ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72350— 2025

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Метод испытания на сопротивление повреждению при ударе падающим грузом

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» (Союзкомпозит) совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ)

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 22 октября 2025 г. № 1270-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта АСТМ Д7136/Д7136М—20 «Стандартный метод определения сопротивления полимерных композитов к повреждениям при ударе падающим грузом» (ASTM D7136/D7136M—20 «Standard Test Method for Measuring the Damage Resistance of a Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite to a Drop-Weight Impact Event», NEQ)

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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, определения и обозначения 2
4 Сущность метода 3
5 Оборудование 3
6 Образцы для испытаний 7
7 Подготовка к проведению испытаний 8
8 Проведение испытаний 8
9 Обработка результатов 12
10 Протокол испытаний 13
Библиография 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Метод испытания на сопротивление повреждению при ударе падающим грузом

Polymer composites. Method for testing the resistance to damage during a falling weight impact

Дата введения — 2026—01—12

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на полимерные композиты, армированные непрерывными волокнами (далее — полимерные композиты), и устанавливает метод испытания этих материалов на сопротивление повреждению при ударе падающим грузом.

Примечание — Поведение пластины при ударе зависит от параметров испытания, поэтому два материала, испытанные при различных условиях, не следует сравнивать.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 263 Резина. Метод определения твердости по Шору А

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 9013 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу

ГОСТ 12423 (ИСО 291—2008) Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)

ГОСТ 24105 Изделия из пластмасс. Термины и определения дефектов

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

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ 33495 Композиты полимерные. Метод испытания на сжатие после удара

ГОСТ Р 56679 Композиты полимерные. Метод определения пустот

ГОСТ Р 56682 Композиты полимерные и металлические. Методы определения объема матрицы, армирующего наполнителя и пустот

ГОСТ Р 56762—2015 Композиты полимерные. Метод определения влагопоглощения и равновесного состояния

ГОСТ Р 57042 Композиты полимерные. Метод определения потерь массы при прокаливании армированных смол

ГОСТ Р 57713 Композиты полимерные. Методы определения плотности и относительной плотности по вытесненному объему жидкости

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

Издание официальное

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, определения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 24105, ГОСТ 24888, ГОСТ 32794, ГОСТ Р ИСО 3534-2 и ГОСТ Р ИСО 5725-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **наконечник бойка ударника:** Составная часть ударника полусферической формы, первой входящая в контакт с испытуемым образцом в момент удара.

3.1.2 **глубина отпечатка *d*, мм:** Остаточная глубина вмятины, зоны повреждения, сформировавшейся в результате испытания на удар падающим грузом.

Примечание — Глубину отпечатка определяют как максимальное расстояние, измеренное в направлении, перпендикулярном поверхности образца, между самой низкой точкой в отпечатке и точкой на неповрежденном в результате удара участке поверхности образца.

3.1.3 **регистрируемая контактная сила *F*, Н:** Сила ударника, действующая на образец в момент удара, фиксируемая датчиком силы.

3.1.4

стандартная атмосфера: Предпочтительные постоянные атмосферные условия с определенными значениями температуры и относительной влажности воздуха при определенном атмосферном давлении и скорости воздухообмена, при этом воздух не содержит никаких значимых примесей, а атмосфера не подвергается дополнительному воздействию радиации.

Примечания

1 В качестве стандартной атмосферы допускается установить то значение (состояние), которое достигнуто для пробы или образца и поддерживается постоянным.

2 Стандартная атмосфера соответствует средним атмосферным условиям в лаборатории и может быть создана в кондиционированных (с контролируемой атмосферой) шкафах, камерах или комнатах.

[ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008), статья 3.1]

3.1.5 **сквозной разрыв:** Дефект поверхности в виде единичного незначительного разрыва по всей толщине образца, образующегося в образце в результате испытания на удар падающим грузом.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

E_1 — поглощенная энергия в момент времени, когда кривая зависимости контактной силы от времени имеет спад по силе или наклон, Дж;

E_a — энергия, поглощенная образцом в процессе ударного взаимодействия, Дж;

E_i — фактическая энергия ударника (кинетическая энергия падающего ударника), Дж;

E_{max} — поглощенная энергия в момент времени, когда зарегистрирована максимальная контактная сила, Дж;

F — регистрируемая контактная сила, Н;

F_1 — регистрируемая контактная сила в момент времени, когда кривая зависимости контактной силы от времени имеет спад по силе или наклон, Н;

F_{max} — зарегистрированная максимальная контактная сила, Н;

D — диаметр зоны повреждения, мм;

L — длина зоны повреждения, мм;

H — ширина зоны повреждения, мм;

S — площадь зоны повреждения, мм^2;

t — суммарная продолжительность падения ударника и процесса ударного взаимодействия, с;

t_i — время первоначального контакта ударника с образцом, с;

t_T — продолжительность ударного взаимодействия (время от первоначального контакта до момента отскока ударника), с;

v_i — скорость ударника в момент первоначального контакта, м/с.

4 Сущность метода

4.1 Сущность метода заключается в повреждении образца сосредоточенным ударом свободно падающего груза в виде ударника с наконечником бойка полусферической формы. В качестве образцов используют прямоугольные пластины. Ударное повреждение оценивают по глубине отпечатка d и характеризуют типом, размерами (D, L, H) и площадью (S) зоны повреждения образца.

