ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57866— 2023

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Методы определения механических характеристик при изгибе непрерывно-армированных композитов

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» (Союзкомпозит) совместно с Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» (АНО «Стандарткомпозит»)

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 14 ноября 2023 г. №1389-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта АСТМ Д7264/Д7264М-21 «Стандартный метод определения характеристик при изгибе полимерных композитов» (ASTM D7264/D7264M-21 «Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials», NEQ)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 57866—2017

*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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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 2
4 Сущность метода 2
5 Оборудование 2
6 Образцы для испытаний 3
7 Кондиционирование 3
8 Проведение испытаний 3
9 Обработка результатов 5
10 Протокол испытаний 7
Приложение А (обязательное) Установка и измерение пролета 9
Приложение Б (обязательное) Компенсация нелинейного участка в нижней части кривой на графике «нагрузка — прогиб» 10

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Методы определения механических характеристик при изгибе непрерывно-армированных композитов

Polymer composites. Methods for determination of mechanical characteristics at flexure of continuous-reinforced composites

Дата введения — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на непрерывно-армированные полимерные композиты и устанавливает методы определения механических характеристик при изгибе.

Настоящий стандарт устанавливает методы определения механических характеристик при испытании на трехточечный изгиб при приложении центральной нагрузки на свободно опертую балку (метод А) и на четырехточечный изгиб, в котором используются две точки нагрузки, равноудаленные от соседних точек опоры, с расстоянием между точками нагрузки, равным половине длины пролета (метод Б).

Методы испытаний, установленные настоящим стандартом, являются наиболее оптимальными для определения механических характеристик при изгибе непрерывно-армированных полимерных композитов и отличаются от других методов определения механических характеристик при изгибе.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 166 (ИСО 3599—76) Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 14359—69 Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования

ГОСТ 14766 Машины и приборы для определения механических свойств материалов. Термины и определения

ГОСТ 24888 Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Химические наименования, термины и определения

ГОСТ 28840 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 3534-2 Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика

ГОСТ Р ИСО 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

ГОСТ Р 56762 Композиты полимерные. Метод определения влагопоглощения и равновесного состояния

ГОСТ Р 56805 (ИСО 14125:1998) Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе

ГОСТ Р 56810—2015 Композиты полимерные. Метод испытания на изгиб плоских образцов

Издание официальное

ГОСТ Р 56813 Композиты полимерные. Руководство по изготовлению пластин для испытания и механической обработке

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 термины по ГОСТ 14766, ГОСТ 24888, ГОСТ 32794, ГОСТ Р ИСО 3534-2, ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Примечание — При расхождении в терминах ГОСТ 32794 имеет приоритет перед другими стандартами.

4 Сущность метода

Сущность метода заключается в том, что образец в виде пластины прямоугольного сечения, свободно лежащий на двух опорах, подвергают трехточечному или четырехточечному изгибу с постоянной скоростью нагружения до разрушения верхней или нижней грани образца или до достижения заданного значения деформации (прогиба).

5 Оборудование

5.1 Испытания проводят на испытательной машине по ГОСТ 28840, обеспечивающей нагружение образца с заданной постоянной скоростью перемещения активного захвата, измерение нагрузки с погрешностью не более ±1 % измеряемой величины, а также возможность регулирования скорости нагружения образца.

5.1.1 Испытательная машина должна быть снабжена траверсой, по которой могут перемещаться две опоры, и наконечником, создающим нагрузку в случае испытания на трехточечный изгиб. При испытании на четырехточечный изгиб испытательную машину необходимо обеспечить двумя траверсами, на каждой из которых могут перемещаться по две опоры.

5.1.2 Для нагружения образцов используют опоры и/или наконечник с радиусом закругления краев (5 ± 0,1) мм и твердостью не менее 55 HRC, поверхности которых должны быть без вмятин и заусенцев, со снятыми острыми кромками.

5.1.3 Допускается для нагружения образцов использовать шарнирные или роликовые опоры и/или наконечник.

5.2 Используют микрометры по ГОСТ 6507 со сферической измерительной поверхностью микровинта диаметром от 4 до 8 мм или плоскими измерительными поверхностями, обеспечивающие измерение ширины и толщины образца с точностью ±0,02 мм.

Применяют штангенциркули по ГОСТ 166, обеспечивающие измерение длины образца и длины пролета с точностью ±0,1 мм.

По согласованию с заказчиком испытаний допускается применение аккредитованной испытательной лабораторией альтернативных измерительных устройств.

5.3 Для регистрации деформаций (прогибов) используют приборы, обеспечивающие измерение деформаций (прогибов) с погрешностью не более ±1 % предельного значения измеряемой величины.

5.4 Применяют климатические камеры, обеспечивающие поддержание:

- постоянной относительной влажности с точностью ±3 % и заданной температуры с точностью ±3 °С при кондиционировании;

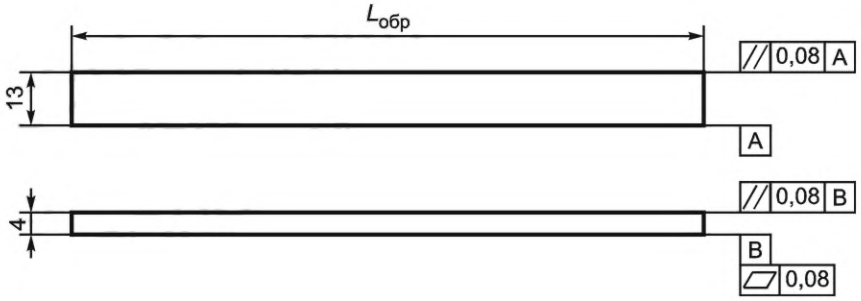
- постоянной относительной влажности с точностью ±5 % и заданной температуры с точностью ±3 °С при испытании.

6 Образцы для испытаний

6.1 Если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на изделие, для испытаний используют не менее пяти образцов.

6.2 Образцы изготовляют методом механической обработки по ГОСТ Р 56813.

6.3 Для испытаний применяют образцы, форма и размеры которых указаны на рисунке 1.



$L_{обр}$ — длина образца

Рисунок 1 — Образец для испытаний

6.4 Длину образца $L_{обр}$, мм, вычисляют по формуле

$$L_{обр} = 1{,}2L, \quad (1)$$

где L — длина пролета (см. 8.5), мм.

6.5 Допускается использовать образцы другой толщины при условии соблюдения требования 8.5.

6.6 Образцы маркируют таким образом, чтобы их можно было отличать друг от друга и прослеживать их происхождение от оригинальной панели, из которой они были изготовлены, а также чтобы маркировка не повреждалась и не изменялась в ходе испытаний.

7 Кондиционирование

7.1 Образцы кондиционируют по ГОСТ Р 56762, если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на испытуемое изделие.

7.2 Образцы хранят при тех же условиях окружающей среды, при которых проводилось кондиционирование.

8 Проведение испытаний

8.1 Испытания проводят в помещении или закрытом объеме при температуре и влажности, значения которых установлены в нормативном документе или технической документации на изделие.

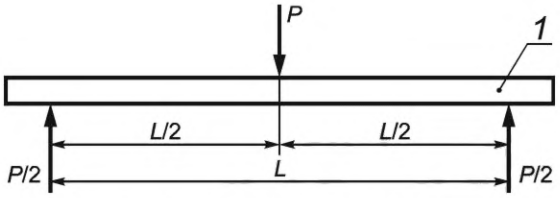
Испытания при повышенных и пониженных температурах проводят в специально предусмотренных климатических камерах. Температуру испытания и допускаемые ее колебания определяют в соответствии с нормативным документом или технической документацией на изделие.

8.2 При проведении испытаний в условиях повышенных и пониженных температур время, необходимое для полного прогрева или охлаждения образца до его испытания, устанавливают в нормативном документе или технической документации на изделие.

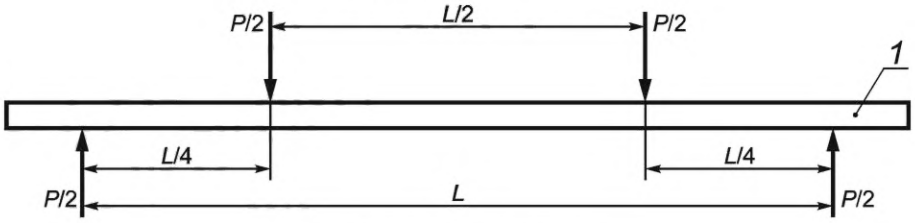
8.3 Микрометром (см. 5.2) измеряют ширину и толщину в центре образца.

8.4 Штангенциркулем (см. 5.2) измеряют длину образца.

8.5 В зависимости от толщины образца и вида нагружения устанавливают расстояния между опорами, как показано на рисунке 2.



а) Трехточечный изгиб



б) Четырехточечный изгиб

1 — образец; *P* — нагрузка; *L* — длина пролета

Рисунок 2 — Виды нагружения образца

Стандартное отношение длины пролета к толщине образца составляет 32:1.

Примечание — Если отношение наименьшего значения предела прочности при растяжении или сжатии к значению предела прочности на сдвиг (вне плоскости) меньше восьми, допускается использовать меньшее отношение длины пролета к толщине образца, например 16:1, 20:1. При испытании слоистых композитов с относительно низким пределом прочности на сдвиг (вне плоскости) и относительно высоким пределом прочности при растяжении или сжатии (параллельно плоскости пролета) используют большее отношение длины пролета к толщине образца, например 40:1, 60:1.

Длину пролета измеряют в соответствии с приложением А.

8.6 Устанавливают и закрепляют приборы для измерения деформации (прогиба) (см. 5.3) в середине пролета.

8.7 Устанавливают образец широкой стороной на опоры (см. рисунок 2) так, чтобы его продольная ось была перпендикулярна к осям опор и/или нагружающему наконечнику.

8.8 При испытании образцов, толщина которых составляет 4 мм, устанавливают скорость перемещения наконечника/опор, равную 1 мм/мин.

Для образцов по 6.5 скорость перемещения наконечника вычисляют по ГОСТ Р 56810—2015 (подраздел 7.5) при трехточечном нагружении и по ГОСТ Р 56805 (метод В) при четырехточечном нагружении.

8.9 Нагружают образец с заданной постоянной скоростью перемещения наконечника/опор.

8.10 Записывают значения деформации (прогиба) в зависимости от нагрузки.

Значения регистрируют непрерывно или через регулярные интервалы так, чтобы при проведении испытания было записано не менее 50 значений.

8.11 Если разрушение образцов происходит вследствие межслоевого сдвига или вследствие смятия верхней или нижней грани в месте их соприкосновения с опорами/наконечником, результаты испытаний не учитывают и проводят испытания на новом образце.

Если более 50 % образцов имеют неприемлемый вид разрушения, необходимо изменить отношение длины пролета к толщине образца (в случае межслойного сдвига) или диаметр опор/наконечника (в случае смятия в месте соприкосновения опор/наконечника и образца).

В расчет принимают образцы, у которых в процессе испытания разрушается верхняя или нижняя грань образца (крайние волокна).

Примечание — Под верхней гранью образца в настоящем стандарте понимают боковую поверхность образца, на которую воздействует нагрузка, под нижней гранью — боковую поверхность образца, противоположную нагружаемой.

8.12 Для описания характера, участка и места разрушения образца используют условные обозначения из трех символов в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Первый символ		Второй символ		Третий символ	
Характер разрушения	Шифр	Участок разрушения	Шифр	Место разрушения	Шифр
Растяжение	T	У наконечника	A	Верхняя грань	T
Сжатие	C	Между опорами	B	Нижняя грань	B
Изгиб	B	На опоре	S	Слева	L
Межслойный сдвиг	S	Между нагружающими опорами и опорами с размещенным образцом	L	Справа	R
Комбинированный	M (xyz)	Неизвестно	U	В середине	M
Прочее	O	—	—	Различные	V
—	—	—	—	Неизвестно	U

9 Обработка результатов

9.1 Строят график зависимости прогиба от нагрузки для каждого испытанного образца.

Перед выполнением расчетов необходимо определить компенсацию нижней части графика, как описано в приложении Б.

9.2 Трехточечная схема нагружения

9.2.1 Максимальное напряжение при изгибе σ, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}, \tag{2}$$

где P — нагрузка, Н;

L — длина пролета, мм;

b — ширина образца, мм;

h — толщина образца, мм.

Примечание — Формула (2) относится только к материалам, для которых напряжение линейно пропорционально деформации (прогибу) вплоть до разрушения образца и которые деформируются незначительно. Поскольку данное условие распространяется не на все материалы, в формуле (2) имеется погрешность. Однако формула (2) действительна для сравнения результатов испытаний материалов в диапазоне значений деформации (прогиба) от 0 % до 2 %. Также следует отметить, что для многослойных композитов максимальное напряжение может возникнуть не во внешнем слое. Для вычисления максимального напряжения при разрушении необходимо применить теорию изгиба балок из многослойных композитов. Таким образом, формула (2) позволяет получить кажущуюся прочность исходя из теории изгиба однородных балок. Эта кажущаяся прочность в значительной степени зависит от последовательности укладки слоев в многослойных композитах.

9.2.2 Предел прочности при изгибе F, МПа, вычисляют по формуле

$$F = \frac{3P_{max}L}{2bh^2}, \tag{3}$$

где P_{max} — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца, Н.

9.2.3 Напряжение при заданной деформации (прогибе) $\sigma(\varepsilon)$, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma(\varepsilon) = \frac{3 \cdot P(\varepsilon) \cdot L}{2bh^2}, \quad (4)$$

где $P(\varepsilon)$ — нагрузка, соответствующая значению деформации (прогиба) ε, определяемая по графику «нагрузка — прогиб», Н.

9.2.4 Максимальную деформацию ε, мм/мм, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{6\delta h}{L^2}, \quad (5)$$

где δ — значение деформации (прогиба), мм.

9.2.5 Секущий модуль упругости E_f^{secant}, МПа, вычисляют по формуле

$$E_f^{secant} = \frac{L^3 m}{4bh^3}, \quad (6)$$

где m — наклон секущей кривой графика «нагрузка — прогиб».

9.3 Четырехточечная схема нагружения

9.3.1 Максимальное напряжение при изгибе σ, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2}. \quad (7)$$

9.3.2 Предел прочности при изгибе F, МПа, вычисляют по формуле

$$F = \frac{3P_{max}L}{4bh^2}. \quad (8)$$

9.3.3 Напряжение при заданной деформации $\sigma(\varepsilon)$, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma(\varepsilon) = \frac{3 \cdot P(\varepsilon) \cdot L}{4bh^2}. \quad (9)$$

9.3.4 Максимальную деформацию ε, мм/мм, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{48\delta h}{11L^2}. \quad (10)$$

9.3.5 Секущий модуль упругости крайних волокон E_f^{secant}, МПа, вычисляют по формуле

$$E_f^{secant} = \frac{11L^3 m}{64bh^3}. \quad (11)$$

9.4 Модуль упругости при изгибе

9.4.1 Хордовый модуль при изгибе E_f^{chord}, МПа, вычисляют по формуле

$$E_f^{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}, \quad (12)$$

где $\Delta\sigma$ — изменение напряжения при изгибе для двух точек деформации в соответствии с таблицей 1, МПа;

$\Delta\varepsilon$ — изменение деформации при изгибе для двух точек в соответствии с таблицей 1 (номинально 0,002).

9.4.2 Выбирают соответствующий диапазон деформаций для модуля упругости, определяемого хордой по таблице 2.

Таблица 2

Диапазон величины деформации для расчета определяемого по хорде модуля	
Начальная точка	Конечная точка
0,001	0,003

9.5 Статистическая обработка

9.5.1 Среднеарифметическое значение $\overline{x}$ вычисляют по ГОСТ 14359–69 (подраздел 4.3).

9.5.2 Стандартное отклонение S_{n-1} вычисляют по формуле

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\overline{x}^2\right)}{(n-1)}}, \qquad (13)$$

где x_i — результат измерения единичного значения;

n — количество наблюдений.

9.5.3 Коэффициент вариации CV, %, вычисляют по ГОСТ 14359—69 (подраздел 4.6).

10 Протокол испытаний

10.1 Результаты проведения испытаний оформляют в виде протокола, содержащего:

- ссылку на настоящий стандарт;
- описание материала, включая тип, обозначение, присвоенное изготовителем, номер партии, дату изготовления, нормативный документ или техническую документацию на материал;
- процедуру изготовления образца;
- сведения об используемом оборудовании для испытаний;
- длину, ширину, толщину каждого образца;
- условия кондиционирования;
- условия в климатической камере (при ее применении);
- количество образцов;
- схему приложения нагрузки;
- длину пролета;
- скорость испытания;
- график зависимости «нагрузка — прогиб» для каждого образца;
- максимальное напряжение при изгибе, его среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;
- предел прочности при изгибе, его среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;
- напряжение при заданной деформации, его среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;
- максимальную деформацию, ее среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;
- секущий модуль упругости, его среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;

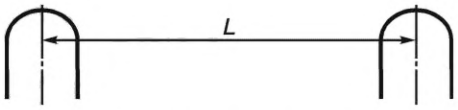
- хордовый модуль при изгибе, его среднеарифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации;
- диапазон деформации;
- характер разрушения и место разрушения;
- дату проведения испытания.

10.2 Дополнительно протокол должен содержать диаграммы деформирования и фотографии образцов.

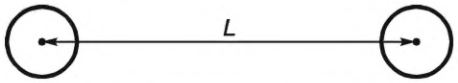
Приложение А
(обязательное)

Установка и измерение пролета

А.1 Проводят линию или отметку в центре опоры, где она полностью соприкасается с образцом, как показано на рисунке А.1.



а) На неподвижных опорах



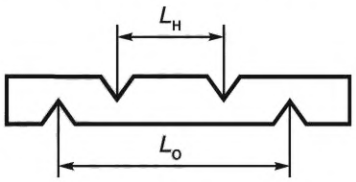
б) На поворотных опорах

L — длина пролета

Рисунок А.1 — Отметка на опорах

А.2 Штангенциркулем измеряют длину пролета с погрешностью не более ±0,1 мм при длине менее 63 мм и с погрешностью не более ±0,3 мм при длине более или равной 63 мм.

А.3 Для установки опор также может быть использован шаблон, пример которого показан на рисунке А.2.



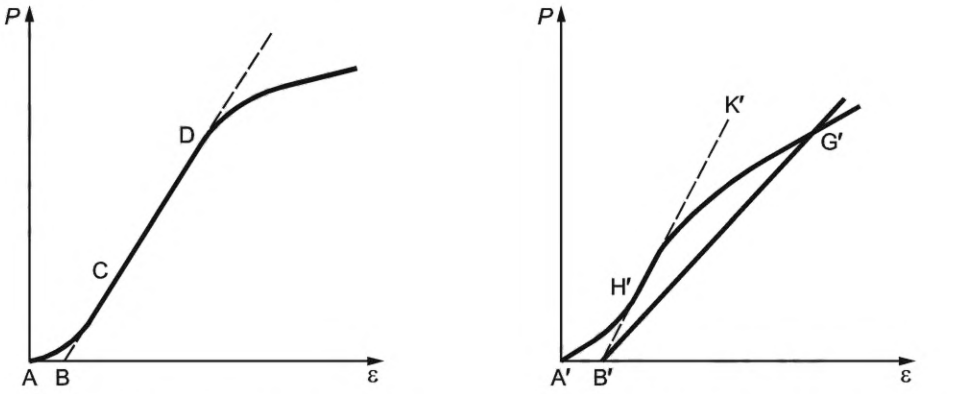
$L_н$ — расстояние между точками нагрузки; $L_о$ — расстояние между точками опоры

Рисунок А.2 — Шаблон для установки опор

Приложение Б
(обязательное)

Компенсация нелинейного участка в нижней части кривой на графике «нагрузка — прогиб»

Б.1 На графике зависимости деформации (прогиба) от нагрузки, как показано на рисунке Б.1 а), присутствует нижняя часть АС, которая не является характеристикой материала. Это искажение, вызванное компенсацией провисания и выравнивания или посадки образца. Для получения правильных значений таких параметров, как хордовый модуль и деформация (прогиб) при разрушении, это искажение необходимо компенсировать, чтобы получить исправленную точку нуль по оси деформации.



a) Материал с зоной гуковского поведения

b) Материал без зоны гуковского поведения

P — нагрузка; ε — прогиб

Рисунок Б.1 — Графики зависимости «нагрузка — прогиб»

Б.2 В случае если материал демонстрирует зону гуковского (линейного) поведения [(см. рисунок Б.1 а))], продлевают прямую часть графика, обозначенную CD, до пересечения с осью ε и ставят точку В. Таким образом, точка В — это откорректированная точка нуль, от которой следует измерять все деформации.

Б.3 Наклон определяют путем деления изменения нагрузки между любыми двумя точками на прямой CD (или ее продолжении) на изменение деформации в тех же двух точках (измеренное из точки В).

Б.4 Если материал не проявляет линейных областей, как показано на рисунке Б.1 б), то корректировку нуля выполняют в следующей последовательности:

- строят касательную к максимальному наклону в точке перегиба Н′ и обозначают ее «Н′К′»;
- продлевают касательную Н′К′ до пересечения с осью ε в точке В′.

Точка В′ — это откорректированная точка нуль, от которой следует измерять все деформации;

- используя точку В′, нагрузку в любой точке на кривой (обозначают как G′) делят на деформацию в этот момент и получают хордовый модуль при изгибе (наклон линий В′G′).

УДК 678.017:006.354

ОКС 83.120
19.020

Ключевые слова: композиты полимерные, механические характеристики при изгибе, трехточечный изгиб, четырехточечный изгиб, непрерывно-армированные композиты

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 17.11.2023. Подписано в печать 06.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,58.

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

gost.e-ecolog.ru