ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57921— 2017

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Методы испытаний. Общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Инновации будущего» совместно с Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» при участии Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

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 8 ноября 2017 г. № 1685-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Д4762-11а «Стандартные практические указания по испытаниям композитных материалов с полимерной матрицей» (ASTM D4762-11a «Standard Guide for Testing Polymer Matrix Composite Materials», MOD) путем изменения его структуры для приведения в соответствие с требованиями, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3), путем изменения содержания отдельных структурных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях этого текста. Оригинальный текст этих структурных элементов примененного стандарта АСТМ и объяснение причин внесения технических отклонений приведены в дополнительном приложении ДА.

При этом в него не включены разделы 4, 7 примененного стандарта АСТМ, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с тем, что данные разделы носят пояснительный характер. Указанные разделы, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении ДБ.

Из настоящего стандарта исключены ссылки на стандарты АСТМ Д671, АСТМ Д3878, АСТМ Д6507, АСТМ Д6856, АСТМ Д2471, АСТМ Е1471, АСТМ Е1309, АСТМ Е1434.

В настоящем стандарте ссылки на стандарты АСТМ заменены соответствующими национальными и межгосударственными стандартами. Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ, приведены в дополнительном приложении ДВ.

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

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 (www.gost.ru)

© Стандартинформ, 2017

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 4
4 Подготовка образцов 4
5 Методы испытаний 5
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 28
Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 29
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ 30
Приложение ДГ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ 37

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Методы испытаний. Общие требования

Polymer composites. Test methods. General requirements

Дата введения — 2018—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на полимерные композиты и устанавливает общие требования к методам испытаний.

Примечание — См. ДА.1 (приложение ДА).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 4650—2014 (ISO 62:2008) Пластмассы. Методы определения водопоглощения

ГОСТ 4651—2014 (ISO 604:2002) Пластмассы. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 12020 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред

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

ГОСТ 15139 Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)

ГОСТ 15173 Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения

ГОСТ 32492 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик

ГОСТ 32656—2014 (ISO 527-4:1997, ISO 527-5:2009) Композиты полимерные. Методы испытаний. Испытания на растяжение

ГОСТ 32658—2014 (ISO 14129:1997) Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сдвиге в плоскости армирования методом испытания на растяжение под углом ±45 град.

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ 33375 Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение образцов с открытым отверстием

ГОСТ 33377 Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение образцов с заполненным отверстием

ГОСТ 33495 Композиты полимерные. Метод испытания на сжатие после удара

ГОСТ 33496 Композиты полимерные. Метод испытания на сопротивление повреждению при ударе падающим грузом

ГОСТ 33498 Композиты полимерные. Метод испытания на смятие

ГОСТ 33519 Композиты полимерные. Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах

ГОСТ 33598 Волокно углеродное. Определение термоокислительного сопротивления углеродных волокон

ГОСТ 33599 Волокно углеродное. Определение плотности высокомодульных углеродных волокон

ГОСТ 33685 Композиты полимерные. Метод определения удельной работы расслоения в условиях сдвига G_{IIC}

Издание официальное

ГОСТ Р 55134—2012 (ИСО 11357-1:2009) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 1. Общие принципы

ГОСТ Р 55135—2012 (ИСО 11357-2:1999) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 2. Определение температуры стеклования

ГОСТ Р 56651 Композиты полимерные. Метод определения характеристик прочности при сдвиге материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56652 Композиты полимерные. Методы определения водопоглощения материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56654 Композиты полимерные. Метод определения плотности материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56658 Композиты полимерные. Препреги. Метод определения текучести смолы препрега из эпоксидной смолы и углеродного волокна

ГОСТ Р 56659 Композиты полимерные. Препреги. Метод определения времени гелеобразования препрега из эпоксидной смолы и углеродного волокна

ГОСТ Р 56661 Композиты полимерные. Метод определения коэффициента Пуассона сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56678 Композиты полимерные. Метод определения стабильности размеров материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56679 Композиты полимерные. Метод определения пустот

ГОСТ Р 56680 Композиты полимерные. Определение механических характеристик при изгибе материала внешнего слоя «сэндвич»-конструкций методом испытания длинной балки на изгиб

ГОСТ Р 56681 Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сжатии однонаправленно-армированных материалов испытанием на четырехточечный изгиб «сэндвич»-балки

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

ГОСТ Р 56724—2015 (ИСО 11357-3:2011) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 3. Определение температуры и энтальпии плавления и кристаллизации

ГОСТ Р 56739 Композиты полимерные. Метод определения миграции воды в сотовом материале внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56740 Композиты полимерные. Метод определения характеристики межслоевой вязкости разрушения многослойных и пултрузионных полимерных композитов

ГОСТ Р 56754—2015 (ИСО 11357-4:2005) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 4. Определение удельной теплоемкости

ГОСТ Р 56761 Композиты полимерные. Метод определения твердости по Барколу

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

ГОСТ Р 56763 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности на растяжение в узлах сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56764 Композиты полимерные. Метод измерения толщины материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56772 Композиты полимерные. Метод определения поглощающих характеристик сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций при воздействии статической энергии

ГОСТ Р 56774 Композиты полимерные. Определение двумерных механических характеристик при изгибе «сэндвич»-конструкций при воздействии равномерной нагрузки

ГОСТ Р 56782 Композиты полимерные. Препреги. Определение содержания компонентов препрега экстракцией по Сокслету

ГОСТ Р 56783 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности на растяжение перпендикулярно к плоскости «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56784 Композиты полимерные. Метод определения ползучести при изгибе «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56785 Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов

ГОСТ Р 56786 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности при сдвиге в плоскости армирования

ГОСТ Р 56788 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности при сжатии образцов ламинатов с открытым отверстием

ГОСТ Р 56789 Композиты полимерные. Препреги. Метод определения содержания летучих веществ в препреге

ГОСТ Р 56790 Композиты полимерные. Метод определения прочности на смятие и трансферной прочности ламинатов, соединенных двумя болтами

ГОСТ Р 56791 Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сдвиге материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций методом испытания балки на изгиб

ГОСТ Р 56793 Композиты полимерные. Метод определения усталостного расслоения однонаправленно-армированных композитов

ГОСТ Р 56794 Композиты полимерные. Метод определения стойкости к разрушению под воздействием концентрированной квазистатической вдавливающей нагрузки

ГОСТ Р 56796 Композиты полимерные. Препреги. Метод определения содержания исходных компонентов в препреге

ГОСТ Р 56797 Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при осевом сжатии образцов цилиндрической формы, армированных в кольцевом направлении

ГОСТ Р 56798 Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при изгибе «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 56799 Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при сдвиге на образцах с V-образными надрезами

ГОСТ Р 56800 Композиты полимерные. Определение механических свойств при растяжении неармированных и армированных материалов

ГОСТ Р 56801—2015 (ИСО 6721-1:2011) Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении. Часть 1. Общие принципы

ГОСТ Р 56805—2015 (ИСО 14125:1998) Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе

ГОСТ Р 56809 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности на сжатие параллельно плоскости «сэндвич»-конструкций

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

ГОСТ Р 56812 Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при комбинированной сжимающей нагрузке

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

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

ГОСТ Р 56816 Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сжатии материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций перпендикулярно к плоскости образца

ГОСТ Р 56818 Композиты полимерные. Определение химической стойкости термореактивных смол

ГОСТ Р 57041 Композиты полимерные. Метод определения характеристик при изгибе изогнутой балки

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

ГОСТ Р 57045 Композиты полимерные. Метод определения характеристик при растяжении перпендикулярно к плоскости армирования

ГОСТ Р 57047 Композиты полимерные. Метод определения характеристик сопротивления усталости ламинатов

ГОСТ Р 57048 Система внешнего армирования из полимерных композитов. Метод определения прочности на отрыв от бетонного основания

ГОСТ Р 57049 Композиты полимерные. Метод определения усталости при сдвиге материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций

ГОСТ Р 57067 Система внешнего армирования из полимерных композитов. Метод определения межслойной прочности на сдвиг

ГОСТ Р 57143 Композиты полимерные. Метод испытания на усталость при циклическом растяжении

ГОСТ Р 57207 Композиты полимерные. Определение характеристик при сдвиге методом перекашивания образцов с V-образным вырезом

ГОСТ Р 57267 Система внешнего армирования из полимерных композитов. Метод определения характеристик прочности при растяжении

ГОСТ Р 57569—2017 Композиты полимерные. Метод испытания на усталость образцов с открытым отверстием

ГОСТ Р 57578—2017 Композиты полимерные. Определение линейного теплового расширения при помощи интерферометра

ГОСТ Р 57685 Композиты полимерные. Определение механических характеристик при растяжении жгутов из непрерывных углеродных и графитовых волокон

ГОСТ Р 57694 Композиты полимерные. Метод определения характеристик при отверждении термореактивных смол

ГОСТ Р 57695 Композиты полимерные. Методы испытаний на старение «сэндвич»-конструкций при воздействии влаги и тепла

ГОСТ Р 57708 Композиты полимерные. Метод определения линейного теплового расширения при помощи дилатометра с толкателем

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

ГОСТ Р 57714 Композиты полимерные. Определение ползучести при растяжении, ползучести при сжатии и разрушения при ползучести

ГОСТ Р 57715 Композиты полимерные. Определение ударной вязкости по Изоду

ГОСТ Р 57727 Композиты полимерные. Определение условной прочности на смятие при растяжении или сжатии

ГОСТ Р 57733 Композиты полимерные. Метод определения характеристик при сдвиге в плоскости армирования образцов, изготовленных намоткой

ГОСТ Р 57734 Композиты полимерные. Определение ударной энергии удара, затраченной на разрушение образца

ГОСТ Р 57739 Композиты полимерные. Определение температуры стеклования методом ДМА

ГОСТ Р 57745 Композиты полимерные. Определение предела прочности при межслойном сдвиге ламинатов методом короткой балки

ГОСТ Р 57778 Композиты полимерные. Определение характеристик при сдвиге в плоскости армирования методом перекашивания пластины

ГОСТ Р 57864 Композиты полимерные. Метод определения предела прочности и модуля упругости при растяжении перпендикулярно к толщине образца

ГОСТ Р 57866 Композиты полимерные. Методы определения характеристик при изгибе

ГОСТ Р 57867 Композиты полимерные. Метод определения стойкости на вырыв

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 32794.

Примечание — См. ДА.2 (приложение ДА).

4 Подготовка образцов

Образцы изготовляют методом механической обработки по ГОСТ Р 56813.

5 Методы испытаний

Требования к методам испытаний полимерных композитов приведены в таблицах 1—6.

Таблица 1 — Методы статических испытаний слоистых полимерных композитов

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на растяжение в плоскости армирования				
ГОСТ Р 56785	Прочность при растяжении	Образцы в виде полосы прямоугольного поперечного сечения. Распространяется на полимерные композитные материалы, армированные углеродными, борными, органическими и другими высокопрочными волокнами. Применяют образцы с накладками и без накладок	При применении образца с накладками необходимо подбирать клей, образцы требуют специальной подготовки. Образцы подвержены расслоению кромок, что может повлиять на результаты испытаний	Приводят дополнительные требования и указания относительно ГОСТ 32656. Применим к слоистым композитам, структура которых симметрична и сбалансирована относительно срединной плоскости
	Модуль растяжения, коэффициент Пуассона	Для измерения деформаций используют тензометры	—	Измерение модуля растяжения, как правило, малочувствительно
ГОСТ Р 56800	Прочность при растяжении, модуль упругости при растяжении	Образцы в форме двусторонних лопаток. Легкость подготовки образца	Концентрация напряжения на радиусах закругления	Не применяется для полимерных композитных материалов, армированных высокомодульными волокнами
ГОСТ 32656	Предел прочности при растяжении, модуль упругости при растяжении	Прямоугольные образцы без накладок	Применяют для испытания пластмасс и полимерных композитов, армированных низкомодульными волокнами	—
ГОСТ Р 57045	Поперечная прочность при растяжении	Образец в виде тонкостенного цилиндра, изготовленный намоткой пропитанного армирующего наполнителя под углом 90°, нагружают в осевом направлении	Ограничивается цилиндрическими образцами. Ограничивается определением свойств при поперечном растяжении. Необходимость приклеивания образцов к испытательному приспособлению	Необходимо обеспечить качественное склеивание испытательного приспособления
Методы испытаний на сжатие в плоскости армирования				
ГОСТ Р 56812	Прочность при сжатии	К плоскому образцу прямоугольной формы, помещенному в специализированное приспособление, позволяющее передавать комбинированную нагрузку (торцевое и сдвиговое нагружение), прикладывают нагрузку с постоянной скоростью перемещения.	Требуются накладки при испытании образцов, в которых количество слоев, направленных под углом 0°, составляет более 50 %	Толщина образца должна быть достаточной, чтобы исключить возможность изгиба. Метод применим к слоистым композитам, структура которых симметрична и сбалансирована относительно срединной плоскости и которые содержат минимум один слой, направленный под углом 0°

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
		По сравнению с ГОСТ 33519 используют более компактное и легкое приспособление для испытания, которое также лучше подходит для испытания в условиях, отличных от стандартной атмосферы. Подходит для полимерных композитов, армированных непрерывным волокном		
	Модуль упругости при сжатии, коэффициент Пуассона	Для измерения деформаций используют тензометры	—	При испытании однонаправленно-армированных полимерных композитов допускается не применять накладки
ГОСТ 4651	Напряжение при сжатии, модуль упругости при сжатии	Образец в форме двусторонней лопатки, нагрузку прикладывают на концы через опорные площадки	Зачастую вид разрушения — раздавливание. Концентрация напряжения на радиусах. Выравнивание не оценивается	Не рекомендуется для композитов с высокоориентированным или непрерывным волокном
ГОСТ 33519	Предел прочности при сжатии, модуль упругости при сжатии, коэффициент Пуассона	Прямоугольный образец нагружают в приспособлении для испытания. Применяют для испытания полимерных композитов, армированных непрерывными и рубленными волокнами. Применяют образцы с накладками и без накладок	Затруднены испытания в климатической камере из-за больших размеров приспособления для испытания	Дорогостоящее и громоздкое приспособление для испытания. Толщина образца должна быть достаточной, чтобы исключить возможность изгиба
ГОСТ Р 56681	Предел прочности при сжатии, хордовый модуль	«Сэндвич»-балку подвергают четырехточечному изгибу до разрушения материала внешнего слоя	Дорогостоящий образец. Применение датчиков регистрации деформации. Из-за небольшой ширины образца метод может быть непригоден для испытания образцов, материал внешнего слоя которых армирован тканями или плетеными материалами	Не допускается разрушение внутреннего слоя. Применяется для образцов, материал внешнего слоя которых армирован высокомодульными волокнами. Из-за особенностей конструкции образца и прилагаемой нагрузки результаты испытаний могут не соответствовать результатам испытаний по ГОСТ 33519 или ГОСТ Р 56812
ГОСТ Р 56797	Прочность при сжатии в поперечном направлении	Образец в виде тонкостенного цилиндра, изготовленный намоткой пропитанного армирующего наполнителя под углом 90°, нагружают в осевом направлении	Ограничивается цилиндрическими образцами. Ограничивается определением свойств при поперечном сжатии. Необходимость приклеивания образцов к приспособлению для сжатия	Необходимо обеспечить качественное склеивание с приспособлением для сжатия

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на сдвиг в плоскости армирования				
ГОСТ 32658	Напряжение при сдвиге в плоскости армирования, предел прочности при сдвиге в плоскости армирования, деформация сдвига, модуль сдвига	Испытание на растяжение образца слоистого композита, армированного по схеме [+45/–45]	Из-за нелинейной реакции образца затруднительно определять предел прочности при сдвиге. Распространяется только на плоские слоистые композиты, армированные под углом ±45°. Для определения модуля сдвига и деформации при разрушении требуются тензорезисторы. Определение максимального напряжения сдвига зависит от измерения деформации измерительными приборами при больших величинах деформации сдвига	Широко используют из-за его низкой стоимости и простоты использования
ГОСТ Р 56799	Прочность при сдвиге, модуль сдвига	К образцам с симметричными V-образными надрезами, размещенными в специализированном приспособлении, прикладывают нагрузку с постоянной скоростью. Наряду с ГОСТ Р 57207 обеспечивает наилучшую характеристику сдвига по стандартизированным методам. Подходит для испытания большинства типов композитов. Создает относительно чистое и равномерное напряжение сдвига	Могут потребоваться накладки для образца. Сложная механическая обработка. Для получения значения модуля сдвига и деформации при разрушении требуются тензорезисторы. Метод не распространяется на некоторые полимерные композиты, армированные кордной тканью или плетеными материалами	Рекомендуется для получения количественных данных или в случаях, когда необходим модуль сдвига или отношение «нагрузка/деформация». Результаты испытаний коррелируются с результатами испытаний при нагружении вне плоскости. Необходимо контролировать значения деформации на предмет изгиба образца. Распространяется на слоистые композиты: - армированные ровингами, расположенными параллельно или перпендикулярно к оси нагружения; - армированные тканями, основа которых расположена параллельно или перпендикулярно к оси нагружения; - с равным количеством слоев, армированных в направлениях 0° и 90°. Слои, армированные в направлении 0°, могут располагаться параллельно или перпендикулярно к оси нагружения.

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
				Также распространяется на полимерные композиты, хаотично армированные рубленными волокнами
ГОСТ Р 57778	Прочность при сдвиге, модуль сдвига	Методы перекашивания пластины. Применяют для испытаний однонаправленно-армированных и хаотически армированных полимерных композитов	Сложное проведение испытания. Плохая воспроизводимость результатов. Концентрация напряжения в зонах захватов. Для определения модуля сдвига и деформации при разрушении требуются тензорезисторы	Дорогой образец. Лучше всего подходит для испытания слоистых композитов
ГОСТ Р 57733	Предел прочности при сдвиге в плоскости армирования, модуль упругости при сдвиге в плоскости армирования	Скручивают образец в виде тонкостенного цилиндра, изготовленного намоткой пропитанного армирующего наполнителя под углом 90°, нагружают в осевом направлении	Ограничивается цилиндрическими образцами. Ограничивается определением свойств при сдвиге в плоскости армирования. Необходимость приклеивания образцов к испытательному приспособлению	Необходимо обеспечить качественное склеивание испытательного приспособления
ГОСТ Р 57207	Предел прочности при сдвиге, модуль упругости при сдвиге	Образец с V-образными надрезами закрепляют в захваты так, чтобы рабочая зона образца располагалась между вершинами надрезов, параллельно оси нагружения, и прикладывают растягивающую нагрузку. Наряду с ГОСТ Р 56799 обеспечивает наилучшую характеристику сдвига по стандартизированным методам. Подходит для испытания большинства типов композитов. Создает относительно чистое и равномерное напряжение сдвига. Обычно не требует установки накладок. Позволяет испытывать полимерные композиты, армированные ткаными материалами с крупной ячейкой. Образец менее подвержен разрушению в точках нагрузки, чем при испытании по ГОСТ Р 56799	Сложная механическая обработка образцов. Применяют тензодатчики сопротивления для измерений деформаций сдвига	Рекомендуется для получения количественных данных или в случаях, когда необходим модуль сдвига или отношение «нагрузка/деформация». Результаты испытаний коррелируются с результатами испытаний при нагружении вне плоскости. Необходимо контролировать значения деформации на предмет изгиба образца. Распространяется на слоистые композиты: - армированные ровингами, расположенными параллельно или перпендикулярно к оси нагружения; - армированные тканями, основа которых расположена параллельно или перпендикулярно к оси нагружения; - с равным количеством слоев, армированных в направлениях 0° и 90°

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
				Слои, армированные в направлении 0°, могут располагаться параллельно или перпендикулярно к оси нагружения. Также распространяется на полимерные композиты, хаотично армированные рублеными волокнами. Наиболее точные измерения модуля можно получить для слоистых композитов, армированных по схеме [0/90]
Методы испытаний на растяжение вне плоскости армирования				
ГОСТ Р 57041	Прочность криволинейной балки	Образец криволинейной балки с углом изгиба 90° нагружают четырехточечным изгибающим приспособлением. Подходит для композитов, армированных непрерывным волокном	В образце создают состояние комплексного напряжения, способное приводить к нежелательному комплексному разрушению. Как правило, присутствует большой разброс данных прочности криволинейной балки. В то время как разрушение, как правило, имеет внеплоскостный характер, результатом считают испытание на прочность криволинейной балки, а не свойства материала	Ограничивается композитами с определенными слоями (без сквозного армирования). Для структурного сравнения для образца и для конструкции должен использоваться одинаковый метод изготовления. Нестандартные варианты испытания криволинейной балки создают различные напряженные состояния, которые могут повлиять на прочность и вид разрушения
	Межслойный предел прочности при растяжении			Применяют для полимерных композитов, армированных непрерывными волокнами, которые расположены вдоль длинной стороны образца
ГОСТ Р 57864	Перпендикулярная прочность при растяжении, перпендикулярный модуль	Цилиндрические образцы в виде «катушки» с уменьшенной рабочей зоной нагружают растяжением. Для приложения нагрузки используют приклеенные толстые металлические концевые пластины. Подходит для композитов, армированных непрерывным или рубленым волокном. Создается равномерное напряжение по всему объему образца	Результаты зависят от того, насколько точно совпадают оси нагружения захватов. Обработка поверхности и параллельность влияют на результаты определения прочности. Результаты зависят от остаточных тепловых напряжений в образце, клея и подготовки поверхности по линии склеивания концевых пластин	Требует склеивания и механической обработки слоистого композита и концевых пластин. Концевые пластины могут использоваться повторно. Низкая скорость смещения поперечной головки (0,1 мм/мин)

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на сдвиг вне плоскости армирования				
ГОСТ Р 57745	Предел прочности при межслойном сдвиге	Образец нагружают в середине между опорами (трехточечная схема нагружения) до разрушения, вызванного межслойным сдвигом. Простые и недорогие образцы. Простота проведения испытания	Результаты испытаний не рекомендуется применять для оценки прочности при межслойном сдвиге в силу концентрации напряжения и высоких вторичных напряжений в точках нагрузки. Невозможно измерить модуль сдвига	Предназначен, в основном, для контроля качества, сравнения данных и анализа воздействия внешних условий
ГОСТ Р 56799	Прочность при сдвиге, модуль сдвига	К образцам с симметрично расположенными по центру V-образными надрезами, размещенными в специализированном приспособлении, прикладывают нагрузку с постоянной скоростью. Наряду с ГОСТ Р 57207 обеспечивает наилучшую характеристику сдвига по стандартизированным методам. Обеспечивает получение данных модуля и прочности. Подходит для испытания большинства типов композитов. Создает относительно чистое и равномерное напряжение сдвига	Могут потребоваться накладки для образца. Сложная механическая обработка. Для получения значения модуля и деформации при разрушении требуются тензорезисторы. Для определения свойств при внеплоскостном сдвиге требуется сформовать панель толщиной 20 мм	Рекомендуется для получения количественных данных или в случаях, когда необходим модуль сдвига или отношение «нагрузка/деформация». Результаты испытаний коррелируются с результатами испытаний при нагружении вне плоскости. Необходимо контролировать значения деформации на предмет изгиба образца
ГОСТ Р 56786	Прочность при сдвиге	К образцу с двумя надрезами прикладывают сжимающую нагрузку. При испытании хаотически армированных полимерных композитов испытание по данному методу может быть более предпочтительным, чем испытание по ГОСТ Р 57745	Результаты испытаний зависят от точности нанесения надрезов. Надрезы являются концентраторами напряжения. Разрушения могут зависеть от приложенного напряжения сжатия. Проводят измерения зоны разрушения (сдвига). Модуль сдвига невозможно измерить	Образец нагружают сжатием с использованием специального нагрузочного/зажимного приспособления. Нагружение сдвига происходит в плоскости между двумя надрезами
ГОСТ Р 57207	Прочность при сдвиге, модуль сдвига	К образцам с симметричными V-образными надрезами, размещенными в специализированном приспособлении, прикладывают нагрузку с постоянной скоростью. Обеспечивает получение данных модуля и прочности.	Сложная механическая обработка образцов. Для получения значения модуля и деформации при разрушении требуются тензорезисторы. Для определения свойств при внеплоскостном сдвиге требуется чрезвычайно тонкий слоистый композит	Рекомендуется для получения количественных данных или в случаях, когда необходим модуль сдвига или отношение «нагрузка/деформация». Результаты испытаний коррелируются с результатами испытаний при нагружении вне плоскости.

Продолжение таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
		Подходит для испытания большинства типов композитов. Создает относительно чистое и равномерное напряжение сдвига. Образец менее подвержен разрушению в точках нагрузки, чем при испытании по ГОСТ Р 56799		Необходимо контролировать значения деформации на предмет изгиба образца
Методы испытаний на изгиб				
ГОСТ Р 56810	Прочность при изгибе, модуль упругости при поперечном изгибе, деформация на внешней поверхности образца	Плоский образец постоянного прямоугольного сечения нагружают на трехточечный изгиб. Подходит для испытания хаотически армированных и однонаправленно-армированных полимерных композитов. Простое изготовление образцов. Простая процедура испытания	Концентрация напряжения и высокие вторичные напряжения в точках нагрузки. Результат зависит от геометрии образца, расстояния между опорами, скорости нагружения	Разрушение образца может быть вызвано растяжением, сжатием, сдвигом
ГОСТ Р 56805 (метод В)	Прочность при изгибе, модуль изгиба, характеристика «напряжение — деформация» при изгибе	Плоский прямоугольный образец нагружают четырехточечным изгибом. Подходит для материалов, армированных произвольно-ориентированным и непрерывным волокном. Легкость подготовки образца и испытания. Выбор из двух процедур позволяет регулировать распределение нагрузок растяжения/сжатия/сдвига	Прогиб центральной точки требует дополнительных контрольно-измерительных приборов. Результаты чувствительны к геометрическим параметрам образца и скорости деформации. Отношение пролета к ширине необходимо увеличивать для слоистых полимерных композитов с высокой прочностью при растяжении относительно прочности при плоскостном сдвиге	Для высокомодульных композитов рекомендуется применять варианты с четвертью длины пролета. Разрушение может происходить под воздействием растяжения, сжатия, сдвига или их сочетания
ГОСТ Р 56774	Двухмерные механические характеристики при изгибе (жесткость при сдвиге, жесткость при изгибе)	Образец нагружают распределенной нагрузкой и измеряют изгиб и растяжение. Схема испытания и применяемое оборудование позволяют контролировать прикладываемую нагрузку. Разрушение образца начинается не на кромках. Размеры образцов позволяют изучать производственные дефекты и технологические параметры	Для изучения механики разрушения и другого анализа качественных характеристик «сэндвич»-конструкций используют только небольшие прогибы образцов. Результаты в большой степени зависят от условий на краях пластины и распределения давления. Относительно большие геометрические параметры образца и опорного приспособления	Предупреждения, относящиеся к ГОСТ Р 56680, могут относиться и к ГОСТ Р 56774. Тем не менее этот метод не ограничивается испытаниями «сэндвич»-конструкций; ГОСТ Р 56774 можно использовать для получения свойств при двухмерном изгибе любых пластин квадратной формы. Распределение нагрузки обеспечивает водонаполненный эластичный баллон.

Окончание таблицы 1

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
				Отношение расстояния между точками опоры к средней толщине образца должно составлять от 10 до 30
ГОСТ Р 57866	Прочность при изгибе, модуль изгиба, характеристика «напряжение — деформация» при изгибе	Рекомендуется для высокомодульных композитов. Плоский прямоугольный образец нагружают четырехточечным изгибом. Подходит для хаотично армированных и однонаправленно-армированных полимерных композитов. Легкость подготовки образца и испытания. Стандартизированные расстояния между точками опоры и нагрузки облегчают расчеты и стандартизируют геометрические параметры	Прогиб центральной точки требует дополнительных контрольно-измерительных приборов. Результаты чувствительны к геометрическим параметрам образца и скорости деформации. Отношение пролета к ширине, возможно, будет необходимо увеличивать для слоистых полимерных композитов с высокой прочностью при растяжении относительно прочности при плоскостном сдвиге	Стандартное отношение пролета к толщине составляет 32 : 1. При четырехточечном нагружении точки нагружения установлены на расстоянии, равном половине расстояния между точками опоры. Разрушение может происходить под воздействием растяжения, сжатия, сдвига или их сочетания
Методы испытаний на трещиностойкость (вязкость разрушения)				
ГОСТ Р 56815	Удельная работа расслоения в условиях отрыва G_{IC}	Образец с предварительно выполненным на его конце расслоением, расположенным по центру толщины, нагружают отрывом. Подходит для однонаправленно-армированных полимерных композитов. Относительно устойчивый рост расслоения	Нагрузку прикладывают к образцу через петли	Образование трещин необходимо контролировать с обеих сторон образца
ГОСТ 33685	Удельная работа расслоения G_{II}	Испытание с постоянной скоростью нагружения на трехточечный изгиб образца в виде балки, на конце которой предварительно выполнено расслоение, расположенное по центру толщины. Подходит для однонаправленно-армированных композитов	Образцы должны быть шарнирно закреплены в точках нагружения. Распространение трещин не всегда удобно для анализа. Сложное устройство нагружения	Точное выравнивание необходимо. Расчеты учитывают линейные упругие характеристики
ГОСТ Р 56740	Характеристика межслоевой вязкости разрушения K_{TL}	Образцы с предварительно нанесенной усталостной трещиной растягивают внецентренной нагрузкой. Простота проведения испытания	Результаты действительны только для конкретного многослойного полимерного композита. Характеристику межслоевой вязкости разрушения рассчитывают по нагрузке, соответствующей заданному значению нормализованного размера трещины	—

Таблица 2 — Методы динамических испытаний

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на сопротивление усталости при растяжении в плоскости армирования				
ГОСТ Р 57143	Выносливость при циклическом растяжении	Используют образцы для испытания на растяжение по ГОСТ Р 56785 циклическим нагружением растяжения. Подходит для хаотично армированных и однонаправленно-армированных полимерных композитов	Концентрация напряжения на накладках. Требуется механическая обработка и приклеивание накладок к образцу	В зависимости от материала геометрические параметры образца могут изменяться. Может потребоваться проведение предварительных испытаний для оптимизации параметров пластин и материалов
Методы испытаний на распространение усталостных трещин / прочность				
ГОСТ Р 56793	Пиковая скорость высвобождения энергии деформации для расслоения типа I при циклической нагрузке, кривая (G—N)	Двухконсольный образец подвергают циклам перемещения на минимальное и максимальное расстояния с заданной частотой. Позволяет определить значение G_{Imax}	Не позволяет получить данные da/dN. Также см. ограничения и замечания для ГОСТ Р 56815	—
Методы испытаний на ползучесть при растяжении				
ГОСТ Р 57714	Относительное удлинение при растяжении во времени	Используют образец по ГОСТ Р 56800. Легкость подготовки образца	Концентрация напряжения на радиусах закругления образца	Образец по ГОСТ Р 56800 подходит для композитов, армированных непрерывными волокнами; вместо него используют образец по ГОСТ Р 56785
Методы испытаний на ползучесть при изгибе				
ГОСТ Р 57714	Относительная деформация крайних волокон при изгибе во времени	Используют образец по ГОСТ Р 56810. Образец нагружают трехточечным или четырехточечным изгибом	Неоднозначная интерпретация результатов полимерных композитов, армированных непрерывными волокнами. Результаты зависят от геометрических параметров образца и нагружения. Многообразие видов разрушения	Широко не применяется при испытании полимерных композитов
Методы испытаний на ударную прочность при растяжении				
ГОСТ Р 57734	Энергия удара	Относительно недорогая испытательная машина	Концентрация напряжения на радиусах закругления образца. Маленькие образцы. Измерительные приборы не требуются	Не подходит для полимерных композитов, армированных непрерывным волокном
Методы испытания на ударную прочность при изгибе				
ГОСТ Р 57715	Энергия удара	Образец с надрезом. Универсальность методов испытания	Измерительные приборы не требуются. Различные виды разрушения. Зависит от изменений геометрических параметров образца	Данное испытание позволяет определить структурные характеристики при ударе, а не свойства материала

Таблица 3 — Методы испытаний слоистых композитов

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на растяжение образцов с отверстием				
ГОСТ 33375	Предел прочности на растяжение с открытым отверстием	Прямоугольная форма образца с открытым отверстием. Процедура практически эквивалентна процедуре по ГОСТ Р 56785	Распространяется на слоистые композиты, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости	Установлены требования к форме образцов и видам разрушений
ГОСТ 33377	Предел прочности при растяжении с заполненным отверстием	Прямоугольная форма образца с заполненным отверстием. Процедура и образец практически эквивалентны указанным в ГОСТ Р 56785, ГОСТ 33375	То же, что и для ГОСТ 33375	То же, что и для ГОСТ 33375. Приведены указания по допускам к размерам отверстий, моменту затягивания болтов
Метод испытаний на сжатие образцов с отверстием				
ГОСТ Р 56788	Прочность при сжатии	Метод испытания заключается в сжатии образца с отверстием с постоянной скоростью деформирования до момента разрушения. В качестве захватов применяются либо гидравлические захваты с губками, либо плоские опорные плиты	Метод распространяется на слоистые композиты, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости	Установлены требования к форме образцов и видам разрушений
ГОСТ 33377	Предел прочности при растяжении с заполненным отверстием	Прямоугольная форма образца с заполненным отверстием. Процедура и образец практически эквивалентны ГОСТ Р 56788	То же, что и для ГОСТ Р 56788	То же, что и для ГОСТ Р 56788. Приведены указания по допускам к размерам отверстий, моменту затягивания болтов
Метод испытаний на сопротивление усталости образцов с отверстием				
ГОСТ Р 57569	Циклическая долговечность	Испытания образца на многократное растяжение или сжатие, или растяжение — сжатие при заданных напряжении и частоте	То же, что и для ГОСТ 33375 и ГОСТ Р 56788. Жесткость образца контролируют экстензометром, который необходимо снимать с образца во время усталостного нагружения	То же, что и для ГОСТ 33375 и ГОСТ Р 56788
Методы испытаний болтовых соединений				
ГОСТ Р 57727	Условная прочность на смятие	Два метода: растяжение и сжатие	Не учитываются разная геометрия крепления, усилия затяжки. Не определяется деформация отверстия	Не рекомендуется для испытания полимерных композитов, армированных непрерывными волокнами
ГОСТ 33498	Предел прочности на смятие	Метод состоит в кратковременном испытании на растяжение или сжа-	Метод распространяется на слоистые композиты, структура которых	Устанавливают требования к:

Продолжение таблицы 3

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
		тие образца в виде пластины прямоугольного сечения с одним отверстием (или двумя отверстиями) через цилиндрический стержень (или стержни), вставленный в это отверстие (отверстия). Применяют образцы разной конфигурации	сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости. Результаты испытаний зависят от конфигурации образца, усилия затяжки, предварительной нагрузки. Результаты испытаний учитывают только при разрушении установленных типов	- конфигурации образцов; - усилию затяжки; - типу прилагаемой нагрузки; - предварительной нагрузке; - виду разрушения
ГОСТ Р 57047	Характеристики сопротивления усталости	Образец и оборудование в соответствии с ГОСТ 33498. В ходе нагружения контролируют деформацию отверстия в различных конфигурациях соединений и при различных условиях нагружения	То же, что и для ГОСТ 33498. В случае с некоторыми испытаниями может требоваться снятие крепежной детали или изменение коэффициента квазистатического нагружения для контроля деформации отверстия	То же, что и для ГОСТ 33498
ГОСТ Р 56790	Несущая/трансферная реакция ламинатов	Кратковременное испытание на растяжение или сжатие образца в виде пластины прямоугольного сечения с двумя отверстиями через болты или цилиндрические стержни, вставленные в эти отверстия, или кратковременное испытание на растяжение или сжатие образца в виде двух соединенных при помощи двух болтов или цилиндрических стержней пластин прямоугольного сечения	Распространяется на слоистые композиты, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости. Результаты испытаний в значительной степени зависят от конфигураций образцов и момента затяжки / предварительной нагрузки крепежной детали. Результаты испытаний учитывают только при разрушении установленных типов. Требуется калибровка образцов и приспособлений для испытаний по методу В	Устанавливают требования к: - конфигурации образцов; - усилию затяжки; - типу прилагаемой нагрузки; - предварительной нагрузке; - виду разрушения
ГОСТ Р 57867	Сопротивление вырыву крепежной детали	Две конфигурации образцов: метод А (приспособление сжимающего нагружения) — для отбора крепежных деталей, метод Б (приспособление растягивающего нагружения) — для анализа конфигураций соединений композитов	Распространяется на слоистые композиты, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости. Результаты испытаний в значительной степени зависят от конфигураций образцов и характеристик крепежной детали	Приводит требования и указания по конфигурации образцов, допускам к отверстиям, характеристикам крепежных деталей, видам разрушения

Продолжение таблицы 3

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на сопротивление повреждению при ударе и статическом вдавливании				
ГОСТ Р 56761	Твердость	Позволяет получить относительную величину твердости по зависимости «нагрузка — глубина вдавливания». Твердомер Баркола является переносным, нагрузка прилагается вручную	Распространяется на пластмассы и полимерные композиты, армированные низкомодульным волокном. Не регистрирует зависимость «сила — глубина вдавливания». Не оценивает конечное состояние повреждения	Применяют индентор с плоским наконечником
ГОСТ Р 56794	Стойкость к разрушению под воздействием концентрированной квазистатической вдавливающей нагрузки (кривые зависимости контактного усилия от смещения индентора, глубина вмятины, место разрушения)	Образец подвергают статическому точечному нагружению. Испытывают свободно-опертые образцы и образцы, лежащие на твердом основании. Позволяет получить значения энергии удара и смещения индентора	Распространяется на композиты с полимерной матрицей, армированные непрерывными волокнами. Метод испытания не учитывает эффекты от динамического воздействия. Узкий диапазон допустимых значений толщины образца	Используют полукруглый индентор диаметром 12,7 мм. Метод испытаний часто используют для отождествления состояний разрушения, вызванных динамическим воздействием. Стойкость к повреждениям определяют количественно в отношении получившегося размера и типа повреждения в образце. Линейная характеристика повреждения является функцией, исследуемой в испытании конфигурации; нельзя проводить сравнения между материалами, если не используют идентичные исследуемые конфигурации и условия испытаний
ГОСТ 33496	Сопротивление повреждению при ударе падающим грузом	Сущность метода заключается в повреждении образца ударом свободно падающего груза с наконечником полусферической формы. В качестве образцов используют прямоугольные пластины. Ударное повреждение оценивается размером отпечатка и характеризуется типом повреждения образца. Применяют копер, оборудованный аппаратурой по считыванию контактной силы, позволяющий получить уравнение зависимости скорости, перемещения и поглощенной энергии от времени	Метод распространяется на слоистые полимерные композиты, армированные непрерывными волокнами, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости. Результаты испытаний зависят от массы и диаметра копра, высоты падения и других параметров. Узкий диапазон допустимой толщины образца	Ударник имеет гладкий полусферический наконечник бойка диаметром 16 мм

Продолжение таблицы 3

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ 33495	Предел прочности при сжатии после удара, деформация при сжатии после удара, модуль упругости при сжатии после удара	Испытание на одноосное сжатие с постоянной скоростью деформирования образца с ударным повреждением. Образец полимерного композитного материала (ПКМ) в виде пластины прямоугольного сечения до приложения сжимающей нагрузки подвергается удару при помощи устройства (копра) для испытаний падающим грузом с ударником полусферической формы	Метод распространяется на слоистые полимерные композиты, армированные непрерывными волокнами, структура которых сбалансирована и симметрична относительно их срединной плоскости. Результаты испытаний зависят от предварительного разрушения. Узкий диапазон допустимой толщины образца	Первоначальный диаметр разрушения ограничивается половиной ширины образца
Методы испытаний на межслоевую вязкость разрушения				
ГОСТ Р 56740	Характеристика межслоевой вязкости разрушения K_{TL}	Образец с предварительно нанесенной усталостной трещиной растягивают внецентренной нагрузкой. Простота проведения испытания	Результаты действительны только для конкретного слоистого полимерного композита	—
Методы испытаний композитных стержней				
ГОСТ 32492	Прочность при растяжении композитных стержней	Для исключения разрушения образцов в зажимах стержни, как правило, оснащают испытательными муфтами.	Номинальную площадь поперечного сечения определяют объемным методом и вычисляют среднеарифметическое значение.	—
	Предел прочности, модуль упругости, относительное удлинение	Нагружают образец перерезающей силой, воздействующей на два параллельных сечения. Используют для определения прочности стержней при сдвиге, происходящем вдоль трещин и границ соединения в бетоне	Диаметр образцов ограничен используемым приспособлением для испытания	—
Методы испытаний слоистых полимерных композитов, используемых для усиления строительных конструкций				
ГОСТ Р 57267	Характеристики прочности при растяжении (несущую способность на единицу ширины, жесткость на единицу ширины)	Предусматривает изготовление ламинатов контактным формованием. Испытания проводят по ГОСТ Р 56785	Из-за значительного варьирования толщины слоистых композитов в расчете учитывают только ширину	—

Окончание таблицы 3

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ Р 57067	Прочность на сдвиг соединения внахлест	Кратковременное испытание образца на растяжение, при котором определяют кажущуюся прочность на сдвиг соединения внахлест. Испытания проводят по ГОСТ Р 56785. В основном применяют для определения минимальных требований к длине соединения внахлест для полимерных композитов, изготовленных контактным формованием, армированных непрерывными волокнами или штапельными волокнами	Результаты испытаний применимы только к соединению внахлест. Прочность может зависеть от изгиба волокон в соединении и сопутствующего эксцентриситета нагружения	Приведено подробное описание подготовки образцов и примеры разрушений образцов
ГОСТ Р 57048	Предел прочности на отрыв	Измеряют нагрузку, действующую перпендикулярно к поверхности полимерного композита, нанесенного на бетонное основание. Применяют для контроля качества полимерных композитов и клея	Результаты зависят от выравнивания испытательной установки, эксцентриситета нагружения и однородности образцов	Могут наблюдаться несколько типов разрушений

Таблица 4 — Методы испытаний «сэндвич»-конструкций

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний на сжатие в плоскости армирования внешних слоев «сэндвич»-конструкций				
ГОСТ Р 56809	Предел прочности при сжатии	Прямоугольный образец. Простота проведения испытания	Результаты испытаний зависят от эксцентриситета прикладываемой нагрузки. В отдельных случаях может потребоваться применение накладок или заливка смолы, чтобы избежать разрушения краев образца	Возможно сочетание нескольких видов разрушения. К допустимым видам разрушения относят изгиб внешнего слоя, сжатие внешнего слоя, образование углублений на внешнем слое, сжатие или сдвиг внутреннего слоя
Методы испытаний на растяжение перпендикулярно к плоскости армирования внешних слоев «сэндвич»-конструкций				
ГОСТ Р 56783	Предел прочности на растяжение перпендикулярно к плоскости «сэндвич»-конструкции	К образцу «сэндвич»-конструкции прикладывают одноосное растягивающее усилие перпендикулярно к плоскости образца. Усилие передают на образец через нагружающие блоки большой тол-	Результаты испытаний зависят от выравнивания системы и эксцентриситета нагружения. Результаты испытаний зависят от качества подготовки клея и поверхностей в зоне склеивания нагружающих блоков	Результаты испытаний не учитывают, если разрушение происходит по границе соединения нагружающего блока и материала внешнего слоя образца

Продолжение таблицы 4

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
		щины, которые склеивают с внешними слоями «сэндвич»-конструкции или непосредственно с внутренним слоем		
Методы испытаний на сжатие перпендикулярно к плоскости армирования внешних слоев «сэндвич»-конструкций				
ГОСТ Р 56816	Предел прочности при сжатии, перпендикулярно к плоскости образца, модуль упругости при сжатии перпендикулярно к плоскости образца	Нагружают образец, квадратного или круглого сечения сжимающей нагрузкой, перпендикулярной к плоскости образца. Не требуются специальные приспособления	Результаты зависят от эксцентриситета прикладываемой нагрузки и равномерности толщины образца. Может потребоваться пропитать смолой поверхность образца или использовать материал внешнего слоя «сэндвич»-конструкций, чтобы исключить локальное разрушение образца	Необходимо указывать, для какого образца получены результаты (с обработанной поверхностью или нет)
ГОСТ Р 56772	Перемещение активного захвата во время смятия, предел прочности при смятии	Нагружают образец сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкции сжимающей нагрузкой, действующей перпендикулярно к плоскости склеивания торцов сот материала внутреннего слоя с материалом внешних слоев «сэндвич»-конструкции	Распространяется на сотовый материал внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций. Результаты зависят от эксцентриситета прикладываемой нагрузки и равномерности толщины образца	Проводят предварительное смятие образца, если это требование установлено в нормативном документе или технической документации на изделие
Методы испытания на сдвиг				
ГОСТ Р 56651	Предел прочности при сдвиге, модуль сдвига, напряжение при сдвиге, относительная деформация, условная прочность при сдвиге	Испытания образцов, изготовленных из «сэндвич»-конструкции, растягивающей или сжимающей нагрузкой, действующей в плоскости, параллельной плоскости внешних слоев «сэндвич»-конструкции	Образцы приклеивают к пластинам фиксирующих устройств. Результаты испытаний зависят от подготовки клея и поверхностей в зоне склеивания нагружающей пластины. Результаты испытаний зависят от выравнивания системы, эксцентриситета нагружения и изменения толщины образца	Не позволяет создавать «чистый сдвиг», но при этом вторичное напряжение минимально
ГОСТ Р 56791	Предельное напряжение при сдвиге внутреннего слоя образца, модуль упругости при сдвиге внутреннего слоя образца	Образец прямоугольной формы. Легкость изготовления и испытаний образца. Трехточечная и четырехточечая схемы нагружения. Жесткость при сдвиге внутреннего слоя образца можно определить по ГОСТ Р 56798	Метод ограничивается изгибом в одной плоскости. В разрушениях обычно превалируют концентрация напряжений и вторичные напряжения в точках нагружения, особенно в случае с внутренним слоем образца	Результат испытания не учитывают, если произошло разрушение внешнего слоя образца до разрушения внутреннего слоя или отслоения материала внутреннего слоя от материала внешнего слоя.

Продолжение таблицы 4

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
			небольшой плотности и тонкими внешними слоями образца. Рассчитывают геометрические параметры образцов	При испытании на определение модуля упругости при сдвиге рекомендуемое соотношение пролета и глубины > 20 : 1. Соотношение толщины материала внешнего слоя образца и толщины материала внутреннего слоя образца должно быть не более 0,1
ГОСТ Р 57049	Напряжение при сдвиге	Образец и оборудование — по ГОСТ Р 56651, за исключением того, что внутренний слой образца непосредственно приклеивают к пластинам фиксирующего устройства	То же, что и для ГОСТ Р 56651. Не разрушившиеся образцы испытывают для определения остаточной прочности	То же, что и для ГОСТ Р 56651
Методы испытаний на изгиб				
ГОСТ Р 56680	Предельное напряжение при растяжении или сжатии, хордовый модуль при сжатии, жесткость при изгибе	Образец прямоугольной формы. Простота изготовления образца и методика проведения испытания. Стандартная схема нагружения при четырехточечном изгибе. Жесткость при изгибе можно определить по ГОСТ Р 56798	Метод ограничивается изгибом в одной плоскости. В разрушениях обычно превалируют концентрация напряжений и вторичные напряжения в точках нагружения, особенно в случае с материалом внутреннего слоя небольшой плотности и внешними слоями образца. Геометрические параметры образца требуют проверки допустимости теории изгиба многослойной однопролетной балки. Для получения необходимого типа разрушения образцы должны быть тщательно рассчитаны	Результат испытания не учитывают, если произошло разрушение внутреннего слоя образца до разрушения внешнего слоя или отслоения материала внутреннего слоя от материала внешнего слоя. Соотношение толщины материала внешнего слоя образца и толщины материала внутреннего слоя образца должно быть не более 0,1
ГОСТ Р 56681	Предел прочности при сжатии, напряжение при сжатии, деформация при сжатии, хордовый модуль	«Сэндвич»-балку подвергают четырехточечному изгибу до разрушения материала внешнего слоя. Простота испытательного оборудования в сравнении с другими испытаниями на сжатие	В качестве армирующего наполнителя материалов внешнего слоя «сэндвич»-конструкций используют высокомодульные непрерывные волокна. Дорогостоящий образец. Для получения значений деформации при разрушении требуются тензодатчики сопротивления	Необходимо принимать меры, чтобы не допустить разрушения внутреннего слоя. Узкие образцы (шириной 25 мм). Метод может быть неприменим к полимерным композитам, армированным кордной тканью или плетеными материалами

Продолжение таблицы 4

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ Р 56774	Двухмерные механические характеристики при изгибе (жесткость при сдвиге, жесткость при изгибе)	Образец нагружают распределенной нагрузкой и измеряют изгиб и растяжение. Схема испытания и применяемое оборудование позволяют контролировать прикладываемую нагрузку. Разрушение образца начинается не на кромках. Размеры образцов позволяют изучать производственные дефекты и технологические параметры	Для изучения механики разрушения и другого анализа качественных характеристик «сэндвич»-конструкций используют только небольшие прогибы образцов. Результаты в большой степени зависят от условий на краях пластины и распределения давления. Относительно большие геометрические параметры образца и опорного приспособления	Предупреждения, относящиеся к ГОСТ Р 56680, могут относится и к ГОСТ Р 56774. Тем не менее этот метод не ограничен испытаниями «сэндвич»-конструкций; ГОСТ Р 56774 может быть использован для получения свойств при двухмерном изгибе любых пластин квадратной формы. Распределение нагрузки обеспечивает водонаполненный эластичный баллон. Отношение расстояния между точками опоры к средней толщине образца должно составлять от 10 до 30
ГОСТ Р 56784	Ползучесть при изгибе	Образец подвергают трехточечному изгибу	В разрушениях обычно превалируют концентрация напряжений и вторичные напряжения в точках нагружения. Для получения необходимых разрушений образцы должны быть тщательно рассчитаны	Нагрузку создают посредством системы рычагов
Методы испытаний материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций				
ГОСТ Р 56654	Плотность материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций	Образец с прямоугольной или квадратной площадью поперечного сечения	Результаты испытаний зависят от длины, ширины и толщины образца	—
ГОСТ Р 56764	Толщина материала внутреннего слоя	Измеряют толщину материала внутреннего слоя образца «сэндвич»-конструкции толщиномером роликового или дискового типа	Результаты испытаний зависят от давления, прилагаемого в ходе измерения	—
ГОСТ Р 56652	Водопоглощение материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций	Образец с прямоугольной или квадратной площадью поперечного сечения. Предусматривают два метода испытаний: при суточном погружении и при повышенной температуре	Результаты чувствительны к воде, впитанной на поверхностях	В случае с образцами, впитывающими воду на поверхностях, их можно окунать в спирт, который затем должен испариться
ГОСТ Р 56739	Миграция воды в сотовом материале внутрен-	Приклеивают материал с сотовым заполнителем к прозрачной грани, сверлят отверстие через	Результаты испытаний чувствительны к проницаемости прозрачной грани и клея.	Миграцию воды рассчитывают по массе или объему

Окончание таблицы 4

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
	него слоя «сэндвич»-конструкций	одну грань к отдельной ячейке заполнителя, затем заполняют соты водой, при этом подвергая заполненную ячейку постоянному гидростатическому давлению путем поддержания указанной высоты водяного столба; затем измеряют количество воды, перенесенное в образец с сотовым заполнителем в течение 24 ч	Для обеспечения неизменного давления необходим постоянный напор воды	
ГОСТ Р 56763	Предел прочности на растяжение в узлах сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций	К образцу прикладывают одноосное растягивающее усилие параллельно плоскости образца. Усилие передается на образец через штыри, размещенные в ряду ячеек в верхней и нижней частях образца	Результат испытаний зависит от точности центрирования образца, прочности при расслоении нагруженного материала внутреннего слоя, эксцентриситета. При разрушении концентрация напряжения может происходить в точках приложения нагрузки	—
ГОСТ Р 56678	Стабильность размеров материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций	Измеряют расстояние между заданными точками до и после нагрева и охлаждения. Стабильность размеров сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций характеризуется величиной изменения расстояний	Требуется точное геометрическое измерение деформации материала внутреннего слоя после теплового воздействия	Для облегчения процесса измерения деформации рекомендуется заливать выбранные ячейки смолой или клеем
ГОСТ Р 56661	Коэффициент Пуассона	Образец квадратной формы. Образец сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций сгибают вокруг цилиндра таким образом, чтобы получить антикластический изгиб, и измеряют его параметры	Требуются точные измерения прогиба сотового материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций	—

Таблица 5 — Методы термофизических испытаний структурных составляющих / исходных продуктов

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
Методы испытаний армирующих наполнителей				
ГОСТ 33599	Плотность высокомодульных углеродных волокон	Метод определения плотности высокомодульных углеродных волокон	—	—
ГОСТ Р 57685	Жгут из непрерывных углеродных и графитовых волокон, предел прочности при растяжении жгута, модуль упругости жгута	Метод заключается в разрушении образца под действием постоянной растягивающей нагрузки	Испытания требуют тщательной подготовки образца. Используемая для пропитки смола может влиять на результаты испытания	—
ГОСТ 33598	Термоокислительное сопротивление	Метод определения термоокислительного сопротивления под воздействием высокой температуры среды. Проведение испытаний: при температуре 375 °С в течение 24 ч и при температуре 315 °С в течение 500 ч	—	Определяют термоокислительное сопротивление углеродных волокон, предназначенных для использования в горячих средах
Метод испытаний матрицы (смолы)				
ГОСТ Р 57713	Плотность	Определение плотности пластмасс погружением. Легкость подготовки образца и испытания	Некоторые образцы могут быть подвержены воздействию воды; возможны альтернативные иммерсионные жидкости	—
ГОСТ 15139	Плотность	Определение плотности пластмасс методом градиентной колонки	—	Как правило, используют для пленок и материалов покрытий
ГОСТ Р 57694	Характеристики при отверждении	Метод испытания на определение характеристик отверждения пластмасс путем измерения динамических механических свойств	—	—
Методы определения степени отверждения				
ГОСТ Р 56658	Текучесть смолы	Метод заключается в испытании образца при одной из заданных температур в прессе горячего прессования и определении текучести смолы	Распространяется на препреги, представляющие собой предварительно пропитанные эпоксидной смолой углеродные волокна	—

Продолжение таблицы 5

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ Р 56659	Время гелеобразования	Метод испытания на определение времени гелеобразования образца квадратной формы	Распространяется на препреги из эпоксидной смолы и углеродного волокна	—
Методы определения содержания исходных компонентов в композите				
ГОСТ Р 56782	Содержание смолы, наполнителя, армирующего наполнителя	Метод определения содержания компонентов препрега экстракцией Сокслета	Ограничивается препрегами	Не подходит для отвержденных композитов
ГОСТ Р 56682	Объем матрицы, армирующего наполнителя, пустот	Метод заключается в растворении в различных химических соединениях или сжигании матрицы композита. Распространяется на композитные материалы с полимерной или металлической матрицей, армированной волокном	—	Методы гидролиза смолы предназначены в основном для отвержденных термореактивных матриц, но могут также подходить для некоторых термопластичных матриц, а также препрегов, которые не соответствуют требованиям других методов испытания
ГОСТ Р 56796	Содержание смолы	Определяют изменение массы препрега после растворения в органических растворителях или сжигании смолы в препреге	Ограничивается препрегами	Не подходит для отвержденных композитов
ГОСТ Р 56789	Содержание летучих веществ	Метод заключается в установлении изменения массы образца для испытаний при его нагревании при заданной температуре в течение заданного времени	Ограничивается препрегами. Ограничивается типами армирующих материалов, которые, по существу, не зависят от выбора температуры для извлечения летучих веществ из материала матрицы	Не подходит для отвержденных композитов
ГОСТ Р 56679	Содержание пустот	Метод заключается в определении содержания пустот в отвержденных композитах	Не распространяется на полимерные композиты, матрица которых сгорает не полностью при сжигании. Может не распространяться на полимерные композиты, армированные металлическими, органическими волокнами или неорганическими волокнами, которые набирают или уменьшают массу в ходе испытания. Не учитывается наличие наполнителя	В некоторых случаях предпочтительно испытание по ГОСТ Р 56682. Низкая точность определения, если содержание пустот — не более 1 %

Продолжение таблицы 5

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ Р 57042	Содержание смолы	Образец, помещенный в тигель, прокаливают и сжигают до появления золы и угля. Легкость подготовки образца и испытания	Не учитывается наличие наполнителя	В некоторых случаях предпочтительно испытание по ГОСТ Р 56682. Результат учитывается как содержание смолы при заданных ограничениях
Методы испытаний термофизических свойств				
ГОСТ 15173	Кривые зависимости «тепловое расширение — температура», коэффициенты теплового расширения	Метод испытания на определение линейного теплового расширения пластмассовых материалов с коэффициентами расширения более $1 \cdot 10^{-6}$/°С. Легкость подготовки образца и испытания. Подходит для композитов с волокном произвольной ориентации и непрерывным волокном	Ограничен диапазоном температур от минус 30 °С до плюс 30 °С	Этот метод испытания невозможно использовать для материалов с очень низким коэффициентом теплового расширения, например композитов, армированных однонаправленным графитовым волокном
ГОСТ Р 57708	Кривые зависимости «тепловое расширение — температура», коэффициенты теплового расширения	Метод испытания на определение линейного теплового расширения в диапазоне температур от минус 180 °С до плюс 900 °С с использованием дилатометров с кварцевым стеклом толкательного или трубчатого типа. Подходит для композитов с дискретным и непрерывным волокном заданной ориентации	—	Хорошо подходит для низких значений теплового расширения. Обеспечивает более высокую точность, чем метод по ГОСТ 15173. Точность значительно ниже, чем при определении по ГОСТ Р 57578
ГОСТ Р 57578	Кривые зависимости «тепловое расширение — температура», коэффициенты теплового расширения	Метод испытания на определение теплового расширения жестких материалов с использованием интерферометра Майкельсона или Физо. Подходит для композитов с очень низкими значениями теплового расширения	—	Указанная точность не менее плюс 40 нм/м/К
ГОСТ Р 56754	Удельная теплоемкость	Используется дифференциальная сканирующая калориметрия	—	—
Методы определения температуры перехода				
ГОСТ Р 55134, ГОСТ Р 55135, ГОСТ Р 56724	Температура стеклования (T_g)	Метод испытаний на определение температуры стеклования полимеров методом дифференциального теплового анализа или дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).	Не подходит для композитов с низким содержанием смолы	Связь между термически измеренной температурой перехода и механическими свойствами превращения не была должным образом установлена

Продолжение таблицы 5

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
		Легкость подготовки образца и испытания		
ГОСТ Р 56801	Температура перехода, модуль упругости, податливость	Практические указания по определению температур перехода, модуля упругости и податливости пластмасс в диапазоне температур, частот или времени методами свободной вибрации, а также резонансной и нерезонансной вынужденной вибрацией. Допускается использование образцов и методов нагружения различных конфигураций	Требует наличия специализированного оборудования	Для достижения наилучших результатов испытания необходимо проводить на неармированной смоле
ГОСТ Р 57739	Температура стеклования (T_g ДМА)	Образец в форме плоской прямоугольной полоски помещают в прибор для динамического механического анализа (ДМА) и подвергают его колебаниям с номинальной частотой 1 Гц и нагреву со скоростью 5 °С/мин. В целях сопоставления испытания могут проводиться как на сухих, так и на влажных образцах (с заданной влажностью)	Требует наличия специализированного оборудования. Результаты зависят от частоты колебаний, интенсивности нагрева, а также геометрических параметров образца/конфигурации испытания	Метод испытаний распространяется на полимерные композиты, армированные непрерывными ориентированными высокомодульными волокнами. Одно из основных направлений армирования в образце должно быть ориентировано по продольной оси образца и быть параллельным длине образца
Методы определения влагосодержания/влагопоглощения. Кондиционирование				
ГОСТ Р 56762	Процентное изменение массы поглощения/десорбции, исходное (базовое) влагосодержание, потеря массы в процентном выражении, содержание равновесия по влаге, диффузионная способность	Испытание предполагает гравиметрический способ анализа, благодаря которому контролируют изменение с течением времени, происходящее со средним влагосодержанием образца путем измерений общего изменения массы образцов. Применяют для кондиционирования испытательных образцов перед проведением испытаний по другим методам	Для многих материалов требуется длительный период кондиционирования	—
ГОСТ 4650	Масса воды, поглощенной образцом	Определение массы воды, поглощенной образцом в результате пребывания его в воде в течение точно установленного времени при определенной температуре	Шкала взвешивания не зависит от характеристик диффузии материала	—

Окончание таблицы 5

Метод испытаний	Измеренный показатель	Описание и преимущества	Недостатки	Примечание
ГОСТ 12423	Отсутствует	Кондиционирование пластмасс перед испытаниями	Увеличение массы не отслеживают	Не рекомендуется использовать для кондиционирования композитов
ГОСТ 4650	Массовая доля воды, поглощенная образцом, в процентах	Определение массы воды, поглощенной образцом в результате пребывания его в воде в течение точно установленного времени при определенной температуре	При ограниченных указаниях по выбору параметров возможны несколько вариантов кондиционирования	—
Методы испытаний на стойкость при воздействии влаги и тепла				
ГОСТ Р 57695	Стойкость к указанному воздействию	Образцы подвергают воздействию влаги и тепла в течение заданной продолжительности испытаний, после чего определяют стойкость к указанному воздействию по изменению характерного показателя	Не предусматривается корреляция с результатами испытаний естественных климатических факторов	Устанавливает два метода испытаний на старение «сэндвич»-конструкций
Методы испытаний на химическую стойкость				
ГОСТ Р 56818	Измеренная твердость по Барколу. Остаточная прочность на изгиб и упругость, масса и толщина	Метод испытания на химическую стойкость термореактивных смол. Легкость подготовки образца и испытания. Гибкие условия воздействия	Единственное механическое испытание — это испытание на изгиб. Увеличение массы не отслеживают. Стандартное время или температуры воздействия не указываются	Используемые химические вещества, время и температуру воздействия пользователь определяет по своему усмотрению
ГОСТ 12020	Изменения: массы, толщины, внешнего вида образца, прочности при растяжении, модуля растяжения	Практические указания по оценке стойкости пластмасс к реактивам. Стандартное время и температура воздействия заданы в качестве отправной точки	—	Более длительные периоды воздействия могут быть более предпочтительными

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДА.1

1 Область применения

В настоящем руководстве кратко описано применение стандартных методов испытаний АСТМ (и других стандартов) для композитных материалов, армированных непрерывным волокном, с полимерной матрицей. В нем учтены наиболее распространенные или часто используемые стандарты АСТМ и подробно описано применение стандартов комитета D30 по композитным материалам.

