МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 13760— 2024

ТРУБЫ ИЗ ПЛАСТМАСС ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения

(ISO 13760:1998, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Группа ПОЛИПЛАСТИК» (ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 ноября 2024 г. № 179-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 февраля 2025 г. № 74-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 13760—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2025 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 13760:1998 «Трубы из пластмасс для транспортирования жидкостей под давлением. Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения» («Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure — Miner's rule — Calculation method for cumulative damage», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом SC 5 «Общие свойства труб, фитингов и арматуры из пластмасс и их комплектующих. Методы испытаний и основные технические требования» Технического комитета по стандартизации ISO/TC 138 «Пластмассовые трубы, фитинги и арматура для транспортирования жидких и газообразных сред» Международной организации по стандартизации (ISO).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 Настоящий стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р ИСО 13760—2021*

---

* Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 февраля 2025 г. № 74-ст ГОСТ Р ИСО 13760—2021 отменен с 1 марта 2025 г.

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ТРУБЫ ИЗ ПЛАСТМАСС ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения

Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure. Miner's rule. Calculation method for cumulative damage

Дата введения — 2025—03—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод расчета максимально допустимого кольцевого напряжения, применимого к трубам, подверженным воздействию изменяющихся внутренних давлений и/или температур в течение ожидаемого срока их службы. Данный метод известен как правило Майнера.

Правило Майнера следует применять индивидуально к каждому (или разным) механизму разрушения. При механическом разрушении под воздействием внутреннего давления следует пренебрегать другими механизмами разрушения, такими как окислительные или дегидрохлорирующие механизмы разрушения (при условии отсутствия их взаимодействия). Материал для производства труб используют только в том случае, если доказано, что он соответствует всем критериям механизма разрушения.

Примечание — Правило Майнера — это эмпирически обоснованная методика, которая является лишь первым приближением к действительности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 10508:1995[1)], Thermoplastics pipes and fittings for hot and cold water systems (Трубы и фитинги из термопластов для систем горячего и холодного водоснабжения)

3 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

a_i — доля за год, выраженная в процентах, применительно к набору условий «i»;

t_i — срок службы при заданном наборе условий «i» (i = 1, 2, 3 и т. д.), год;

t_m — срок службы при аварийной температуре T_m в соответствии с ISO 10508;

t_{max} — срок службы при максимальной рабочей температуре T_{max} в соответствии с ISO 10508;

t_o — срок службы при рабочей температуре T_o в соответствии с ISO 10508;

t_x — максимально допустимое время эксплуатации при различных условиях, год;

TYD — суммарное годовое повреждение, выраженное в процентах (total yearly damage).

[1)] Заменен на ISO 10508:2006. Однако для однозначного соблюдения требований настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

Издание официальное

4 Сущность метода

Правило Майнера основано на следующих предположениях:

a) суммарное повреждение материала или изделия, которое может быть причинено определенным видом воздействия, является постоянным (100 %);

b) при неизменных условиях причиненные повреждения пропорциональны длительности воздействия. Материал или изделие прослужит до тех пор, пока не будет достигнут уровень повреждения 100 %. Необходимое время t_i в этом контексте выражено в годах. За год размер причиненных повреждений составляет $100/t_i$, %.

Это **правило пропорциональности**.

Примечание — Сумма повреждений не обязательно видима или измеряема; это может быть, например, время индукции;

c) если материал подвергают определенному воздействию в течение только части года (например, a_i, % года, а не 100 % года), то повреждения составляют не $100/t_i$, %, а a_i[1)]$/t_i$, % в год. Это следует из правила пропорциональности;

d) при последовательных повреждениях одного и того же типа, но при разных условиях (разные степень тяжести, температура, давление, напряжение и т. д.), суммарное повреждение за год будет представлять собой совокупное воздействие разных групп условий. Согласно **правилу аддитивности** суммируют разные виды повреждений. В результате получают **накопленные повреждения** при разных условиях.

5 Вычисление

Вычисляют TYD в процентах от общих допустимых повреждений по формуле

$$\mathrm{TYD} = \sum \frac{a_i}{t_i}. \qquad (1)$$

Вычисляют максимально допустимое время эксплуатации t_x, год, по формуле

$$t_x = \frac{100}{\mathrm{TYD}}. \qquad (2)$$

Примечание — Примеры расчетов для оценки окислительной стабильности приведены в приложениях А и В.

1) Ошибка оригинала.

Приложение А
(справочное)

Примеры использования правила Майнера

А.1 Пример различных условий эксплуатации

В качестве примера приведен расчет ожидаемого срока службы труб горячего водоснабжения 2-го класса эксплуатации в соответствии с ISO 10508.

Настоящий стандарт определяет температурный профиль в течение 50-летнего срока службы, состоящего из 49 лет при стандартной рабочей температуре T_o = 70 °C, одного года — при максимальной рабочей температуре T_{max} = 80 °C и 100 ч при аварийной температуре T_m = 95 °C для учета ошибок в управлении нагревательным прибором.

Для получения надлежащей толщины стенки трубы (или отношения SDR, т. е. отношения диаметра трубы к толщине ее стенки) необходимо знать максимально допустимое кольцевое напряжение в стенке трубы, которое будет выдерживать данные условия. Однако в предлагаемых спецификациях класса указано, что, например, для полибутена коэффициент безопасности 1,5 следует применять к напряжению при T_o, коэффициент безопасности 1,3 — для напряжения при T_{max} и коэффициент безопасности 1,0 — для напряжения при T_m (это уже само по себе является коэффициентом запаса).

Для фактических расчетов обоснованно предполагают допустимое расчетное напряжение σ и ожидаемый срок службы t_o, определяемые при постоянном воздействии на трубу напряжения 1,5σ и температуре T_o = 70 °C, а также t_{max} при 1,3σ и T_{max} = 80 °C, t_m при σ и T_m = 95 °C.

Ожидаемые сроки службы t_i определяют графически или вычисляют по формулам, приведенным в ISO/TR 9080.

Коэффициенты a_i составляют 98 %, 2 % и 0,0228 % соответственно. Заменяя эти значения и значения для t_i (подстрочный индекс «*i*», обозначающий три компонента температурной кривой) в формуле (1), получают значение TYD.

Максимальное время, в течение которого можно эксплуатировать трубу, составляет $t_x = \frac{100}{TYD}$ лет.

Если время t_x более или менее требуемого (в данном случае 50 лет), то рабочее напряжение σ может быть выше или ниже. Выбор нового рабочего напряжения требует полного пересчета, пока не будет найдено правильное значение t_x с помощью последовательных приближений.

Практику последовательных приближений легче проводить с помощью компьютера. Электронная таблица является удобным инструментом, особенно когда можно рассчитать ожидаемое время разрушения при разных температурах и кольцевых напряжениях с помощью модели, подобной приведенной в ISO/TR 9080.

$$\lg t = A + \frac{B}{T}\lg\sigma + \frac{C}{T} + D\lg\sigma.$$

Используя коэффициенты, описывающие lg*t* как функцию σ и *T*, с помощью алгоритма построения электронных таблиц можно легко получить t_x в качестве функции σ.

А.2 Пример фактического расчета

Используя для фактического расчета значения кольцевого напряжения для труб из полибутилена (ISO 1167 и ISO 12230), следует начинать, например, со значения σ = 5,0 МПа и менять это значение на большее, если полученное время t_x слишком большое, и наоборот. Значения для *t* (t_o, t_{max} и t_m) получены с использованием уравнений, приведенных в ISO 12230. При вычислениях за единицу времени принимают час как общепринятую единицу измерения на диаграммах кольцевых напряжений. Конечный результат значения времени преобразуют в год.

В таблице А.1 приведены расчеты нескольких этапов. Для фактического расчета t_x используют больше десятичных разрядов, чем указано в таблице А.1.

По результатам вычисления установлено, что для соответствия требованиям 2-го класса по ISO 10508 расчетное напряжение труб из полибутена не должно превышать 5,04 МПа в течение срока службы 50 лет.

Таблица А.1 — Пример фактического применения правила Майнера

σ, МПа	$1{,}5\sigma$, МПа	T_o, °C	t_o, ч	a_o, %	a_o/T_o, %/ч	$1{,}3\sigma$, МПа	T_{max}, °C	t_{max}, ч	a_{max}, %	a_{max}/t_{max}, %/ч	T_m, °C	t_m, ч	a_m, %	a_m/t_m, %/ч	$\Sigma(a_i/t_i)$, %/ч	t_x, год
5,00	7,50	70	$5{,}5 \cdot 10^5$	97,98	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$	6,50	80	$1{,}4 \cdot 10^5$	2	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	95	$10{,}5 \cdot 10^3$	0,0228	$2{,}2 \cdot 10^{-6}$	$1{,}9 \cdot 10^{-4}$	58,9
5,10	7,65		$3{,}7 \cdot 10^5$		$2{,}6 \cdot 10^{-4}$	6,63		$1{,}0 \cdot 10^5$		$2{,}0 \cdot 10^{-5}$		$8{,}2 \cdot 10^3$		$2{,}8 \cdot 10^{-6}$	$2{,}9 \cdot 10^{-4}$	39,9
5,04	7,56		$4{,}7 \cdot 10^5$		$2{,}1 \cdot 10^{-4}$	6,55		$1{,}2 \cdot 10^5$		$1{,}6 \cdot 10^{-5}$		$9{,}5 \cdot 10^3$		$2{,}4 \cdot 10^{-6}$	$2{,}3 \cdot 10^{-4}$	50,4

Приложение В
(справочное)

Правило Майнера и окислительная стабильность

Окислительная стабильность полиолефинов в диапазоне от 60 °С до 120 °С, как правило, очень хорошо описывается уравнением Аррениуса:

$$t(T) = Ae^{E/RT}, \quad (B.1)$$

где t — срок службы при окислении при температуре T;

T — температура, К;

A — постоянная для данной реакции;

E — энергия активации, Дж/моль;

R — универсальная газовая постоянная (приблизительно 8,32 Дж/моль · К).

Энергия активации, выявленная к настоящему времени для полиолефинов в диапазоне от 60 °С до 120 °С, составляет примерно 110 кДж/моль.

В ISO/TR 9080 коэффициент экстраполяции по времени K_e = 50 применяют в диапазоне от 110 °С до 70 °С или 75 °С, что эквивалентно энергии активации 107 кДж/моль или 125 кДж/моль. Коэффициент экстраполяции для экстраполяции во времени на один год при температуре 110 °С соответствует K_e, год, при более низкой температуре, где K_e — коэффициент экстраполяции, зависящий от разности температур.

Рекомендуется использовать значение энергии активации, равное 110 кДж/моль, если экспериментальные данные не указывают на иное. Это представляет собой консервативный (безопасный) подход.

По формуле (В.1) вычисляют коэффициенты экстраполяции при различных температурах (чтобы более точно определить разность температур, например от 110 °С до 70 °С). Когда экспериментально определяют окислительную стабильность в конкретной контрольной точке, например 110 °С, умножение на эти коэффициенты экстраполяции приводит к ожидаемой окислительной стабильности для каждой более низкой температуры. Данные сроки эксплуатации могут быть включены в формулу Майнера, что позволяет рассчитать ожидаемую окислительную стабильность для данного температурного профиля.

Поскольку все указанные сроки службы пропорциональны окислительной стойкости в контрольной точке, результат, полученный по правилу Майнера (расчетный срок службы для температурного профиля), также пропорционален $t_{110\ °C}$. Таким образом, конечным результатом является коэффициент экстраполяции для профиля, а срок службы трубы или фитинга при окислении для профиля равен сроку службы при окислении при 110 °С, умноженному на коэффициент экстраполяции для этого профиля.

Следовательно, при использовании коэффициента экстраполяции по окислению, который составляет более 50 лет, срок службы при окислении для соответствующего температурного профиля превысит 50 лет (стандартное требование к сроку службы при температуре 110 °С составляет один год). И наоборот, при использовании коэффициента экстраполяции по окислению, который менее 50, необходим срок службы при температуре 110 °С более одного года для расчетного срока в 50 лет.

Приложение С
(справочное)

Библиография

[1] ISO 1167:1996 Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids — Resistance to internal pressure — Test method

[2] ISO/TR 9080:1992 Thermoplastics pipes for the transport of fluids — Methods of extrapolation of hydrostatic stress rupture data to determine the long-term hydrostatic strength of thermoplastics pipe materials

[3] ISO 12230:1996 Polybutene (PB) pipes — Effect of time and temperature on the expected strength

[4] The original article by M.A. Miner, «How cumulative damage affects fatigue life» (Machine Design, December 1945, pp. 111—115), deals with fatigue analysis at various stress levels. Experimental verification has been carried out on an aluminium alloy

[5] In Germany, Miner's rule is incorporated in Richtlinie (Guide) DVS 2205, Part 1 (November 1985), for thermoplastics pipes

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 10508:1995	—	*
* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.		

УДК 678:006.354 МКС 23.040.20 IDT

Ключевые слова: трубы из пластмасс, правило Майнера, метод расчета накопленного повреждения

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 21.02.2025. Подписано в печать 26.02.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,15.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Поправка к ГОСТ ISO 13760—2024 Трубы из пластмасс для транспортирования жидкостей под давлением. Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Азербайджан	AZ	Азстандарт

(ИУС № 3 2026 г.)

gost.e-ecolog.ru