шрамм Д., Василенко А. В семействе Dowlex™ PE-RT – пополнение // Хим-Курьер. 2011. № 7(338). С. 24.
9. Шмелев А. Ю., Горюловский М. И. Периодическая система труб Изопрофлекс // Полимерные трубы. 2010. № 2(28). С. 16-22.
10. Lustiger A., Markham R. Importance of tie molecules in preventing polyethylene fracture under long-term loading conditions // Polymer. 1983. Vol. 24. Pp. 1647-1649.
11. Venkatraman S., Kleiner L. Properties of three types of crosslinked polyethylene // Advances in Polymer Technology. 1989. Vol. 9, Iss. 3. Pp. 265-270.
12. Rossignol J., Seguela R., Rietsch F. A mechanical model for fibres of linear polyethylenes over a wide range of crystallinities // Polymer. 1990. Vol. 31, Iss. 8. Pp. 1449-1455.
13. Darras O., Seguela R. Surface free energy of the chain-folding crystal faces of ethylene-butene random copolymers // Polymer. 1993. Vol. 34, Iss. 14. Pp. 2946-2950.
14. Elkoun S., Gaucher-Miri V., Seguela R. Tensile yield and strain hardening of homogeneous ethylene copolymers compared with heterogeneous copolymers // Materials Science and Engineering. 1997. Vol. 234-236. Pp. 83-86.
15. Seguela R. On the natural draw ratio of semi-crystalline polymers: review of the mechanical, physical and molecular aspects // Macromolecular Materials and Engineering. 2007. Vol. 292, Iss. 3. Pp. 235-244.
16. Fallatah G., Dobbs N., Gibson A. Long term creep and stress rupture of aramid fibre // Plastics, Rubber and Composites. 2007. Vol. 36, № 9. Pp. 403-412.
17. Boros S. Long-term hydrostatic strength and design of thermoplastic piping compounds // Journal of ASTM International. 2011. Vol. 8, Iss. 9. Pp. 57-72.
18. Montes J. Castillo, Cadoux D., Creus J. Ageing of polyethylene at raised temperature in contact with chlorinated sanitary hot water. Part I – Chemical aspects // Polymer Degradation and Stability. 2012. Vol. 97, Iss. 2. Pp. 149-157.
19. РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург. Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге.
20. DIN EN ISO 13760:1998. Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure – Miner's rule – Calculation method for cumulative damage.
21. ANSI/ASTM D 2837. Test method for obtaining hydrostatic design basis for thermoplastic pipe materials or pressure design basis for thermoplastic pipe products.
22. ISO 9080:2003. Plastics piping and ducting systems – Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation.
23. ГОСТ Р 52134-2003. Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия (с Изменением № 1 от 01.06.2010).
24. ГОСТ Р 54468-2011. Трубы гибкие с тепловой изоляцией для систем теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения. Общие технические условия (утвержден приказом Росстандарта от 13.10.2011 № 451-ст, вводится в действие с 01.05.2012).
25. DIN EN 15632-1:2009. District heating pipes – Pre-insulated flexible pipe systems – Part 1: Classification, general requirements and test methods.
26. DIN EN 15632-2:2010. District heating pipes – Pre-insulated flexible pipe systems – Part 2: Bonded plastic service pipes – Requirements and test methods.
27. РТП 02-01-2010. Технические рекомендации по проектированию и бесканальной прокладке трубопроводов из труб ПЛАСТФЛЕКС, ООО «Изоляционные технологии», Санкт-Петербург.
28. DIN EN ISO 22391-2:2010. Plastics piping systems for hot and cold water installations – Polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT) – Part 2: Pipes.
29. Report EXOVA/P-11/73. Determination of the long-term hydrostatic strength ISO 9080:2003 – evaluation of the PE-RT pipe grade DOWLEX™ 2388 from DOW Europe GmbH, 2011.
30. DIN EN ISO 15875-2:2004. Plastics piping systems for hot and cold water installations – Crosslinked polyethylene (PE-X) – Part 2: Pipes.
31. ISO 21003-2:2008. Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings – Part 2: Pipes.
32. СТО РОСТЕХЭКСПЕРТИЗА 10.001-2009. Тепловые сети. Нормы и методы расчета на прочность (согласован письмом Ростехнадзора от 21.04.2009 № 0908-09/985).

**Геннадий Петрович Петраков, Санкт-Петербург, Россия
Тел. раб.: +7(812)784-20-38; эл. почта: p@103trest.ru*

Петраков Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения