ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57946— 2017

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Расчет термической устойчивости материалов из данных термогравиметрии разложения

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» совместно с Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» при участии Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов» на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен ТК 497

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 497 «Композиты, конструкции и изделия из них»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 ноября 2017 г. № 1788-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Е1877-15 «Стандартный метод расчета термической устойчивости материалов с использованием термогравиметрии разложения» (ASTM E1877-15 «Standard Practice for Calculating Thermal Endurance of Materials from Thermogravimetric Decomposition Data», MOD) путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3), а также изменения отдельных фраз, которые выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет особенностей объекта и/или аспекта стандартизации, характерных для Российской Федерации, а также в целях соблюдения норм русского языка и технического стиля изложения.

Исключение стандартов АСТМ Е2550, АСТМ Е2958 обусловлено тем, что в Российской Федерации на национальном уровне нет аналогичного стандарта, а также в связи с тем, что они носят справочный характер.

Ссылка на АСТМ Е1641 заменена соответствующей ссылкой на национальный стандарт.

Разделы и подразделы, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении ДА.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного стандарта АСТМ для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного стандарта АСТМ приведено в дополнительном приложении ДБ.

Сведения о соответствии ссылочного национального стандарта стандарту АСТМ, использованному в качестве ссылочного в примененном стандарте АСТМ, приведены в дополнительном приложении ДВ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки. 1
3 Термины и определения 1
4 Сущность метода 2
5 Обработка результатов 2
6 Протокол испытаний 6
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 7
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ 9
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочного национального стандарта стандарту АСТМ, использованному в качестве ссылочного в примененном стандарте АСТМ 10

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Расчет термической устойчивости материалов из данных термогравиметрии разложения

Polymer composites. Calculation of materials thermal endurance from thermogravimetric decomposition data

Дата введения — 2018—06—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает определения термической устойчивости, термического индекса и относительного термического индекса органических материалов с использованием энергии активации уравнения Аррениуса, полученной с помощью термогравиметрии. В качестве объекта данного стандарта могут выступать исходные органические компоненты и матрицы полимерных композитов.

Примечание — Данный стандарт не используется для прогнозирования времени жизни продукта при отсутствии корреляции между результатами расчетов по данному стандарту и актуальным значением времени жизни материала. Целесообразно обратить внимание на то, чтобы для исследуемой системы любая температурная экстраполяция являлась технически правомерной.

1.2 Данный стандарт применим к материалам с хорошо определенным профилем термической деструкции, а именно к материалам с равномерной и монотонной потерей массы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 57951 Композиты полимерные. Определение кинетических параметров разложения материалов с использованием термогравиметрии и метода Озавы-Флинна-Уолла.

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 ***предельно допустимое ухудшение свойств***: Значительное по величине изменение каких-либо химических, физических, механических, электрических или других свойств материала, которые являются неприемлемыми для его дальнейшего использования.

Издание официальное

3.2 **температура *предельно допустимого ухудшения свойств* T_c, К:** Температура, при которой происходит предельно допустимое ухудшение свойств материала.

3.3 **термический индекс TI, К:** Температура, соответствующая предельно допустимому ухудшению свойств при заданном времени.

3.4 **относительный термический индекс RTI, К:** Температура, соответствующая предельно допустимому ухудшению свойств при заданном времени по сравнению с контрольной температурой известной термической устойчивости.

Примечание — Значения TI и RTI рассматриваются как максимальные температуры, ниже которых материал является устойчивым по отношению к изменению его свойств в течение выбранного промежутка времени. При отсутствии контрольного материала для расчетов TI и RTI по умолчанию выбирается термическая устойчивость (время, при котором происходит предельно допустимое ухудшение свойств), равная 60000 ч.

3.5 **термическая устойчивость t_f, мин:** Время, при котором происходит предельно допустимое ухудшение свойств при выбранной температуре. Также известна как время жизни материала или долговечность материала.

3.6 **энергия активации *E*, Дж/моль:** Энергия, превышающая энергию основного состояния, которая должна быть добавлена к атомной или молекулярной системе, чтобы мог произойти конкретный процесс.

[ГОСТ Р 56722—2015, подраздел 3.2]

3.7 **степень превращения α:** Разница исходной массы и массы продуктов реакции, присутствующих в конкретный момент времени и при определенной температуре, отнесенная к разнице исходной массы и массы продуктов в конце реакции.

4 Сущность метода

Для расчетов кривой термической устойчивости и матриц полимерных композитов и органических материалов, по которой можно оценить долговечность (время жизни) материала при заданной температуре, может быть использована энергия активации уравнения Аррениуса, рассчитанная с помощью других стандартов (стандарт ГОСТ Р 57951 и др.).

5 Обработка результатов

5.1 Расчет значений термического индекса

5.1.1 Используя значения энергии активации E и температуры предельно допустимого ухудшения свойств T_c, рассчитывают значение $E/(R \cdot T_c)$ (R — универсальная газовая постоянная, равная 8,31451 Дж/(моль·К)).

Примечания

1 Значения энергии активации уравнения Аррениуса E, Дж/моль, при степени конверсии α, рассматриваемой как критерий предельно допустимого ухудшения свойств, могут быть получены с использованием других стандартов (таких, как ГОСТ Р 57951 и др.).

2 T_C, К — температура предельно допустимого ухудшения свойств, взятая как температура для постоянной степени превращения при скорости β (К/мин), которую обычно принимают равной 5 К/мин.

5.1.2 Используя значение $E/(R \cdot T_c)$, определяют значение приближенного интеграла Дойла (a) посредством интерполяции значений, приведенных в таблице 1.

5.1.3 Выбирают *необходимое значение* термической устойчивости для степени превращения α, рассматриваемой как критерий предельно допустимого ухудшения свойств, и рассчитывают ее десятичный логарифм.

5.1.4 Подставляя значения для E, R, $\lg(t_f)$, $\lg(E/(R \cdot T_c))$ и a в уравнение 1, рассчитывают термический индекс (TI), К:

$$TI = \frac{E}{2{,}303R\left[\lg(t_f) - \lg\left\{\frac{E}{R \cdot \beta}\right\} - a\right]}. \quad (1)$$

5.1.5 Определяют относительное стандартное отклонение термического индекса $\sigma TI/TI$, К, по формуле

$$\frac{\sigma TI}{TI} \approx 1{,}2\frac{\sigma E}{E}, \qquad (2)$$

где σE — стандартное отклонение определения энергии активации (Дж/моль), полученное с использованием ГОСТ Р 57951 и др.

5.1.6 Записывают значения термического индекса TI, его относительного стандартного отклонения $\sigma TI/TI$ и термической устойчивости t_t.

Таблица 1 — Константы численного интегрирования

$E/(R \cdot T)$	a
8	5,3699
9	5,898
10	6,4157
11	6,9276
12	7,4327
13	7,9323
14	8,4273
15	8,9182
16	9,4056
17	9,89
18	10,3716
19	10,8507
20	11,3277
21	11,8026
22	12,2757
23	12,7471
24	13,217
25	13,6855
26	14,1527
27	14,6187
28	15,0836
29	15,5474
30	16,0103
31	16,4722
32	16,9333
33	17,3936
34	17,8532
35	18,312
36	18,7701

Окончание таблицы 1

$E/(R\ T)$	a
37	19,2276
38	19,6845
39	20,1408
40	20,5966
41	21,0519
42	21,5066
43	21,9609
44	22,4148
45	22,8682
46	23,3212
47	23,7738
48	24,226
49	24,6779
50	25,1294
51	25,5806
52	26,0314
53	26,482
54	26,9323
55	27,3823
56	27,8319
57	28,2814
58	28,7305
59	29,1794
60	29,6281

5.2 Построение кривой термической устойчивости

5.2.1 Произвольно выбирают две или три температуры T, К в интересуемом температурном диапазоне и рассчитывают соответствующие логарифмы термической устойчивости ($\lg[t_f]$) для каждой температуры по формуле

$$\lg[t_f] = \frac{E}{2{,}303 \cdot R \cdot T + \lg\left[\frac{E}{R \cdot \beta}\right] - a}. \quad (3)$$

5.2.2 Строят график, отложив на оси ординат логарифм термической устойчивости (t_f), а на оси абсцисс обратную абсолютную температуру (см. рисунок 1).

5.2.3 Из данного графика может быть проведена оценка термического индекса (TI) и связанного с ним логарифма термической устойчивости ($\lg[t_f]$).

5.2.4 *Относительное* стандартное отклонение термической устойчивости t_f оценивают, используя формулу

$$\frac{\sigma t_f}{t_f} = \left(1 - 0{,}052\frac{E}{RT}\right) \cdot \left(\frac{\sigma E}{E}\right) . \quad (4)$$

5.3 Расчет значений относительного термического индекса

5.3.1 Значение относительного термического индекса определяют из значений энергии активации, полученной из данных термогравиметрии и термического индекса, полученного каким-либо другим методом (таким как, например, определение электрических и механических свойств) по формуле

$$RTI = \frac{E}{R\left[\ln[t_f] - \ln[t_r] + \frac{E}{R \cdot T_r}\right]} , \quad (5)$$

где t_f — реперное значение термической устойчивости (мин);

T_r — реперное значение термического индекса (К).

5.3.2 Значение относительного стандартного отклонения относительного термического индекса ($\sigma RTI/RTI$) вычисляют по формуле (6), где реперные значения термической устойчивости (t_r) и соответствующие значение температуры (T_r) рассматриваются как точно определенные.

$$\frac{\sigma RTI}{RTI} = 1{,}4 \cdot \frac{\sigma E}{E} . \quad (6)$$

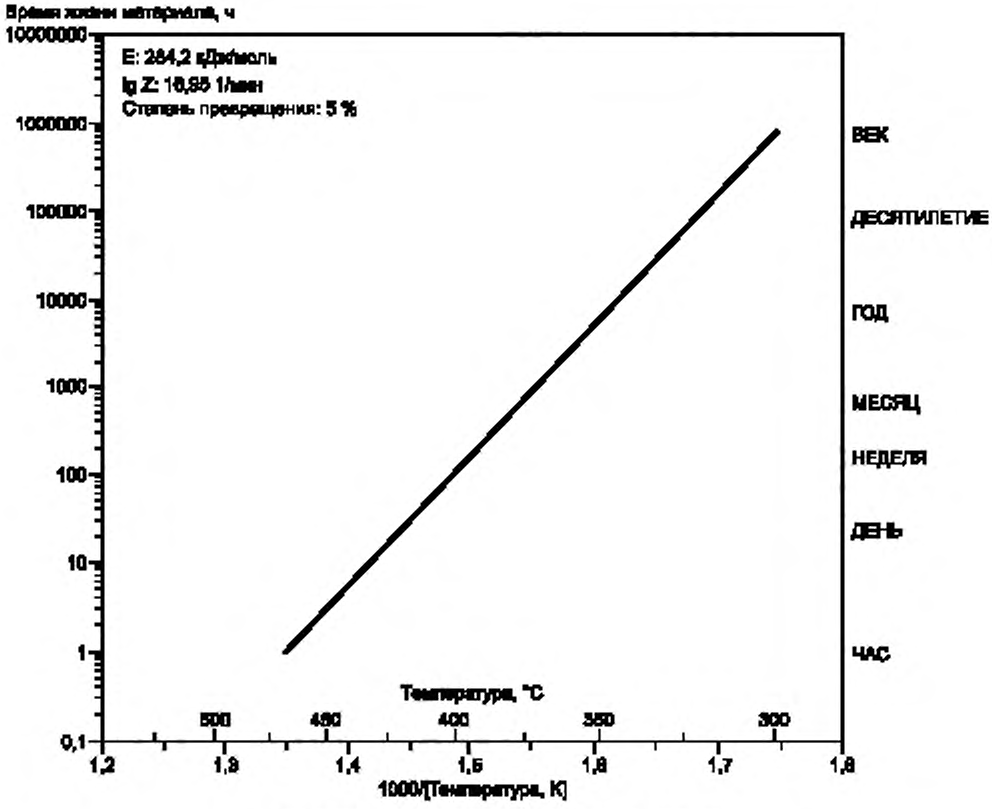

Рисунок 1 — Кривая термической устойчивости

6 Протокол испытаний

В протоколе испытания необходимо указать следующую информацию:

- значение, стандартное отклонение (или относительное стандартное отклонение) и источники получения каждой величины, используемой при расчетах;
- описание исследуемого материала, включая наименование производителя, номер партии, и в случае доступности информации — соответствующий химический состав;
- рассчитанные значения термического индекса *TI* и его относительное стандартное отклонение $\sigma TI/TI$ или значения относительного термического индекса *RTI* и его относительного стандартного отклонения ($\sigma RTI/RTI$) и соответствующие значения термической устойчивости.

Пример — TI (60 000 ч) = (453 ± 6) K ((180 ± 6) °C);

- номер настоящего национального стандарта, используемого для расчетов, и любые отклонения от него.

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДА.1

1 Область применения

1.3 Значения, выраженные в Международной системе единиц (СИ), принимаются в данном стандарте за стандартные. В стандарте не используются какие-либо отличные от СИ единицы измерения.

1.4 Для данного стандарта не существует эквивалентных стандартов ИСО.

1.5 В настоящем стандарте не предусмотрено рассмотрение всех вопросов обеспечения безопасности, связанных с его применением. Пользователь настоящего стандарта несет ответственность за установление соответствующих правил по технике безопасности и охране здоровья, а также определяет целесообразность применения законодательных ограничений перед его использованием.

ДА.2

4 Важность и использование получаемых значений

5.1 Термогравиметрический анализ представляет собой быстрый метод для получения температурного профиля термического разложения материала.

5.2 Данный метод может быть полезен для контроля качества, принятия спецификации и исследовательских целей.

5.3 Данный метод предназначен для ускоренной оценки термической устойчивости в дополнение к времязатратному методу определения термической устойчивости образцов посредством старения в печи. Первичными результатами данного метода являются значения термического индекса (температуры) для выбранной оценочной термической устойчивости (времени).

5.4 Альтернативно термический индекс (температура) может быть вычислен из значений термической устойчивости (время).

5.5 Также оценочное значение термической устойчивости материала при выбранных температуре и времени может быть сравнено с опроными значениями термической устойчивости, полученными из падения механических и электрических свойств при старении в печи.

5.6 Данный метод нельзя использовать для предсказания времени жизни продукта при отсутствии корреляции между результатами метода и актуальным значением времени жизни материала. Во многих случаях при разложении материала наблюдаются сложные и пошаговые механизмы, при этом для одного температурного диапазона характерен один механизм, а для другого температурного диапазона — другой. Пользователям данного метода следует показать, что для исследуемой системы любая температурная экстраполяция является технически правомерной.

ДА.3

8 Точность и систематическая погрешность

8.1 Точность и систематическая погрешность данных расчетов зависит от точности и систематической погрешности использованных в них кинетических данных. Для примера ожидаемой точности тепловой коэффициент был рассчитан по процедуре из настоящих практических указаний с помощью данных для поли(тетрафторэтилена), полученных в ходе межлабораторных исследований, проведенных в целях получения сведений о точности и систематической погрешности для Метода испытания Е 1641. Предельные значения термического ресурса были рассчитаны с помощью произвольного значения для температуры 600 К и предельных значений E_a, соответствующих 95 % степени достоверности этого межлабораторного исследования. В результате рассчитанные предельные значения составили 9 лет и 3700 лет для этого материала.

ДА.4

Приложение А
(справочное) X1

Примеры расчетов

X1.1 Пример расчетов значений, определенных в данном стандарте

X1.1.1 Пример данных, полученных с использованием стандарта АСТМ Е1641

X1.1.1.1 E_a = 320 кДж/моль = 320 000 Дж/моль.

X1.1.1.2 σE_a = 24 кДж/моль = 24 000 Дж/моль.

X1.1.1.3 R = 8,31451 Дж/(моль·К).

X1.1.1.4 β = 5,0 К/мин;

X1.1.2 Пример данных, полученных с использованием стандарта ASTM E2550

X1.1.2.1 T_c = 783 K.

X1.1.2.2 σT_c = 6 K.

X1.1.3 Произвольно выбранные

X1.1.3.1 t_f = 60 000 ч = 3 600 000 мин = 6,8 лет.

X1.1.3.2 T_r = 683 K.

X1.1.3.3 t_r = 100 000 ч = 6 000 000 мин = 11 лет.

X1.2 Пример расчетов термического индекса

X1.2.1 Определяем значение $E/(R{\cdot}T)$ на основании данных из пунктов X1.1.1.1, X1.1.1.3 и X1.1.2.1:

$E/(R{\cdot}T)$ = (320 000 Дж/моль) / [8,31451 Дж/(моль·K) · 783 K] = 49,1532.

X1.2.2 Используя значения $E/(R{\cdot}T)$, приведенные в А1.2.1 (приложение), определяем интерполяцией величину a из таблицы 1:

a = 24,7471

X1.2.3 Подставляем значения из X1.1.1.1, X1.1.1.3, X1.1.1.4, X1.1.3.1 и X1.2.2 в уравнение 1:

$TI = E / (2{,}303 \cdot R \cdot [\lg(t_f) - \lg\{E / (R \cdot \beta)\} + a])$ = {320 000 Дж/моль / (2,303 · 8,314 Дж/(моль·K)} / {lg [3,6 · 10^6 мин] – – lg[320 000 Дж/моль / (8,31451 Дж/(моль·K) · 5 K/мин] – 24,7471} = {16712 K} / {6,5563 – lg[7697,39 мин] – 24,7471} = = 16 712 K / {6,5563 – 3,8863 – 24,7471} = 16 712 K / 27,4171.

TI = 609,5 K = 336,3 °C.

X1.3 Пример расчета погрешности термического индекса

X1.3.1 Подставляем значения из X1.1.1.2 и X1.1.1.3 в уравнение 2:

$\sigma TI/TI = 1{,}2 \cdot \sigma E/E$ = 1,2 · 24 000 Дж/моль / 320 000 Дж/моль = 0,090.

X1.4 Пример расчета термической устойчивости:

X1.4.1 Подставляем значения из X1.1.1.1, X1.1.1.3, X1.1.1.4, X1.1.3.2 и X1.2.2 в уравнение 3:

$\lg[t_f] = E / [(2{,}303 \cdot R \cdot T) + \lg[E/(R \cdot \beta)] - a]$ = 320 000 Дж/моль / (2,303 · 8,31451 Дж/(моль·K) · 683 K) + + lg [320 000 Дж/моль / 8,31451 Дж/(моль,K) / 5 K/мин] – 24,7471 = 24,46880 + lg [7697,39] – 24,7471.

$\lg[t_f]$ = 3.6072.

t_f = 4048 мин = 4048 мин / 60 мин/ч = 67,46 ч.

X1.5 Пример расчета погрешности термической устойчивости (t_f):

X1.5.1 Подставляем значения из X1.1.1.1, X1.1.1.2, X1.1.1.3, X1.1.3.2 и X1.2.2 в уравнение 4:

$\sigma t_f / t_f = (1 + 0{,}052 \cdot E / (R \cdot T)) \cdot (\sigma E / E)$ = [(1 + 0,052 · 320 000 Дж/моль) / (8,31451 Дж/(моль·K) · 683 K) · · 24 000 Дж/моль / 320 000 Дж/моль = (1 + 2,930) · 0,075 = 3,930 · 0,075 = 0,29.

X1.6 Пример расчета относительного термического индекса:

X1.6.1 Подставляем значения из X1.1.1.1, X1.1.1.3, X1.1.3.1, X1.1.3.2 и X1.1.3.3 в уравнение 5:

$RTI = E / (R \cdot [\ln[t_f] - \ln[t_r] + E / (R \cdot T_r)])$ = 320 000 Дж/моль / (8,31451 Дж/(моль·K) · {ln[3 600 000 мин] – – ln[6 000 000 мин] + 320 000 Дж/моль / (8,31451 Дж/(моль·K) · 683 K)}) = 38487 K / (15,0964 – 15,6073 + 56,3498) = = 38 487 K / 55,8389 = 689 K.

X1.7 Пример расчета стандартного отклонения относительного термического индекса

X1.7.1 Подставляем значения из X1.1.1.1, X1.1.1.2 в уравнение 6:

$\sigma RTI/RTI = 1{,}4 \cdot \sigma E / E$ = 1,4 · 24 000 Дж/моль / 320 000 Дж/моль = 0,105.

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура стандарта ASTM E1641-16		
Раздел	Подраздел	Пункт	Раздел	Подраздел	Пункт
1	1.1—1.2	—	1	1.1—1.2	—
	—	—		(1.3—1.5)*	—
2	—	—	2	2.1	—
3	3.1—3.7	—	3	3.1*	(3.1.1—3.1.5)**
4	—	—	4	4.1	—
—	—	—	5*	(5.1—5.6)*	—
5	—	—	6**	6.1*	6.1.1**
	5.1	5.1.1—5.1.6		6.2	6.2.1—6.2.6
	5.2	5.2.1—5.2.4		6.3	6.3.1—6.3.4
	5.3	5.3.1—5.3.2		6.4	6.4.1—6.4.2
6	—	—	7	7.1	7.1.1—7.1.4
—	—	—	8	8.1	
—	—	—	9**	9.1**	
Приложение		—	Приложение		X1*
		ДА			—
		ДБ			—
		ДВ			—

* Данный раздел (подраздел, пункт) исключен, т. к. его положения носят поясняющий, справочный или рекомендательный характер.

** Данный раздел (подраздел, пункт) исключен, т. к. его положения размещены в других разделах настоящего стандарта.

Приложение ДВ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочного национального стандарта стандарту ASTM, использованному в качестве ссылочного в примененном стандарте ASTM

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта ASTM
ГОСТ Р 57951—2017	MOD	ASTM E1641 «Метод испытания на термогравиметрическое определение кинетики распада методом Озавы/Флинна/Уолла»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - MOD — модифицированный стандарт.		

УДК 678.175:006.354 ОКС 83.120

Ключевые слова: композиты полимерные, термическое разложение; термическая устойчивость; термический ресурс; термогравиметрический анализ

БЗ 12—2017/180

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.А. Ворониной*

Сдано в набор 21.11.2017. Подписано в печать 28.11.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 21 экз. Зак. 2443.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru