ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 57206— 2016 (ИСО 15114: 2014)**

# КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

## Метод определения межслойной вязкости разрушения по моде II при испытании на торцевое расслоение (C-ELS)

**(ISO 15114:2014, Fibre-reinforced plastic composites — Determination of the mode II fracture resistance for unidirectionally reinforced materials using the calibrated end-loaded split (C-ELS) test and an effective crack length approach, MOD)**

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» совместно с Открытым акционерным обществом «НПО Стеклопластик» при участии Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов» и Автономной некоммерческой организации «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 4

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 ноября 2016 г. № 1564-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 15114:2014 «Материалы композитные на основе волокон. Определение сопротивления разрушению однонаправленных армированных материалов по моде II при испытании на калиброванное расщепление при торцевой нагрузке (C-ELS) и на основе метода эффективной длины трещины» (ISO 15114:2014 «Fibre-reinforced plastic composites — Determination of the mode II fracture resistance for unidirectionally reinforced materials using the calibrated end-loaded split (C-ELS) test and an effective crack length approach», MOD) путем внесения технических отклонений, изменения структуры, дополнений отдельных пунктов, а также редакторских правок разделов, подразделов, пунктов национального стандарта в связи с неточностями технического перевода национального стандарта, в целях соблюдения норм русского языка, технического стиля изложения и для учета особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

Дополнительные ссылки и положения, включенные в текст стандарта для учета особенностей российской национальной стандартизации, выделены курсивом.

Дополнительные ссылки и положения, включенные в текст стандарта, а также технические отклонения в виде измененных значений показателей, внесенные для учета особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации, выделены полужирным курсивом.

Дополнительные требования, внесенные в настоящий стандарт, выделены вертикальной линией, расположенной на полях напротив соответствующего текста, и направлены на учет нормативных требований национальной стандартизации Российской Федерации.

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

Ссылки на ИСО 291, ИСО 5893, ИСО 15024 заменены ссылками на соответствующие национальные и межгосударственные стандарты.

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

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДБ.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДВ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Май 2019 г.

*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

© ISO, 2014 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

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 . . . . . 3
6 Образцы . . . . . 4
7 Проведение испытаний . . . . . 5
8 Обработка результатов испытаний . . . . . 7
9 Протокол испытаний . . . . . 8
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов . . . . . 10
Приложение А (справочное) Поправочные коэффициенты для больших перемещений и блоков нагрузки . . . . . 11
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . . . 12
Приложение ДВ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта . . . . . 13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

## Метод определения межслойной вязкости разрушения по моде II при испытании на торцевое расслоение (C-ELS)

Polymer composites. Test method of determination of the mode II fracture toughness for the calibrated end-loaded split (C-ELS)

**Дата введения — 2017—05—01**

## 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на слоистые композиты с полимерной матрицей, армированной непрерывными углеродными, борными, органическими или другими волокнами.

1.2 Стандарт устанавливает метод испытания на торцевое расслоение (международное обозначение метода — C-ELS) сдвигом образца в виде балки с трещиной при нагружении сосредоточенной нагрузкой на конце консольной балки с определением характеристики критической работы расслоения в условиях сдвига (мода II), $G_{IIC}$.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

*ГОСТ 166—89 (ISO 3599—76) Штангенциркули. Технические условия*

*ГОСТ 6507—90 Микрометры. Технические условия*

*ГОСТ 8074—82 Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования*

ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008) Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)

*ГОСТ 24888—81 Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Химические наименования, термины и определения*

ГОСТ 28840—90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

*ГОСТ 32794—2014 Композиты полимерные. Термины и определения*

ГОСТ Р 56815—2015 Композиты полимерные. Метод определения удельной работы расслоения в условиях отрыва $G_{IC}$

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.

**Издание официальное**

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ 24888, ГОСТ 32794,* а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **критическая работа расслоения (вязкость межслойного разрушения) при продольном сдвиге $G_{IIC}$ (мода II), Дж/мм$^2$:** Предел отношения изменения упругой энергии, накопленной в образце в виде балки при нагружении сосредоточенной нагрузкой на конце консольной балки, к бесконечно малому приращению площади межслойной трещины.

3.2 **длина трещины расслоения $a_0$, $a_1$, $a$, мм:** Расстояние от оси приложения нагрузки до вершины трещины (см. рисунок 1). $a_0$ в исходном состоянии (до подращивания трещины) определяется границей пленки; $a_1$ — после подращивания; $a$ — в процессе испытания.

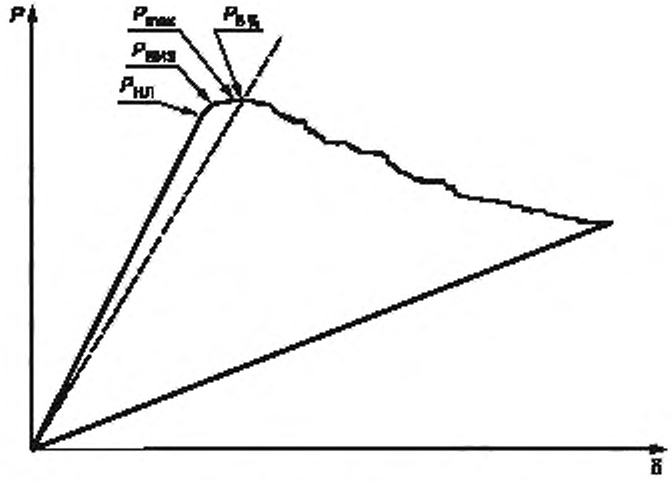
3.3 **максимальная нагрузка $P_{max}$, Н:** Максимальная нагрузка, зафиксированная в ходе испытаний.

3.4 **ВИЗ:** Точка на диаграмме «нагрузка — перемещение траверсы», соответствующая визуально зафиксированному моменту страгивания трещины.

3.5 **НЛ:** Точка отклонения диаграммы «нагрузка — перемещение траверсы» от линейной зависимости.

3.6 **критическая нагрузка $P_c$, Н:** Нагрузка, определяемая по диаграмме «нагрузка — перемещение траверсы» как нагрузка, равная нагрузке начала отклонения диаграммы от линейной, или нагрузка в момент страгивания трещины, или как максимальная нагрузка, или как нагрузка в точке пересечения диаграммы и прямой, выходящей из начала координат, тангенс угла которой на 5 % меньше тангенса угла линейного участка диаграммы.

Примечание — На рисунке 1 приведено расположение указанных точек на типовой диаграмме «нагрузка — перемещение траверсы».




$P_{НЛ}$ — нагрузка начала отклонения диаграммы от линейной; $P_{ВИЗ}$ — нагрузка в момент страгивания трещины (момент страгивания трещины определяется визуально); $P_{max}$ — максимальная нагрузка на диаграмме; $P_{5\,\%}$ — нагрузка в точке пересечения диаграммы и прямой, выходящей из начала координат, тангенс угла которой на 5 % меньше тангенса угла линейного участка диаграммы

Рисунок 1 — Типовая диаграмма «нагрузка — перемещение траверсы»

## 4 Сущность метода

4.1 Метод заключается в испытании на сдвиг с постоянной скоростью нагружения при нагружении сосредоточенной нагрузкой на конце консольного образца в виде балки, на конце которой предварительно выполнено расслоение, расположенное по центру толщины (рисунок 2). Усилие прилагают к образцу через блок нагружения, который приклеивают к одному концу образца. При испытании фиксируют прикладываемое усилие, перемещение траверсы и длину трещины.

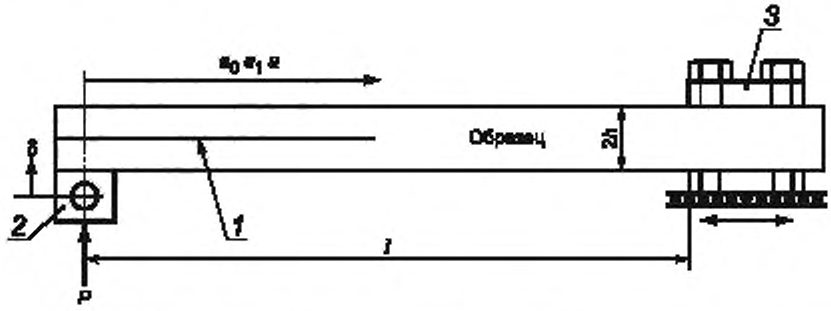
4.2 Вязкость межслойного разрушения (критическую работу расслоения) при продольном сдвиге $G_{II}$ (мода II), Дж/мм$^2$, определяют как отношение изменения упругой энергии, накопленной в образце в виде балки при его нагружении, к бесконечно малому приращению площади межслойной трещины по формуле

$$G_{IIC} = \frac{1dU}{bda}, \quad (1)$$

где $U$ — энергия, накопленная в образце, Дж;

$a$ — длина трещины расслоения, определяется как расстояние от центра блока нагружения до вершины трещины, мм;

$b$ — ширина образца, мм.




*1* — трещина, *2* — блок нагружения, *3* — зажимное приспособление; *P* — нагрузка; *l* — длина консоли; *2h* — толщина образца; *δ* — значение перемещения

Рисунок 2 — Схема нагружения сосредоточенной нагрузкой на конце консольной балки

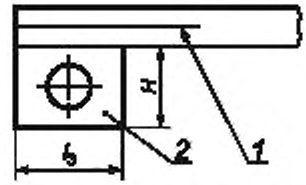
## 5 Оборудование

5.1 Испытания проводят на испытательной машине по *ГОСТ 28840*, обеспечивающей линейное перемещение с заданной постоянной скоростью активного захвата (траверсы) в диапазоне от 1 до 5 мм/мин и измерение нагрузки с погрешностью не более 1 % измеряемой величины.

5.2 Испытательная машина должна быть оснащена приспособлением для приложения нагрузки к образцу через блок нагружения и зажимным приспособлением (рисунки 2, 3). Момент затяжки зажимного приспособления к образцу рекомендуется выбирать из диапазона от 1 до 30 Нм. Блок нагружения и зажимное приспособление должны располагаться симметрично продольной оси образца. Отверстие в блоке нагружения должно быть симметрично относительно по высоте $H$ и длине $l_3$ (рисунок 4). Ширина блока нагружения должна быть не меньше ширины образца. Зажимное приспособление должно обеспечивать свободное скольжение (например, при помощи подшипников) в горизонтальном направлении образца.



Рисунок 3 — Варианты исполнения приспособлений для испытаний на торцевое расслоение




*1* — образец, *2* — блок нагружения, *H* — высота блока нагружения; $l_3$ — длина блока нагружения

Рисунок 4 — Схема крепления блока нагружения для испытания на торцевое расслоение

Допускается использовать другие приспособления для крепления образца, например вилки или захваты, которые не изменяют начальную жесткость изгиба консоли и не создают при нагружении дополнительных моментов изгиба.

5.3 Для фиксации прогиба образца при испытании рекомендуется использовать датчики перемещения. В качестве датчиков перемещения используют механические, оптические экстензометры или другие приборы, обеспечивающие измерение перемещения (прогиба) с максимальной относительной погрешностью не более 0,5 % измеряемой величины. Установка датчика прогиба не должна создавать дополнительных нагрузок на образец. Измерение перемещения осуществляется под блоком нагружения. Контроль перемещения (прогиба) осуществляют по перемещению активного захвата (траверсы), при условии что жесткость машины (силовой цепочки) значительно выше жесткости образца.

5.4 Запись данных нагрузки и перемещения проводят с частотой не менее 5 Гц.

Примечание — Пункт 5.4 введен для обеспечения повышения сходимости результатов испытаний (за счет введения более жестких требований к оборудованию).

5.5 Средства измерений ширины и толщины образца должны обеспечивать измерение с погрешностью не более 1 % измеряемой величины. Для измерения толщины рекомендуется использовать микрометр с плоскопараллельными губками по *ГОСТ 6507*, для измерения ширины — штангенциркуль с губками с плоскими измерительными поверхностями по *ГОСТ 166*, с погрешностью не более 0,02 мм. Средства измерения длины трещины (начальной и в ходе испытаний) должны обеспечивать измерение с погрешностью не более 0,5 мм. Рекомендуется использовать микроскоп по *ГОСТ 8074* с увеличением более чем в 10 раз.

## 6 Образцы

6.1 Для испытаний применяют образцы полимерного композитного материала (ПКМ) с четным числом слоев ПКМ в виде балки прямоугольного сечения длиной *L* не менее 170 мм (рекомендуемая длина — от 190 до ***200 мм***), шириной *b* от 20 до ***25 мм*** и толщиной (2*h*) от 3 до ***7 мм*** (см. рисунок 2). Рекомендуемая ширина — 25 мм, толщина — 5 мм.

Отклонение по толщине не должно превышать 0,1 мм, по ширине — 0,2 мм.

При изготовлении образца на одном его конце по середине толщины создают начальную межслойную трещину длиной $a_0$ от 45 до 55 мм, для чего в процессе изготовления образца по середине его толщины закладывают полимерную пленку (рекомендуется использовать политетрафторэтиленовую или полиимидную пленку). Толщина пленки не должна превышать 13 мкм. Максимально допустимая температура эксплуатации пленки не должна быть ниже температуры отверждения ПКМ.

Пленка не должна приводить к образованию смоляного кармана или каким-либо образом влиять на изменение значения вязкости разрушения. Число слоев ПКМ по обе стороны от трещины расслоения по мере ее роста должно оставаться постоянным.

6.2 Технология изготовления образцов, механическая обработка, места и направления вырезки образцов должны соответствовать требованиям нормативных документов или технической документации на материал. Образцы материала одной марки, поступающие на испытания, должны быть изготовлены с применением одного и того же метода формования и могут быть представлены несколькими партиями. Образцы изготовляют путем формования в отдельных пресс-формах или вырезают из однородных по толщине плоских панелей или других полуфабрикатов. Образцы вырезают по направлению армирующих волокон испытуемого материала. При резке, фрезеровке и шлифовке образцов рекомендуется использовать смазочно-охлаждающие жидкости, не оказывающие влияние на свойства испытуемого ПКМ. На образцах не должно быть трещин, надрезов, неровностей, шероховатых поверхностей, расслоений, заусенцев и других дефектов, заметных невооруженным глазом.

6.3 Изготовленные образцы маркируют на каждой из двух сторон с большей площадью номером партии и порядковым номером образца в партии. Маркировка должна не только позволять отличать образцы друг от друга, указывать на их происхождение и однозначно определять положение образца, но также идентифицировать их по условиям испытаний.

Маркировка не должна влиять на выполнение и результат испытаний и сама при этом не должна повреждаться.

6.4 Количество образцов для испытаний одной партии материала должно быть не менее пяти.

*6.5 Любые отклонения условий, указанных в 6.1—6.4, должны быть отражены в протоколе испытаний.*

## 7 Проведение испытаний

7.1 Перед испытанием измеряют толщину образца микрометром с погрешностью не более 0,01 мм, ширину — штангенциркулем с погрешностью не более 0,02 мм. Измерения проводят в трех местах по длине предполагаемого роста трещины (за результат принимается среднеарифметическое значение). Максимальная разница между измеренными значениями толщины для каждого образца не должна превышать 0,1 мм. Результаты измерений округляют до трех значащих цифр и заносят в протокол испытаний. Длину трещины (начальную и в ходе испытаний) измеряют на боковой поверхности образца с двух сторон с погрешностью не более 0,5 мм. За расчетное значение длины трещины принимают среднеарифметическое значение двух показаний. Длина трещины с обеих сторон образца не должна отличаться более чем на 2 мм. Измеряют высоту $H$ и длину $l_3$ блока нагружения, результаты заносят в протокол испытаний.

7.2 Проводят входной контроль образцов по геометрическим размерам и внешнему виду. В случае несоответствия образцов требованиям настоящего стандарта составляют акт входного контроля образцов, в котором для каждого образца, не прошедшего контроль, указывают маркировку, геометрические размеры, результаты визуального осмотра и положение настоящего стандарта, которому не соответствует образец.

7.3 При проведении испытаний образцов, не прошедших входной контроль, в протоколе испытаний обязательно указывают пункты настоящего стандарта, которым не соответствуют образцы.

7.4 На конце каждого образца со стороны, где отсутствует расслоение, центрируют и прикрепляют блок нагружения. Блок нагружения изготовляют из металла, он должен выдерживать прилагаемую нагрузку без повреждений. Перед склеиванием сопрягаемые поверхности блока нагружения и образца должны быть обработаны абразивным инструментом и тщательно очищены. Рекомендуется использовать клей с отверждением при комнатной температуре. При нанесении клея рекомендуется пользоваться нормативными документами или технической документацией. Клеевое соединение должно выдерживать нагрузки при испытаниях и не должно влиять на проведение испытаний.

7.5 Если в нормативных документах или технической документации на испытуемые материалы не указаны особые условия кондиционирования, то перед испытанием, но после приклеивания нагружающих блоков, образцы кондиционируют *не менее 30 ч по ГОСТ 12423 при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 10) %*. При отсутствии в нормативных документах или технической документации на материал специальных указаний время от окончания изготовления до испытания должно составлять *не менее 30 ч*, включая кондиционирование.

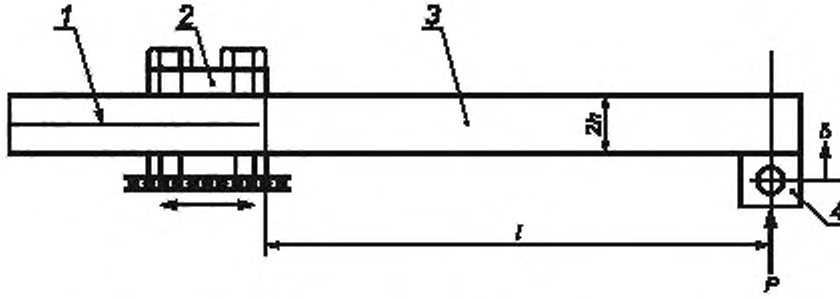
7.6 Испытания проводят в помещении при температуре и относительной влажности окружающего воздуха, указанных в нормативных документах или технической документации на испытуемый материал. Если таких указаний нет, то испытания проводят при температуре окружающего воздуха (20 ± 3) °С, относительной влажности воздуха (50 ± 10) %.

7.7 Для каждого образца выполняют калибровку по податливости на нагрузку, не превышающую нагрузку страгивания (начала роста) трещины.

Для этого образец фиксируют в зажимном приспособлении (болты должны затягиваться с постоянным усилием для каждого образца, не повреждая его) так, чтобы длина консоли образца $l$ составляла попеременно 100, 90, 80, 70 и 60 мм и пленка была полностью зафиксирована в зажимном приспособлении (рисунок 5). Блок нагружения присоединяют к испытательной машине таким образом, чтобы нагрузка прикладывалась перпендикулярно к продольной оси образца. Для каждого

значения длины консоли со скоростью перемещения активного захвата машины от 0,5 до 2 мм/мин записывают линейный участок диаграммы нагружения. Скорость разгрузки может быть увеличена до 10 мм/мин.

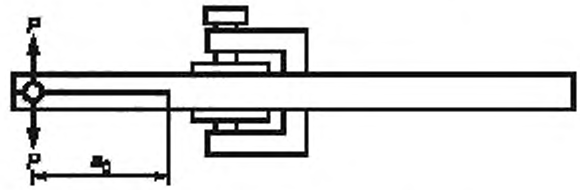
7.8 После выполнения калибровки для исключения влияния пленки на значение вязкости межслойного разрушения трещину подращивают на расстояние от 2 до 5 мм от границы пленки одним из двух методов (рекомендуется метод В). Число слоев ПКМ по обе стороны от трещины расслоения по мере ее роста должно оставаться одинаковым.




*1* — трещина; *2* — зажимное приспособление; *3* — образец; *4* — блок нагружения; *P* — нагрузка; *l* — длина консоли, 2*h* — толщина образца; *δ* — значение перемещения

Рисунок 5 — Схема крепления блока нагружения и фиксации образца при калибровке по податливости

7.8.1 Метод А. Образец предварительно сжимают струбциной и нагружают по моде I, раздвигая консоли (рисунок 6). Нагружение проводят на испытательной машине со скоростью перемещения активного захвата от 1 до 2 мм/мин по ГОСТ Р 56815.




**P** — нагрузка; $a_0$ — длина начальной трещины

Рисунок 6 — Схема подращивания трещины по методу А

7.8.2 Метод В. Образец с переклеенным блоком нагружения (в соответствии с 7.9) нагружают по моде II, для чего вычисляют длину консоли образца по формуле

$$l = a_0 (4/3), \quad (2)$$

где $a_0$ — длина начальной трещины.

Образец при вычисленной длине консоли фиксируют в зажимном приспособлении и нагружают со скоростью перемещения активного захвата машины от 0,5 до 2 мм/мин с записью диаграммы «нагрузка — перемещение» до тех пор, пока трещина не подрастет на расстояние от 2 до 5 мм от границы пленки. Скорость разгрузки может быть увеличена до 5 мм/мин.

7.9 На конце каждого образца со стороны расслоения прикрепляют блок нагружения (см. рисунок 2). Блок нагружения с противоположной стороны требуется удалить, если он будет мешать проведению испытаний или влиять на результаты испытаний.

7.10 Определяют длину консоли образца по формуле

$$l = 1{,}82a_1, \tag{3}$$

где $a_1$ — длина подрощенной трещины.

Образец при вычисленной длине консоли фиксируют в зажимном приспособлении и нагружают со скоростью перемещения активного захвата машины от 0,5 до 2 мм/мин и с записью диаграммы «нагрузка — перемещение» (см. рисунок 1). Одновременно измеряют длину трещины при каждом ее подрастании на 2,0 мм (рекомендуется использовать микроскоп). При подрастании трещины на 10 мм испытания прекращают. Диаграмма записывается также и на стадии разгрузки. Скорость разгрузки может быть увеличена до 5 мм/мин. Если диаграмма из-за преднагрузки или ее отсутствия выходит не из начала координат, то она должна быть к нему приведена.

7.11 Испытания проводятся повторно, если позволяет длина образца. Для этого повторяют действия, начиная с 7.7.

Примечание — Пункт 7.11 введен для обеспечения повышения сходимости и воспроизводимости результатов испытаний за счет большего числа результатов на образец.

## 8 Обработка результатов испытаний

Значение критической работы расслоения должно быть определено для случая распространения трещины (см. 7.10) и подращивания трещины, если подращивание осуществлялось по моде II (см. 7.8.2).

8.1 Поправку при калибровке на податливость определяют по графику экспериментальной зависимости $C^{1/3}$ от длины консоли образца $l$ [по формуле (4)] как расстояние от начала координат до пересечения регрессивным участком графика оси $l$ (см. рисунок 7)

$$C^{1/3} = k(l + |\Delta|), \tag{4}$$

где $C$ — податливость образца, мм/Н, которую вычисляют по формуле

$$C = \frac{\delta}{P}, \tag{5}$$

где $\delta$ — значение перемещения;

$P$ — нагрузка, Н;

$k$ — тангенс угла наклона графика линейной зависимости $C^{1/3}$ от $k$, который вычисляют по формуле

$$k = \frac{1}{h}\left(\frac{1}{2bE_1}\right)^{1/3}, \tag{6}$$

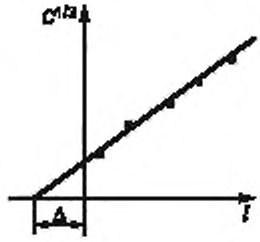
где $h$ — половина толщины образца, мм;

$b$ — ширина образца, мм;

$E_1$ — модуль упругости образца при изгибе, ГПа, который вычисляют по формуле

$$E_1 = \frac{1}{2b(hk)^3}; \tag{7}$$

$l$ — длина консоли, мм.




$C^{1/3}$ — податливость образца, мм/Н; $l$ — длина консоли

Рисунок 7 — Схема определения поправки $|\Delta|$

8.2 Критическую нагрузку $P_c$ для каждого образца определяют по диаграмме «нагрузка — перемещение траверсы» любым из способов согласно 3.6.

За значение критической нагрузки рекомендуется принимать значение $P_{max}$ или $P_{5\ \%}$, если точка, соответствующая $P_{5\ \%}$, располагается левее $P_{max}$.

8.3 Критическую работу расслоения (вязкость межслойного разрушения) по моде II $G_{IIC}$ определят методами 1—3.

8.3.1 Метод 1. Экспериментальный метод определения податливости. Критическую работу расслоения $G_{IIC}$, Дж/мм$^2$, вычисляют по формуле

$$G_{IIC} = \frac{3P_C^2 a^2 m}{2b}, \tag{8}$$

где $a$ — длина трещины, мм;

$m$ — тангенс угла наклона графика линейной зависимости $C$ от $a^3$, Н$^{-1}$ м$^{-2}$.

8.3.2 Метод 2. Метод на основе классической теории изгиба балки. Податливость образца, мм/Н, вычисляют по формуле

$$C = \frac{3a^3 + l^3}{2bh^3 E_1}. \tag{9}$$

Критическую работу расслоения $G_{IIC}$, Дж/мм$^2$, вычисляют по формуле

$$G_{IIC} = \frac{9P_C^2 a^2}{4b^2 h^3 E_1}. \tag{10}$$

8.3.3 Метод 3. Скорректированная теория изгиба балки. Критическую работу расслоения $G_{IIC}$, Дж/мм$^2$, вычисляют по формуле

$$G_{IIC} = \frac{9P_C^2 a_э^2}{4b^2 h^3 E_1}, \tag{11}$$

где $a_э$ — эффективная длина трещины, которую вычисляют по формуле

$$a_э = \left[\frac{1}{3}\left\{2bCh^3 E_1 \cdot (l + \Delta)^3\right\}\right]^{\frac{1}{3}}. \tag{12}$$

Метод 3 — наиболее точный, однако рекомендуется проводить расчет по всем трем методам и результаты каждого заносить в протокол испытаний.

8.4 Значения критической работы расслоения округляют до третьей значащей цифры и заносят в протокол испытаний. Рекомендуется определять значения критической работы расслоения для трех методов и трех значений критической нагрузки.

## 9 Протокол испытаний

9.1 Результаты испытаний вносят в протокол испытаний, который должен содержать:

- наименование материала;
- наименование предприятия-изготовителя;
- метод изготовления ПКМ;
- количество образцов, их маркировку и геометрические размеры;
- способ кондиционирования и условия испытаний;
- тип средств измерений и испытаний, заводской номер;
- способ измерений перемещения и нагрузки (класс точности экстензометра, датчика силы);
- способ первоначального подращивания трещины;

- длину подрощенной трещины $a_1$;
- скорость испытаний;
- значения определяемых показателей для каждого образца;
- дату проведения испытаний;
- ссылку на настоящий стандарт;
- фамилию, имя, отчество исполнителей.

9.2 Дополнительно протокол может содержать диаграммы нагружения и фотографии образцов.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Оригинальный текст невключенных структурных элементов

**ДА.1**

**8 Анализ данных**

8.1 Точки для анализа данных

Данные, требуемые для анализа: значения длины трещины расслоения $\alpha$, соответствующие нагрузки $P$, значения перемещения $\delta$. Точки определения $G_{IIC}$ могут быть получены из испытаний. Если выполнялось предварительное создание трещины по моде II, то определяют значения $G_{IIC}$ как при создании предварительной трещины (от пленочной вставки), так и при распространении трещины расслоения по моде II. Если выполнялось создание предварительной трещины по моде I, должны быть определены значения $G_{IIC}$ только при распространении трещины расслоения. Кроме этого, должны быть определены точки распространения, как указано ниже.

**ДА.2**

**9 Погрешность**

Данные межлабораторного сравнительного исследования, проведенного по эпоксидному композитному армированному углеродным волокном материалу, который испытывали в четырех лабораториях, показаны в таблице 1. В каждой лаборатории прошли испытания пяти образцов.

Таблица 1 — Результаты испытаний эпоксидного многослойного композитного материала, армированного углеродным волокном в ходе межлабораторного сравнительного исследования ESIS TC4

| | $G_{IIC}$ (ECM), Дж/м$^2$. Метод 1 | | | $G_{IIC}$ (SBT), Дж/м$^2$. Метод 2 | | | $G_{IIC}$ (CBTE). Дж/м$^2$. Метод 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Виз. иниц.[a)] | Иниц. 5 % | Средн. распр. | Иниц. виз. | Иниц. 5 % | Средн. распр. | Виз. иниц. | Иниц. 5 % | Средн распр |
| Среднее значение | 981 | 1064 | 1052 | 870 | 920 | 921 | 1098 | 1172 | 1102 |
| Стандартное отклонение | 253 | 236 | 206 | 162 | 105 | 101 | 193 | 99 | 51 |
| Коэффициент вариации, % | 25,8 | 22,2 | 19,5 | 18,6 | 11,5 | 11,0 | 17,6 | 8,5 | 4,7 |

[a)] Неполные данные.

Примечание

ECM — экспериментальный метод определения податливости;
SBT — простая теория изгиба балки;
CBTE — скорректированная теория изгиба балки с эффективной длиной трещины.

Точки анализа:
Виз. иниц. — визуальная инициация;
Иниц. 5 % — инициирование 5%-ного смещения податливости;
Средн. распр. — среднее значение зарегистрированных значений распространения.
Среднее и стандартное отклонения (СО) характеризуют воспроизводимость результатов, полученных в четырех испытательных лабораториях.

**ДА.3 Приложение**

## Приложение А
## (справочное)

### Поправочные коэффициенты для больших перемещений и блоков нагрузки

Большие перемещения образца во время испытаний приводят к уменьшению плеча момента. Этот эффект был проанализирован Вильямсом (Williams), который продемонстрировал, что этот эффект может быть скорректирован благодаря поправочному коэффициенту $F$, который вычисляют по формуле

$$F = 1 - \theta_1 \left(\frac{\delta}{l}\right)^2 - \theta_2 \left(\frac{\delta l_1}{l^2}\right)^2, \quad (A.1)$$

где параметры $\delta$, $L$ и $l_1$ определяют в разделе 3, а параметры $\theta_1$ и $\theta_2$ определяют ниже.

Эффекты присоединения блока нагружения к испытуемому образцу приведут к увеличению жесткости плеча, а смещение точки нагружения также вызовет дополнительные вращательные эффекты. Этот эффект также был проанализирован Вильямсом (Williams), и было продемонстрировано, что этот эффект может быть скорректирован с использованием поправочного коэффициента $N$, который вычисляют по формуле

$$N = 1 - \theta_3 \left(\frac{l_2}{l}\right)^3 - \theta_4 \left(\frac{\delta l_1}{l^2}\right)^2 - \theta_5 \left(\frac{\delta}{l}\right)^2, \quad (A.2)$$

где параметры $\theta_3$, $\theta_4$ и $\theta_5$ определяют ниже. Поправочный коэффициент $F$ представляет собой множитель, применяемый к $G_c \rightarrow (G_c, F)$, т. е. применяется в формулах (4), (6) и (9). Поправочный коэффициент $N$ — это коэффициент деления, применяемый к $C \rightarrow (C/N)$, т. е. применяется в формулах (1), (3), (4), (5) и (7).

В ситуациях, когда длину трещины не изменяют, т. е. если используют только СВТЕ (метод 3), тогда могут быть определены начальные значения $F$ и $N$, используя начальное значение длины трещины $\alpha = \alpha_p$ в формулах для $\theta$, которые даны ниже.

Значения получены по формулам:

$$\theta_1 = \frac{3}{20} \frac{15 + 50\left(\frac{a}{l}\right)^2 + 63\left(\frac{a}{l}\right)^4}{\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3\right]^2}; \quad (A.3)$$

$$\theta_2 = \frac{-3\left(\frac{l}{a}\right)\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^2\right]}{1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3}; \quad (A.4)$$

$$\theta_3 = \frac{4}{1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3}; \quad (A.5)$$

$$\theta_4 = -\frac{9}{4} \frac{\left[\left[1 - \left(\frac{a}{l}\right)\right]\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3\right] + 4\left(\frac{a}{l}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{l_2}{a}\right)^2\right]\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^2\right]\right]}{\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3\right]^2}; \quad (A.6)$$

$$\theta_5 = \frac{36}{35} \frac{1 + \frac{3}{8}\left(\frac{a}{l}\right)^3 \left[35 + 70\left(\frac{a}{l}\right)^2 + 63\left(\frac{a}{l}\right)^4\right]}{\left[1 + 3\left(\frac{a}{l}\right)^3\right]^3}. \quad (A.7)$$

**Приложение ДБ**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДБ.1

| Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта |
|---|---|---|
| ГОСТ 12423—2013 | NEQ | ISO 291 «Пластмассы. Стандартные атмосферы для кондиционирования и испытания» |
| ГОСТ 28840—90 | NEQ | ISO 5893 «Оборудование для испытаний резины и пластмассы на растяжение, изгиб и сжатие (при постоянной скорости перемещения). Технические условия» |
| ГОСТ Р 56815—2015 | MOD | ISO 15024 «Композиты на основе волокнитов. Определение способности однонаправленных армированных материалов поглощать энергию при межслойном разрушении по моде I, $G_{IC}$» |
| Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:<br>- MOD — модифицированные стандарты;<br>- NEQ — неэквивалентные стандарты. | | |

**Приложение ДВ**
**(справочное)**

## Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДВ.1

| Структура настоящего стандарта | | | Структура международного стандарта ISO 15114 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Разделы | Подразделы | Пункты | Разделы | Подразделы | Пункты |
| 1 | 1.1—1.2 | | 1 | | |
| 2 | — | — | 2 | — | — |
| 3 | 3.1—3.6 | — | 3 | — | — |
| 4 | 4.1—4.2 | — | 4 | — | — |
| 5 | 5.1—5.7 | — | 5 | — | — |
| 6 | 6.1 | — | 6 | 6.1—6.2 | — |
| | 5.2, 7.4, 7.9 | — | | 6.3** | — |
| | 7.5, 7.6 | — | | 6.4** | — |
| | 7.1—7.3 | | | 6.5 | a)—d) |
| | 6.4 | — | | 6.6 | — |
| 7 | 7.7, 7.9 | — | 7 | 7.1 | a)—c) |
| | 7.8 | 7.8.1—7.8.2 | | 7.2 | 7.2.1—7.2.2 |
| | 7.10—7.11 | — | | 7.3 | a)—e) |
| 8 | 8.2, 3.4—3.6 | — | 8 | 8.1* | 8.1.1—8.1.2 |
| | 8.1 | — | | 8.2 | — |
| | 8.3 | 8.3.1—8.3.3 | | 8.3 | 8.3.1—8.3.3 |
| — | — | — | 9* | — | — |
| 9 | 9.1—9.2 | — | 10 | — | — |
| Приложения | | — | Приложения | | A* |
| | | ДА | | | — |
| | | ДБ | | | — |
| | | ДВ | | | — |

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

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

УДК 691.175:006.354 ОКС 19.020

Ключевые слова: полимерные композиты, метод определения, межслойная вязкость разрушения по моде II, торцевое расслоение (C-ELS)

Редактор *Г.Н. Симонова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.И. Рычкова*
Компьютерная верстка *Л.В. Софейчук*

Сдано в набор 23.05.2019 Подписано в печать 05.08.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

ОКС 19.020

**Поправка к ГОСТ Р 57206—2016 (ИСО 15114:2014) Композиты полимерные. Метод определения межслойной вязкости разрушения по моде II при испытании на торцевое расслоение (C-ELS)**

| В каком месте | Напечатано | Должно быть |
|---|---|---|
| С. IV. Приложение А | Приложение А (справочное) Поправочные коэффициенты для больших перемещений и блоков нагрузки ..... 9 | — |
| С. IV. Приложение ДА | ..... 10 | ..... 9 |

(ИУС № 4 2017 г.)

gost.e-ecolog.ru