4.2 В качестве дополнительных показателей могут быть определены скорость ударника в момент первоначального контакта v_i, фактическая энергия удара E_i, контактная сила (F_1, F_{max}), поглощенная энергия (E_1, E_{max}), зависимости скорости ударника, перемещения ударника и энергии, поглощенной образцом в процессе ударного взаимодействия, от времени: v(t), $\delta(t)$, $E_a(t)$.

4.3 Зона образца, подвергающаяся удару падающим грузом, должна располагаться в центре образца на равном удалении от краев испытуемой пластины, чтобы локальные напряжения по краям и в центре образца не накладывались друг на друга во время формирования ударного повреждения.

4.4 Испытание на удар падающим грузом проводят:

- для количественной оценки влияния порядка укладки, полноты пропитки, объемного содержания волокон, параметров технологического процесса и условий окружающей среды на сопротивление разрушению полимерного композита при воздействии сосредоточенной нагрузки (энергии) падающего груза;

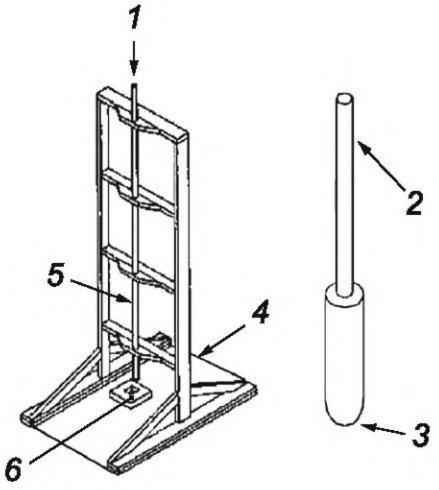
- для количественного сравнения значений показателей сопротивления разрушению полимерных композитов из разных исходных компонентов: глубины отпечатка d, типу, размерам (D, L, H), площади (S) зоны повреждения образца, контактной силе (F_1, F_{max}), поглощенной энергии (E_1, E_{max}), зависимостей контактной силы от времени;

- для последующей оценки остаточной прочности после удара падающим грузом (испытание на сжатие после удара по ГОСТ 33495).

4.5 До проведения испытания заказчику испытаний и испытательной лаборатории следует сформировать полный перечень определяемых в результате испытаний показателей (основных, дополнительных), точность и требования к представлению данных, необходимых для правильного выбора соответствующего оборудования для проведения испытаний и регистрации данных, приведенных в разделе 5.

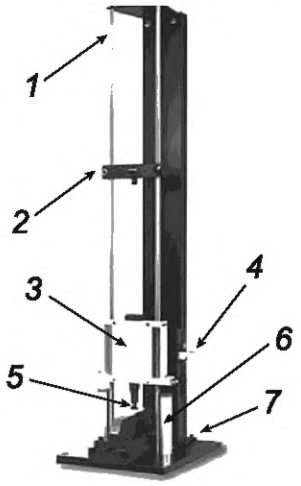
5 Оборудование

5.1 Копер, приведенный на рисунках 1 и 2, включающий: жесткое основание, ударник, систему контроля отскока (резонатор, фиксатор, ограничитель) и направляющий механизм.



1 — ударник помещен в трубку и установлен на выбранной высоте перед испытанием; *2* — трос (шнур) для установки ударника в цилиндрической трубке на заданной высоте; *3* — ударник с полусферическим наконечником бойка; *4* — жесткое основание; *5* — цилиндрическая трубка; *6* — зажимное приспособление

Рисунок 1 — Копер для испытаний на удар падающим грузом с направляющим механизмом ударника в виде цилиндрической трубы



1 — направляющая колонна; *2* — фиксирующее устройство; *3* — траверса; *4* — датчик скорости; *5* — ударник; *6* — блок остановки (ограничитель хода); *7* — основание (базовая панель)

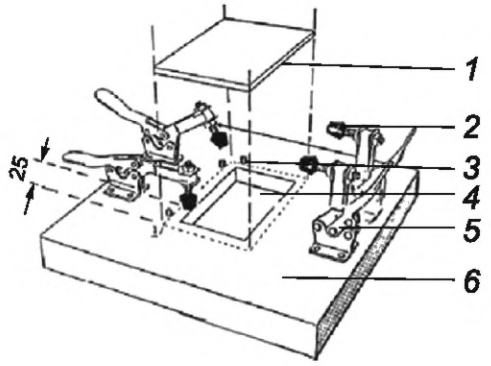
Рисунок 2 — Копер для испытаний на удар падающим грузом с двухколонным направляющим механизмом ударника

Система контроля отскока останавливает ударник после его отскока. Она не должна оказывать влияние на движение ударника до тех пор, пока ударник не потеряет контакт с образцом после удара. При отсутствии такой системы отскоку ударника могут воспрепятствовать прокладки из жесткого материала, такого как дерево или металлический материал, подкладываемые между ударником и образцом, после того как ударник отскакивает от поверхности образца.

Более сложные копры могут включать фиксирующие и подъемные механизмы, ограничители хода и демпферы (гасители колебаний), а также средства измерений для определения скорости ударника и силы ударного взаимодействия, рекомендуемые для получения дополнительных сведений о процессе удара.

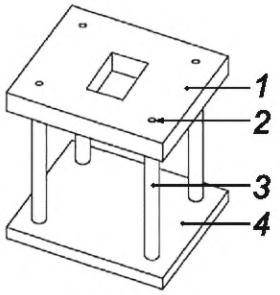
5.2 Зажимное приспособление для крепления образцов при испытании на удар, показанное на рисунке 3, должно быть изготовлено из алюминиевой или стальной плиты толщиной не менее 20 мм. Размеры полости в плите должны составлять (75 ± 1) мм на (125 ± 1) мм.

Шероховатость лицевой поверхности плиты в зоне соприкосновения с образцом должна быть не выше *Ra* 2,5—1,25 мкм. Для закрепления и центрирования образца в плоскости приспособления применяют направляющие шпильки. Четыре зажима препятствуют смещению образца во время ударного взаимодействия. Усилие зажатия должно быть не менее 1100 Н. Наконечники зажимов должны быть изготовлены из неопренового каучука твердостью от 70 до 80 единиц по Шору (шкала А) по ГОСТ 263. Наконечник зажима должен быть на расстоянии 6 мм от краев полости до образца. Приспособление должно быть соосно по отношению к жесткому основанию, включая зажимы и болты. Типичное жесткое основание показано на рисунке 4.



1 — испытательный образец; *2* — зажим; *3* — направляющая шпилька; *4* — полость длиной (125 ± 1) мм и шириной (75 ± 1) мм; *5* — шарнирно-рычажный зажим; *6* — основание (базовая панель) размерами 300 × 300 мм (не менее)

Рисунок 3 — Зажимное приспособление для испытаний на удар падающим грузом



1 — основание зажимного приспособления; *2* — отверстие диаметром 19 мм и глубиной 6 мм для соединения с опорой болтом диаметром 10 мм; *3* — опора из алюминиевого сплава или стали диаметром 38 мм и длиной 300 мм; *4* — основание (базовая панель) размерами 300 × 300 мм (не менее) и толщиной 13 мм, соединяемая с опорами через пазы и болты диаметром 10 мм

Рисунок 4 — Типичное жесткое основание

Допускается крепление образца круговым прижимом. Информацию об этом включают в протокол испытаний.

5.3 Ударник должен иметь полную массу (5,50 ± 0,25) кг и гладкий полусферический наконечник бойка диаметром (16,0 ± 0,1) мм и твердостью от 60 до 62 HRC по ГОСТ 9013 или полную массу (2,00 ± 0,25) кг, если необходимая энергия удара не может быть обеспечена при использовании массы ударника (5,50 ± 0,25) кг, падающего с высоты не менее 300 мм. Если для испытаний был выбран ударник с другими характеристиками, то его форма, размер и масса должны быть указаны в протоколе испытаний как нестандартные. Массу троса (шнура) следует учитывать при определении полной массы ударника.

5.4 Направляющий механизм может иметь вид цилиндрической трубы, в которой двигается цилиндрический ударник (см. рисунок 1), или двух колонн для движения траверсы, на которую установлен ударник (см. рисунок 2). Высота направляющего механизма должна быть достаточной для обеспечения проведения испытания на удар падающим грузом с выбранным уровнем запасенной энергии. Для

цилиндрической трубы зазор между ударником и внутренним диаметром трубы не должен превышать 1 мм. Детали конструкции направляющего механизма должны быть зафиксированы.

Трение в направляющем механизме должно быть пренебрежимо мало. В противном случае потребуется измерение скорости ударника по 5.6, на измерении которой будет основано вычисление фактической энергии удара E_i, Дж, по формуле

$$E_i = \frac{m v_i^2}{2}, \quad (1)$$

где m — масса ударника, кг.

5.5 Для измерения силы ударного взаимодействия (в случае его измерения) необходимо использовать датчик силы, фиксирующий приложенную к образцу нагрузку с погрешностью не более 1 % без запаздываний при прогнозированном значении скорости. Датчик силы необходимо устанавливать так, чтобы не менее 95 % массы ударника располагалось над датчиком силы, т. к. по мере уменьшения процента массы ударника, располагаемой над датчиком силы, возрастает ошибка считывания значения силы.

Рекомендации по выбору датчика силы и пояснения по его расположению приведены в [1].

5.6 Для измерения скорости ударника (в случае ее измерения) рекомендуется использовать датчик скорости в виде вилкового индикатора, принцип работы которого основан на двойном прерывании пучка света между фотодиодным эмиттером и детектором. Рабочие кромки вилок индикаторов должны быть отдалены друг от друга на расстояние от 3 до 10 мм. Вилки должны быть установлены таким образом, чтобы измерение скорости было завершено в диапазоне от 3 до 6 мм над поверхностью образца. Скорость ударника определяют с учетом измеряемого значения времени, которое необходимо, чтобы пучок света был прегражден каждой вилкой индикатора, а также значения времени, при котором впервые была зафиксирована сила ударного взаимодействия и вычисляют v_i, м/с, по формуле

$$v_i = \frac{(W_{12})}{(t_2 - t_1)} + g\left(t_i - \frac{(t_1 + t_2)}{2}\right), \quad (2)$$

где W_{12} — расстояние между световыми лучами в вилках индикаторов датчика скорости, м;

t_1 — время прегражденияпучка света первой вилкой индикатора, с;

t_2 — время прегражденияпучка света второй вилкой индикатора, с;

g — ускорение свободного падения, м/с^2.

5.7 Для определения основных показателей сопротивления разрушению образцов полимерных композитов применение средств измерений, предназначенных для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков, не требуется. При необходимости их применения, например на основании письменного запроса со стороны заказчика испытаний, следует применять данные средства измерений, удовлетворяющие следующим требованиям: собственная частота аналого-цифрового преобразователя — не менее 6 кГц, разрядность аналого-цифрового преобразователя — не менее 8 бит, минимальная скорость сбора точек данных —100 кГц, объем хранения данных — не менее 1000 точек.

5.8 При проведении испытаний, отличных от стандартной атмосферы 23/50 по ГОСТ 12423, или невозможности кондиционирования материалов в лабораторных условиях, необходимо использовать термокриокамеру, обеспечивающую поддержание заданной температуры в пределах ±3 °С и заданного уровня относительной влажности в пределах ±3 %.

5.9 Для измерения глубины зоны повреждения используют глубиномер, микрометр, датчик перемещения или другой инструмент с погрешностью не более 1 % от измеряемой величины. Измерительный зонд должен иметь полусферический наконечник радиусом кривизны не более 8 мм.

5.10 Для измерения массы ударника используют аналитические весы с погрешностью не более ±0,5 %.

5.11 Средства измерений геометрических размеров образцов должны обеспечивать измерение с погрешностью не более 1 % от измеряемой величины.

Для измерения толщины образцов следует использовать микрометры по ГОСТ 6507 с пределом допускаемой погрешности ±0,0025 мм. Для измерения других геометрических размеров образцов, а

также размеров повреждений следует использовать штангенциркули по ГОСТ 166 с пределом допускаемой погрешности ±0,03 мм.

5.12 По согласованию с заказчиком испытаний допускается применение иных средств измерений, обеспечивающих проведение измерений с требуемыми показателями точности.

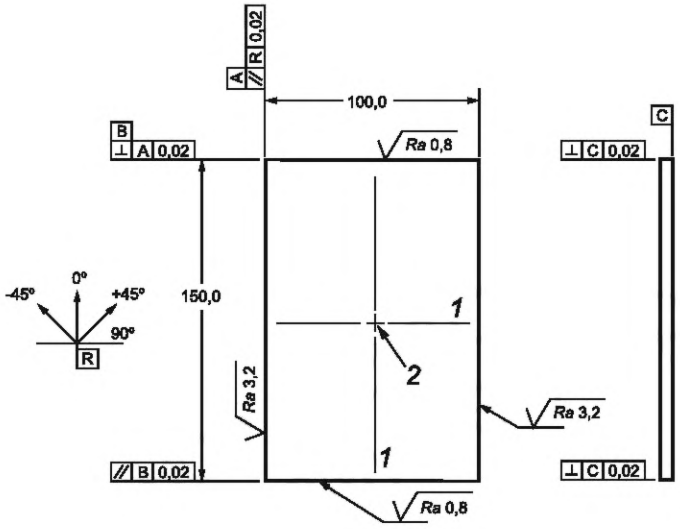
6 Образцы для испытаний

6.1 Для испытаний на удар используют образцы из полимерных композитов в виде пластин, как показано на рисунке 5, шириной (100,00 ± 0,25) мм, длиной (150,00 ± 0,25) мм и толщиной от 4 до 6 мм (рекомендуемая толщина — 5 мм) с укладкой:

– $[45/0/-45/90]_N$ — для однонаправленных материалов;

– $[(+45/–45)(0/90)]_N$ — для текстильных тканей,

где N — целое число.



1 — осевая линия; *2* — местоположение повреждения

Рисунок 5 — Образец для испытаний полимерных композитов на удар

6.2 При использовании образцов с иной схемой укладки данные о последовательности слоев и их количестве указывают в протоколе испытаний.

6.3 Образцы изготовляют путем формования в отдельных пресс-формах или вырезают из однородных по толщине плоских панелей или других полуфабрикатов. Способ и режим изготовления образцов должны соответствовать требованиям документа по стандартизации или технической документации на полимерный композит. Метод изготовления образцов полимерных композитов (панелей) должен совпадать с методом изготовления самого изделия.

6.4 Образцы из панелей вырезают с помощью алмазной фрезы с водяным охлаждением, лазерной или гидроабразивной резкой по эскизу. Рекомендуется использовать алмазную фрезу, так как резка с ее использованием обеспечивает высокое качество кромки. Торцевые поверхности шлифуют до получения требуемой шероховатости.

6.5 Образцы должны иметь гладкую наружную поверхность без вздутий, сколов, трещин, расслоений, вмятин, натеков связующего и других дефектов, заметных невооруженным глазом. Перепад толщин образца не должен превышать 0,08 мм для всей площади образца.

6.6 Следует контролировать ориентацию волокон в слоях, так как неправильная и/или изменчивая ориентация волокон приводит к искажению определяемых величин и увеличению коэффициентов их вариаций.

6.7 Количество образцов для определения каждого показателя должно быть не менее пяти. По согласованию между заказчиком испытаний и испытательной лабораторией допускается определение более одного показателя свойств на одном образце полимерных композитов одной партии.

6.8 Если в протоколе испытаний необходимо указать относительную плотность, плотность, объемное содержание армирующего материала и/или пористости полимерного композита, то образцы для определения данных показателей изготавливают из тех же пластин, что и образцы для испытания. Относительную плотность и плотность определяют по ГОСТ Р 57713. Объемное содержание армирующего материала и объемное содержание пористости определяют по ГОСТ Р 56682 и ГОСТ Р 56679 соответственно. Для некоторых материалов, например таких как стеклокомпозиты, объемное содержание армирующего материала допускается определять по ГОСТ Р 57042.

7 Подготовка к проведению испытаний

7.1 Если в документе по стандартизации или технической документации на испытуемые материалы не указаны особые условия кондиционирования, то перед испытанием образцы кондиционируют в соответствии с методом С по ГОСТ Р 56762—2015 (пункт 7.6) или не менее 88 ч в стандартной атмосфере 23/50 по ГОСТ 12423.

При невозможности кондиционирования материалов в лабораторных условиях, необходимо использовать термокриокамеру, обеспечивающую поддержание заданной температуры в пределах ±3 °С и заданного уровня относительной влажности в пределах ±3 %.

7.2 Если в документе по стандартизации или технической документации на испытуемые материалы указаны особые условия кондиционирования, то время от окончания изготовления образцов, изготавливаемых формованием, или изготовления панелей или других полуфабрикатов, из которых их вырезают, до испытания образцов, включая кондиционирование, должно составлять не менее 16 ч.

7.3 Перед испытанием образцы маркируют таким образом, чтобы метки не влияли на экспериментальные результаты и позволяли однозначно определить положение образца при испытании.

7.4 Измеряют длину и ширину образца в двух местах рядом с зоной повреждения. Толщина образца должна быть измерена в четырех местах вблизи зоны повреждения, за толщину образца принимают среднеарифметическое значение четырех измерений. Округляют значения размеров образца до трех значащих цифр. Коэффициент вариации для значения толщины должен быть не более 2 %.

7.5 Проводят входной контроль образцов по геометрическим размерам и внешнему виду. В случае несоответствия образцов требованиям настоящего стандарта (раздел 6) составляют акт входного контроля образцов, в котором для каждого образца, не прошедшего контроль, указывают маркировку, результаты визуального осмотра и пункт настоящего стандарта, которому не соответствует образец. По согласованию или по письменному запросу со стороны заказчика испытаний, образцы могут быть подвергнуты неразрушающему контролю на предмет выявления скрытых дефектов образцов. Метод или методы неразрушающего контроля определяются совместно испытательной лабораторией и заказчиком испытаний. Информация о проведении данного вида контроля и его результаты указывают в протоколе испытаний.

7.6 Образцы, не прошедшие входной контроль, возвращают заказчику испытаний с копией акта входного контроля образцов. Испытание этих образцов возможно в случае письменного запроса со стороны заказчика испытаний, при этом в протоколе испытаний в примечании указывают, каким пунктам настоящего стандарта не соответствуют образцы.

7.7 Подготавливают ударник требуемой полной массы, включая массу троса (шнура), присоединяют к ударнику трос (шнур), как показано на рисунке 1, а к полусферическому наконечнику бойка ударника — датчик силы (при необходимости, согласно 5.5.). Если полная масса ударника неизвестна или не определена, взвешивают ударник в сборе или его составные части по отдельности на аналитических весах с погрешностью не более ±0,5 %. Все составные части ударника должны быть жестко присоединены во избежание колебаний в процессе удара.

8 Проведение испытаний

8.1 Испытания проводят в помещении при температуре и относительной влажности окружающего воздуха или другой среды, указанной в документе по стандартизации или технической документации на испытуемый материал. При отсутствии подобных указаний испытания проводят в стандартной атмосфере 23/50 по ГОСТ 12423.

8.2 Все образцы для испытаний подвергают удару с одинаковой (нормированной на толщину образца) энергией удара.

Энергию удара E_i, Дж, вычисляют по формуле

$$E_i = C_E h, \quad (3)$$

где $C_E = 6,7$ — коэффициент нормирования энергии удара на толщину образца, Дж/мм;

h — толщина образца, мм.

8.3 Вычисляют высоту падения ударника $H_{уд}$, мм, по формуле

$$H_{уд} = \frac{E_i}{mg}, \quad (4)$$

где m — масса ударника, кг;

g — ускорение свободного падения, м/с^2.

Примечание — Выбранная масса ударника должна обеспечивать высоту падения не менее 300 мм.

8.4 Ударник копра поднимают на заданную высоту.

В случае измерения скорости ударника и/или контактной силы, в том числе с применением средств измерений, предназначенных для автоматической записи данных на носитель информации, подготавливают соответствующее оборудование, приведенное в разделе 5.

8.5 Образец помещают в зажимное приспособление по центру полости в приспособлении. Надежно закрепляют образец при помощи четырех зажимов. Зажимы должны быть удалены от торцов образца примерно на 25 мм.

Примечание — При использовании кругового прижима образец помещают по центру кругового отверстия и надежно закрепляют по периметру.

8.6 При использовании датчика скорости его устанавливают в таком положении, чтобы измерение скорости было завершено на расстоянии от 3 до 6 мм над поверхностью образца.

8.7 Отпускают ударник и позволяют ему свободно упасть на поверхность образца. Предотвращают повторное соприкосновение ударника с образцом. Если не доступны средства, автоматически препятствующие отскоку и повторному удару, сразу после отскока подкладывают жесткие прокладки, например из дерева.

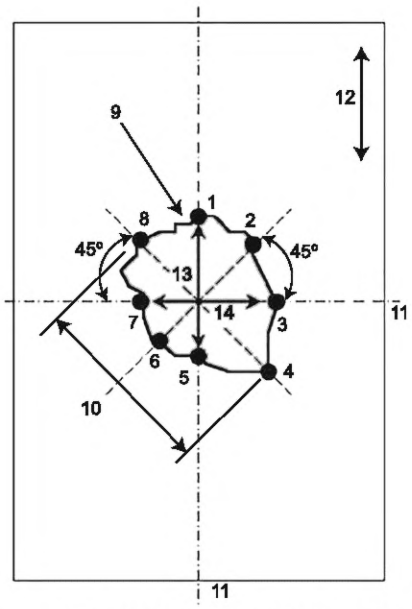
8.8 Сразу после испытания на удар исследуют и записывают в протокол испытаний: глубину отпечатка, размеры и площадь зоны повреждения, типы повреждений.

8.8.1 Для измерения глубины отпечатка, используют подходящее средство измерений по 5.9. Под глубиной отпечатка следует понимать расстояние между самой низкой точкой в отпечатке и точкой на поверхности образца, полученное путем усреднения четырех измерений под углом 90°. Точки на поверхности образца, которые участвуют в измерении глубины отпечатка, должны быть достаточно удалены от зоны повреждения во избежание ее влияния на измерения. При измерении глубиномером за глубину отпечатка следует принимать среднее значение двух измерений при расположении датчика под углом 90°. База глубиномера должна быть не менее 50 мм, чтобы охватывать зону повреждения. Глубину отпечатка измеряют с погрешностью не более 1 % и точностью до второго десятичного знака.

С течением времени глубина отпечатка может сокращаться в результате протекания процессов релаксации в полимерном композите. Для определения этого необходимо измерить глубину отпечатка через семь дней после испытания. Если релаксация имеет место, в протоколе испытаний указывают глубину отпечатка после релаксации и условия окружающей среды, при которых проводилось измерение.

8.8.2 Геометрические размеры (D, L, H) и площадь (S) зоны повреждения образца после удара падающим грузом оценивают, используя методы неразрушающего контроля (рекомендуется использовать ультразвуковой контроль), для определения реальных размеров и площади зоны повреждения образца с учетом неопределяемых визуально размеров дефектов.

Информацию о применяемом методе неразрушающего контроля и параметрах оценки включают в протокол испытания. Руководствуясь рисунком 6, отмечают местоположение восьми точек относительно центра образца. Определяют ширину H, длину L и максимальный диаметр D зоны повреждения с погрешностью не более 1 % от измеряемой величины. Допускается применять автоматизированные алгоритмы для определения зоны повреждения и вычисления ее площади с использованием данных неразрушающего контроля.



1 — 8 — номера точек повреждения; *9* — зона повреждения, обнаруженная методом неразрушающего контроля; *10* — максимальный диаметр зоны повреждения; *11* — осевая линия; *12* — продольное направление; *13* — длина; *14* — ширина

Рисунок 6 — Измерение размера зоны повреждения

8.8.3 Отмечают наблюдаемые типы повреждения для каждого образца. На образце можно выявить один или несколько типов повреждения. Типовые повреждения в результате удара показаны на рисунке 7.

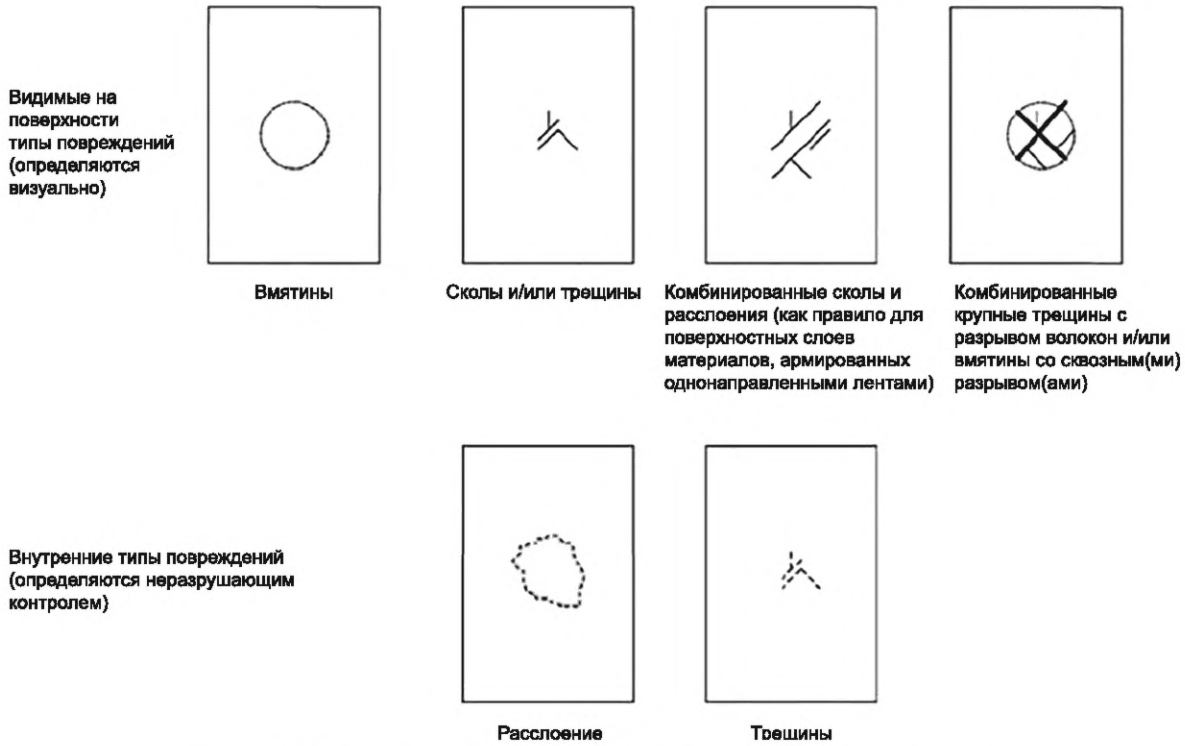


Рисунок 7 — Типовые повреждения в результате ударного взаимодействия

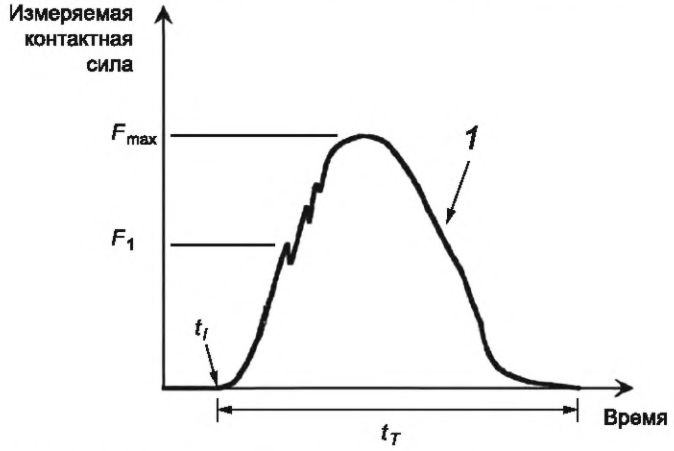
8.9 Значения определяемых показателей для образцов, которые повреждаются или разрушаются из-за дефектов, выявленных при входном контроле образцов по 6.5, не вычисляются, за исключением случая проведения исследования влияния указанных дефектов на свойства материала.

Если на значительном количестве образцов в серии повреждения возникают в удалении от места удара, должны быть пересмотрены условия зажатия образца. Причина может быть в несоосности приспособления, в щели между образцом и основой или в неравномерной толщине образца.

8.10 Если копер оснащен соответствующим оборудованием (в соответствии с разделом 5), осуществляют запись зависимости контактной силы от времени в процессе контакта ударника с образцом и/или скорости ударника непрерывно или через определенные интервалы времени. Количество точек для одного испытания должно быть не менее 100.

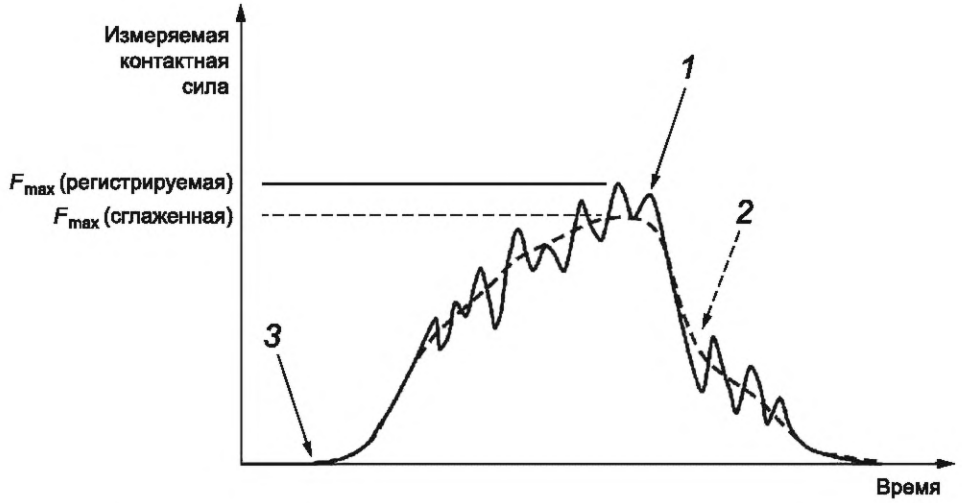
Начало контакта ударника с образцом фиксируют при отклонении значения контактной силы от нуля. Как только ударник касается поверхности образца, он изгибает образец и приводит к возникновению локальной вмятины, в результате контактная сила увеличивается. Резкие скачки контактной силы объясняются процессами повреждения, которые приводят к внезапной потере жесткости образца в зоне контакта.

По полученным данным строят графики зависимостей контактной силы от времени и энергии удара от времени. Примеры графиков зависимостей контактной силы от времени приведены на рисунках 8 и 9.



1 — кривая зависимости силы от времени; t_l — время первоначального контакта ударника с образцом; t_T — продолжительность ударного взаимодействия

Рисунок 8 — Типичная кривая зависимости силы ударника от времени



1 — регистрируемая кривая зависимости силы от времени при ударном взаимодействии с гармоническими колебаниями ударника, датчика силы и/или образца; *2* — сглаженная кривая зависимости силы от времени; *3* — время первоначального контакта ударника с образцом

Рисунок 9 — Кривая зависимости силы ударника от времени с колебаниями силы

Графики зависимости энергии ударного взаимодействия от времени строятся по данным скорости ударника, определяемым в моменты времени в соответствии с 8.10. Данные энергии ударного взаимодействия для построения зависимости определяются по формуле

$$E = \frac{mv^2}{2}, \tag{5}$$

где m — масса ударника, кг;

v — скорость ударника в моменты времени в соответствии с 8.10, м/с.

Из графика зависимости контактной силы от времени определяют силу F_1 и максимальную силу F_{max}.

Из графика зависимости энергии ударного взаимодействия от времени определяют энергию E_1 (при значении силы F_1), поглощенную энергию E_{max} (при значении силы F_{max}).

По любому из графиков определяют продолжительность ударного взаимодействия t_T.

9 Обработка результатов

9.1 Для значений d каждой серии испытаний среднее значение $\bar{x}$ вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \tag{6}$$

где n — количество образцов в серии;

x_i — экспериментальный результат испытания образца из серии при оценке данного показателя;

i — порядковый номер испытуемого образца.

Стандартное отклонение S_{n-1} вычисляют по формуле

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^2 - n\bar{x}^2\right)}{(n-1)}}. \tag{7}$$

Коэффициент вариации CV вычисляют по формуле

$$CV = \frac{100 S_{n-1}}{\bar{x}}. \tag{8}$$

9.2 В случае измерения скорости ударника и/или контактной силы и определения F_1, F_{max}, E_1, E_{max}, t_T по 8.10, статистическая обработка определяемых показателей осуществляется аналогично показателю d по (6), (7), (8).

9.3 Результаты статистической обработки определяемых показателей по 9.1 и/или 9.2 могут быть включены в протокол испытаний.

9.4 В случае измерения скорости ударника и контактной силы возможно построить графики зависимостей скорости ударника v, перемещения ударника δ и энергии поглощенной образцом в процессе ударного взаимодействия E_a от времени t, используя (9), (10) и (11) соответственно:

$$v(t) = v_i + gt - \int_0^t \frac{F(t)}{m} dt, \tag{9}$$

$$\delta(t) = \delta_i + v_i t + \frac{gt^2}{2} - \int_0^t \left(\int_0^t \frac{F(t)}{m} dt \right) dt, \tag{10}$$

$$E_a(t) = \frac{m\left(v_i^2 - v(t)^2\right)}{2} + mg\delta(t), \quad (11)$$

где v — скорость ударника в момент времени t, м/с;

δ — перемещение ударника, м;

δ_i — перемещение ударника из исходного положения в момент времени $t = 0$, м;

E_a — поглощенная энергия в момент времени t, Дж.

g — ускорение свободного падения, м/с^2;

10 Протокол испытаний

Результаты испытаний включают в протокол испытаний, который должен содержать:

- ссылку на настоящий стандарт;
- даты проведения испытаний;
- фамилии, инициалы, должности и подписи испытателей;
- наименование материала;
- наименование предприятия-изготовителя;
- метод изготовления;
- тип образцов, укладки, количество слоев;
- значения относительной плотности, плотности, объемного содержания армирующего материала и/или пористости (включают при необходимости согласно 6.8);
- количество образцов, их маркировку и основные размеры;
- способ кондиционирования и условия испытания в случаях, отличающихся от предусмотренных в настоящем стандарте;
- массу ударника;
- типы средств измерений, заводские номера, свидетельства о поверке;
- номинальную энергию удара и высоту падения груза;
- значения определяемых показателей для каждого образца;
- тип повреждения каждого образца;
- метод неразрушающего контроля, использованный при оценке размеров и площади зоны повреждения;
- длину, ширину, диаметр и площадь зоны повреждения;
- любые отклонения от настоящего стандарта (при наличии).

Примечание — К протоколу могут быть приложены графическое изображение зоны повреждения и графики зависимостей: контактная сила — время, энергия удара — время, контактная сила — перемещение, энергия удара — перемещение.

Библиография

[1] ASTM D3763-23 Standard Test Method for High Speed Puncture Properties of Plastics Using Load and Displacement Sensors (Стандартный метод испытаний для определения свойств стойкости пластмасс к высокоскоростному удару с использованием датчиков нагрузки и перемещения)

УДК 691.175.5/.8:006.354

ОКС 83.080
19.020

Ключевые слова: композиты полимерные, удар падающим грузом, повреждение, сопротивление к повреждению, испытание падающим грузом

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 27.10.2025. Подписано в печать 07.11.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,97.

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