Настоящее руководство не указывает на все возможные стандарты, которые могут распространяться на композитные материалы, ограничиваясь описанием документально подтвержденной области. Распространенные, но нестандартизированные отраслевые варианты областей применения методов испытаний, такие как применение статических методов в испытаниях на усталость, не рассматриваются. Более полное описание общих стандартов испытания композитов, включая методы испытаний, выпущенное другими организациями, включено в Справочник по композитным материалам (MIL-HDBK-17). Дополнительные конкретные рекомендации по испытанию текстильных (тканевых и плетеных) композитов приведены в руководстве D6856.

В настоящем стандарте не указаны системы измерения; в зависимости от конкретных обстоятельств применяются те системы, которые указаны в соответствующих упомянутых стандартах. Обратите внимание на то, что упомянутые стандарты Комитета D30 АСТМ оформлены либо только в единицах СИ, либо в двух системах мер, при этом единицы СИ указываются первыми.

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

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.1) и ГОСТ 1.5 (подраздел 3.7).

ДА.2

3 Терминология

Определения, касающиеся композитных материалов, приводятся в терминологическом стандарте АСТМ Д3878. Символы для определения ориентации и последовательности укладки слоев слоистого композитного материала определены в Практических указаниях 6507. Для целей настоящего стандарта «низкомодульные» композиты определяются как армированные волокном с модулем ≤ 20 ГПа (≤ $3,0 \cdot 10^6$ фунтов/кв.дюйм), в то время как «высокомодульные» композиты армированы волокном с модулем > 20 ГПа (> $3,0 \cdot 10^6$ фунтов/кв.дюйм).

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.7) и ГОСТ 1.5 (подраздел 3.9).

Приложение ДБ
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДБ.1

4 Значение и применение

Настоящее руководство призвано помочь в выборе стандартов для композитных материалов с полимерной матрицей. В нем, в частности, кратко описано применение стандартов Комитета АСТМ D30 по композитным материалам, распространяющихся на композитные материалы с полимерной матрицей, армированные непрерывным волокном. Для сравнения и для сведения в тексте упоминаются многие распространенные или часто используемые стандарты АСТМ других Комитетов АСТМ.

ДБ.2

7 Стандартное представление данных

7.1 Описание составляющих материалов. Представление описания составляющих композитных материалов зафиксировано в руководстве Е1471.

7.2 Описание композитных материалов. Представление описания композитных материалов зафиксировано в руководстве Е1309.

Приложение ДВ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ 4650—2014 (ISO 62:2008)	*	ASTM D570—98 «Стандартный метод испытаний для водопоглощения пластмасс»
ГОСТ 4651—2014 (ISO 604:2002)	*	ASTM D695—15 «Стандартный метод испытаний для сжимающих свойств твердой пластмассы»
ГОСТ 12020—72	*	ASTM D543—14 «Стандартная практика для оценки устойчивости пластических масс к химическим реагентам»
ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008)	*	ASTM D618—13 «Стандартная практика для кондиционирования пластмасс для тестирования»
ГОСТ 15139—69	*	ASTM D1505—03 «Стандартный метод испытаний для плотности пластмасс в градиенте плотности»
ГОСТ 15173—70	*	ASTM D696—03 «Стандартный метод испытаний для коэффициента линейного теплового расширения пластмасс от минус 30 °С до плюс 30 °С с помощью кварцевого дилатометра»
ГОСТ 32492—2015	*	ASTM D7617/D7617M—11 «Стандартный метод испытаний для поперечного сдвига прочности армированной волокном полимерной матрицы составных стержней»
		ASTM D7205/D7205M—06(2011) «Стандартный метод испытаний для прочности при растяжении армированной волокном полимерной матрицы составных стержней»
ГОСТ 32656—2014 (ISO 527-4:1997, ISO 527-5:2009)	*	ASTM D5083—10e1 «Стандартный метод испытаний для прочности при растяжении армированных термореактивных пластмасс с использованием прямосторонних образцов»
ГОСТ 32658—2014 (ISO 14129:1997)	*	ASTM D3518/D3518—13 «Стандартный метод испытаний для плоскостного сдвига полимерной матрицы композитных материалов при растяжении под углом ±45°»
ГОСТ 32794—2014	*	ASTM D883 «Пластмассы. Терминология»
ГОСТ 33375—2015	NEQ	ASTM D5766/D5766M—11 «Стандартный метод определения прочности при растяжении образцов слоистых композитных материалов с полимерной матрицей со сквозным отверстием»
ГОСТ 33377—2015	NEQ	ASTM D6742/D6742M—12 «Стандартные практические указания по испытаниям на растяжение и сжатие образцов с заполненным отверстием многослойных композитных материалов с полимерной матрицей»
ГОСТ 33495—2015	NEQ	ASTM D7137/D7137M—12 «Стандартный метод испытаний для определения остаточной прочности на сжатие поврежденных пластин композиционных материалов с полимерной матрицей, армированных волокном»
ГОСТ 33496—2015	NEQ	ASTM D7136/D7136M—12 «Стандартный метод испытаний для определения повреждаемости композитных материалов с полимерной матрицей, армированных волокном, при падении груза»

Продолжение таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ 33498—2015	NEQ	ASTM D5961/D5961M—10 «Стандартная методика испытания на смятие композиционных слоистых материалов с полимерной матрицей»
ГОСТ 33519—2015	NEQ	ASTM D3410/D3410M—03(2008) «Метод испытаний на сжатие для композитных материалов с полимерной матрицей, имеющей безопорную решетку, при помощи нагружения со срезом»
ГОСТ 33598—2015	MOD	ASTM D4102—82(2008) «Стандартный метод определения термоокислительного сопротивления углеродных волокон»
ГОСТ 33599—2015	MOD	ASTM D3800M—11 «Стандартная методика испытаний плотности высокомодульных волокон»
ГОСТ 33685—2015	MOD	ASTM D6671/D6671M—06 «Стандарт на метод испытаний межслоевой вязкости разрушения по смешанной моде I + II для однонаправленных композитов с полимерной матрицей, армированных волокнами»
ГОСТ Р 55134—2012 (ИСО 11357-1:2009)	*	ASTM D3418—12 «Стандартный метод испытаний для переходных температур и энтальпий плавления и кристаллизации полимеров методом дифференциальной сканирующей калориметрии»
ГОСТ Р 55135—2012 (ИСО 11357-2:1999)		
ГОСТ Р 56651—2015	MOD	ASTM C273/C273M—11 «Стандартный метод испытания свойств внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций при сдвиге»
ГОСТ Р 56652—2015	MOD	ASTM C272/C272M—12 «Стандартный метод определения водопоглощения материалов внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций»
ГОСТ Р 56654—2015	MOD	ASTM C271/C271M—11«Стандартный метод определения плотности внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций»
ГОСТ Р 56658—2015	MOD	ASTM D3531/D3531M—11 «Стандартная методика определения текучести смолы для препрегов из углеродного волокна, пропитанного эпоксидной смолой»
ГОСТ Р 56659—2015	MOD	ASTM D3532/D3532M—12 «Стандартная методика испытаний. Время гелеобразования углеродного волокнисто-эпоксидного препрега»
ГОСТ Р 56661—2015	MOD	ASTM D6790—02(2007) «Стандартная методика испытаний. Метод испытаний для определения величины коэффициента поперечной деформации ячеистых заполнителей»
ГОСТ Р 56678—2015	MOD	ASTM D6772—02(2007) «Стандартный метод определения формоустойчивости заполнителей многослойных конструкций»
ГОСТ Р 56679—2015	MOD	ASTM D2734—09 «Стандартная методика для определения содержания пустот в армированных пластмассах»
ГОСТ Р 56680—2015	MOD	ASTM D7249/D7249M—12 «Стандартная методика определения свойств наружных поверхностей многослойных структур путем изгибания длинной балки»
ГОСТ Р 56681—2015	MOD	ASTM D5467/D5467M—97(2010) «Определения механических характеристик при сжатии однонаправленно-армированных материалов испытанием на четырехточечный изгиб «сэндвич»-балки»

Продолжение таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 56682—2015	MOD	ASTM D3171—11 «Стандартные методики определения содержания составных частей в композитных материалах»
ГОСТ Р 56724—2015 (ИСО 11357-3:2011)	*	ASTM D3418—12 «Стандартный метод испытаний для переходных температур и энтальпий плавления и кристаллизации полимеров методом дифференциальной сканирующей калориметрии»
ГОСТ Р 56739—2015	MOD	ASTM F1645/F1645M—12 «Стандартная методика испытаний миграции воды в материалах с сотовым заполнителем»
ГОСТ Р 56740—2015	MOD	ASTM E1922—04(2010)e1 «Стандартный метод испытания межслоевой вязкости разрушения ламинатов и пултрузионных композитных материалов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 56754—2015 (ИСО 11357-4:2005)	*	ASTM E1269—04 «Стандартный метод испытаний для определения удельной теплоемкости дифференциальной сканирующей калориметрией»
ГОСТ Р 56761—2015	MOD	ASTM D2583—13a «Стандартная методика испытаний определения твердости жестких пластиковых масс на вдавливание с использованием индентора по Барколу»
ГОСТ Р 56762—2015	MOD	ASTM D5229/D5229M—12 «Стандартный метод определения влагопоглощения и равновесного состояния композитных материалов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 56763—2015	MOD	ASTM C363/C363M—09 «Стандартный метод испытаний на прочность при растяжении узловой структуры материалов с ячеистым средним слоем»
ГОСТ Р 56764—2015	MOD	ASTM C366/C366M—11 «Стандартный метод измерения толщины материала внутреннего слоя «сэндвич»-конструкций»
ГОСТ Р 56772—2015	MOD	ASTM D7336/D7336M—12 «Стандартный метод испытаний свойств поглощения статической энергии материалов среднего слоя ячеистых слоистых конструкций»
ГОСТ Р 56774—2015	MOD	ASTM D6416/D6416M—01(2012) «Стандартный метод определения двумерных характеристик при изгибе «сэндвич»-конструкций под воздействием распределенной нагрузки»
ГОСТ Р 56782—2015	MOD	ASTM C613/C613M—97(2008) «Стандартная методика испытаний определения содержания составных частей в композиционных препрегах методом экстракции в аппарате Сокслета»
ГОСТ Р 56783—2015	MOD	ASTM C297/C297M—04(2010) «Стандартный метод испытаний на прочность на отрыв от поверхности обшивки панелей типа «сэндвич»
ГОСТ Р 56784—2015	MOD	ASTM C480/C480M—08 «Стандартный метод испытания ползучести при изгибе «сэндвич»-конструкций»
ГОСТ Р 56785—2015	MOD	ASTM D3039/D3039—08 «Стандарт на метод определения механических свойств при испытании на растяжение композитных материалов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 56786—2015	MOD	ASTM D3846—08 «Стандартный метод определения прочности при сдвиге в плоскости армированных пластмасс»
ГОСТ Р 56788—2015	MOD	ASTM D6484/D6484M—09 «Стандарт на метод определения прочности при испытании на сжатие образцов с открытым отверстием слоистых композитных материалов с полимерной матрицей»

Продолжение таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 56789—2015	*	ASTM D3530M—97 «Стандартный метод определения содержания летучих компонентов в препрегах из композитных материалов»
ГОСТ Р 56790—2015	MOD	ASTM D7248/D7248M—12 «Метод испытаний на реакцию взаимодействия нагрузки/перепуска композитных материалов с полимерной матрицей при использовании образцов с двумя крепежными деталями»
ГОСТ Р 56791—2015	MOD	ASTM C393/C393M—11e1 «Стандартный метод испытания, применяемый для определения характеристик прочности на сдвиг заполнителей слоистых конструкций посредством изгиба балки»
ГОСТ Р 56793—2015	MOD	ASTM D6115—97(2011) «Стандартный метод определения начала распространения усталостного расслоения (тип I) в композитных материалах с полимерной матрицей, армированных однонаправленными волокнами»
ГОСТ Р 56794—2015	MOD	ASTM D6264/D6264M—12 «Стандартная методика испытаний измерений стойкости к повреждениям у композиционных материалов с полимерной матрицей, армированных волокном, под воздействием квазистатического нагружения сосредоточенной силой вдавливания»
ГОСТ Р 56796—2015	MOD	ASTM D3529M—10 «Стандартный метод определения содержания компонентов в композитных препрегах»
ГОСТ Р 56797—2015	MOD	ASTM D5449/D5449M—11 «Стандартная методика испытаний поперечных компрессионных характеристик цилиндров кольцевой намотки из композитов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 56798—2015	MOD	ASTM D7250/D7250M—06(2012) «Стандартная методика определения жесткости изгиба и сдвига «сэндвич»-балки»
ГОСТ Р 56799—2015	MOD	ASTM D5379/D5379M—12 «Стандартный метод определения характеристик прочности на сдвиг композитных материалов с помощью пластин с V-образным вырезом»
ГОСТ Р 56800—2015	MOD	ASTM D638—10 «Стандарт на метод определения механических свойств при испытании на растяжение пластмасс»
ГОСТ Р 56801—2015 (ИСО 6721-1:2011)	*[*]	ASTM D4065—12 «Стандартная практика для пластмасс: Динамические механические свойства. Определение и отчет о процедуре»
ГОСТ Р 56805—2015 (ИСО 14125:1998)	*	ASTM D6272—02 «Стандартный метод испытания на определение эластичных свойств при изгибе неармированных и армированных пластмасс и электроизоляционных материалов методом четырехточечного изгиба»
ГОСТ Р 56809—2015	MOD	ASTM C365/C365M—11a «Стандартный метод испытаний определения предела прочности на сжатие параллельно плоскости «сэндвич»-конструкций»
ГОСТ Р 56810—2015	MOD	ASTM D790/790M—10 «Стандартный метод испытаний свойств при изгибе неармированных и армированных пластиков и электроизоляционных материалов»
ГОСТ Р 56812—2015	MOD	ASTM D6641/D6641M—09 «Стандартный метод определения характеристик при сжатии композитного слоистого материала с полимерной матрицей с использованием испытательной установки с комбинированной нагрузкой сжатия (CLC)»

Продолжение таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 56813—2015	MOD	ASTM D5687/D5687M—95(2007) «Руководство для приготовления плоских составных панелей с указаниями по обработке с целью приготовления образцов»
ГОСТ Р 56815—2015	MOD	ASTM D5528—13 «Стандартная методика определения межслойной вязкости разрушения моды I однонаправленных композитов с полимерной матрицей, армированных волокном»
ГОСТ Р 56816—2015	MOD	ASTM C364/C364M—07 (2012) «Стандартный метод испытаний на предел прочности на сжатие в направлении, перпендикулярном к торцу, панелей типа «сэндвич»
ГОСТ Р 56818—2015	MOD	ASTM C581—03(2008)E1 «Стандартная методика испытаний определения химической стойкости термореактивных смол, используемых в конструкциях, армированных стекловолокном и предназначенных для жидких сред»
ГОСТ Р 57041—2016	MOD	ASTM D6415/D6415M—06a(2013) «Стандартный метод испытаний для измерения прочности криволинейной балки из композитного материала с полимерной матрицей, армированного волокнами»
ГОСТ Р 57042—2016	MOD	ASTM D2584—11 «Стандартный метод испытаний для определения потерь от прокаливания отвержденных армированных смол»
ГОСТ Р 57045—2016	MOD	ASTM D5450/D5450M—12 «Стандартный метод определения поперечных прочностных характеристик композитных трубчатых образцов, изготовленных методом кольцевой намотки»
ГОСТ Р 57047—2016	MOD	ASTM D6873/D6873M—08(2014) «Стандартный метод определения усталостной стойкости слоистых композитов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 57048—2016	MOD	ASTM D7522/D7522M—09 «Стандартный метод определения прочности на отрыв пластмасс, армированных волокном, сцепленных с бетонным основанием»
ГОСТ Р 57049—2016	MOD	ASTM C394/C394M—13 «Стандартный метод испытаний для определения усталостной прочности материалов внутреннего слоя «сэндвич»-панелей»
ГОСТ Р 57067—2016	MOD	ASTM D7616/D7616M—11 «Стандартный метод определения характеристик кажущейся сдвиговой прочности склеенных внахлест полимерных композитов, изготовленных методом ручной выкладки, используемых для упрочнения строительных конструкций»
ГОСТ Р 57143—2016	MOD	ASTM D3479/D3479M—12 «Стандарт на метод определения характеристик сопротивления усталости при растяжении образцов из полимерных композиционных материалов»
ГОСТ Р 57207—2016	MOD	ASTM D7078/D7078M—12 «Стандартный метод определения сдвиговых характеристик композиционных материалов при испытании образцов с V-образными надрезами»
ГОСТ Р 57267—2016	MOD	ASTM D7565/D7565M—10 «Стандартный метод определения механических характеристик при растяжении армированных волокном полимерных композитов, используемых для упрочнения строительных конструкций»

Продолжение таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 57569—2017	MOD	ASTM D7615/D7615M—11 «Стандартная методика определения характеристики усталостной долговечности композитных ламинатов с полимерной матрицей»
ГОСТ Р 57578—2017	MOD	ASTM E289—04(2010) «Стандартный метод определения линейного теплового расширения твердых тел при помощи интерферометрии»
ГОСТ Р 57685—2017	MOD	ASTM D4018—11 «Стандартные методы определения свойств углеродных и графитовых волокнистых прядей с непрерывным волокном»
ГОСТ Р 57694—2017	MOD	ASTM D4473—08 «Стандартный метод испытания пластмасс. Динамические механические характеристики. Поведение при отверждении»
ГОСТ Р 57695—2017	MOD	ASTM C481/C481M—08 «Стандартный метод испытаний на лабораторное старение конструкций типа «сэндвич»
ГОСТ Р 57708—2017	MOD	ASTM E228—11 «Стандартный метод испытаний для линейного термического расширения твердых материалов с толкателем дилатометра»
ГОСТ Р 57713—2017	MOD	ASTM D792—13 «Стандартные методы испытаний для определения плотности и удельного веса (относительной плотности) пластмасс методом вытеснения жидкости»
ГОСТ Р 57714—2017	MOD	ASTM D2990—09 «Стандартные методы испытаний на ползучесть при растяжении, сжатии и изгибе, а также разрушение при ползучести для пластмасс»
ГОСТ Р 57715—2017	MOD	ASTM D256—10e1 «Стандартный метод испытания для определения ударной вязкости пластмасс по Изоду с использованием маятникового копра»
ГОСТ Р 57727—2017	MOD	ASTM 0953—10 «Стандартный метод испытаний на прочность на смятие пластмасс»
ГОСТ Р 57733—2017	MOD	ASTM D5448/D5448M—11 «Стандартный метод испытания на определение свойств при плоскостном сдвиге цилиндров из композитных материалов с полимерной матрицей кольцевой намотки»
ГОСТ Р 57734—2017	MOD	ASTM D1822—13 «Стандартный метод испытания на определение энергии ударного растяжения для разрыва пластмасс и электроизоляционных материалов»
ГОСТ Р 57739—2017	MOD	ASTM D7028—07(2015) «Стандартный метод определения температуры стеклования (DMA Tg) композиционных материалов с полимерной матрицей при помощи динамического механического анализа (ДМА)»
ГОСТ Р57745—2017	MOD	ASTM D2344/D2344M—13 «Стандартный метод испытания для определения прочности композиционных материалов с полимерной матрицей и их слоистых материалов методом короткой балки»
ГОСТ Р 57778—2017	MOD	ASTM D4255/D4255M—15a «Стандартный метод испытаний свойств полимерной матрицы композитных материалов для плоскостного сдвига методом перекашивания пластины»

Окончание таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного национального межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 57864—2017	MOD	ASTM D7291/D7291M—07 «Стандартный метод испытаний (при растяжении перпендикулярно к толщине образца) прочности на разрыв и модуля упругости композитного материала полимерной матрицы»
ГОСТ Р 57866—2017	MOD	ASTM D7264/D7264M—15 «Стандартный метод испытаний на изгиб свойств полимерных композитных материалов»
ГОСТ Р 57867—2017	MOD	ASTM D7332/D7332M—15a «Стандартный метод испытаний для измерения стойкости на вырыв полимерных композитов, армированных волокном»

* Не является гармонизированным.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Приложение ДГ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ

Таблица ДГ.1

Структура настоящего стандарта	Структура стандарта ASTM Д4762 – 11а
*	4 Значение и применение
4 Подготовка образцов (5)	5 Подготовка стандартных образцов
5 Методы испытаний (6)	6 Стандартные методы испытаний
*	7 Стандартное представление данных
**	8 Ключевые слова
Приложение ДА Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ	
Приложение ДБ Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ	
Приложение ДВ Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ	
Приложение ДГ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ	

* Данный раздел исключен, так как носит поясняющий характер.
** Данный раздел приведен в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5 (пункт 5.6.2).

Примечания

1 Сопоставление структуры стандартов приведено начиная с раздела 4, так как предыдущие разделы стандартов и их иные структурные элементы идентичны.

2 После заголовков разделов настоящего стандарта приведены в скобках номера аналогичных им разделов стандарта АСТМ.

УДК 678.016:006.354 ОКС 83.140.20

Ключевые слова: полимерные композиты, методы испытаний, общие требования

БЗ 10—2017/137

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.И. Рычкова*
Компьютерная верстка *Л.В. Софейчук*

Сдано в набор 10.11.2017. Подписано в печать 18.12.2017 Формат 60×84 1/8 Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4.18. Тираж 22 экз. Зак. 2555

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru