

УДК 006.034+678.01

П.В. Шершак¹**ОСОБЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-2-77-88

Проведен комплексный анализ разработанных за последние годы стандартов ГОСТ и ГОСТ Р, гармонизированных с зарубежными стандартами по испытаниям полимерных композиционных материалов. Отмечена огромная работа, проделанная Техническим комитетом 497 и предприятиями различных отраслей промышленности.

Рассмотрены особенности и противоречия в наименовании стандартов, области их применения, обозначениях определяемых показателей и др., которые не могли не возникнуть в результате выпуска большого количества стандартов в относительно короткие сроки.

Создание и развитие нормативно-технической базы по испытаниям полимерных композитов процесс длительный и не может считаться завершенным с выпуском определенного числа стандартов. Необходимо их постоянное сопровождение, пересмотр и улучшение по результатам обратной связи между пользователями стандартов и Техническим комитетом 497.

Ключевые слова: стандарт, межгосударственный стандарт, национальный стандарт, эквивалентные стандарты, гармонизированные стандарты, ГОСТ, ГОСТ Р, ISO, ASTM, композиты полимерные, испытания, свойства.

P. V. Shershak¹**NATIONAL STANDARDIZATION SPECIFICS OF POLYMER COMPOSITES MATERIALS TESTS METHODS**

A comprehensive analysis of the GOST and GOST R standards developed in recent years as an equivalent of foreign standards for polymer composite materials test methods, has been carried out. The huge work done by the Technical committee 497 and companies of various industries was noted.

Peculiarities and contradictions in the names of standards, scope of their application, designations of determinable indicators, etc., as the result of a large number of standards release in a relatively short time, are considered.

The creation and development of technical standard basis for polymer composite materials test methods is a long process, which cannot be considered completed with the release of a certain number of standards. The constant maintenance, review and improvement by the feedback between the users of the standards and the Technical committee 497 is necessary.

Keywords: standard, interstate standard, national standard, equivalent standards, harmonized standards, GOST, GOST R, ISO, ASTM, polymer composites, tests, properties.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Развитие таких отраслей промышленности, как авиастроение, машиностроение, строительство, электроэнергетика, медицина, приборостроение и др., невозможно без создания новых материалов и технологий их переработки. Одним из приоритетных стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки является направление «Полимерные композиционные материалы» (ПКМ). За долгие годы исследований и эксплуатации ПКМ преимущества их использования перед традиционными материалами стали очевидными [1–3].

Создание полноценной нормативно-технической базы в области производства и применения ПКМ – это неотъемлемая часть развития материалов, а также повышения качества и конкурентоспособности продукции из ПКМ [4]. Такая база должна соответствовать мировому уровню, в том числе в части стандартов по испытаниям и оценке качества ПКМ [5, 6]. Это в том числе необходимо для корректного сравнения свойств ПКМ, получаемых в отечественном производстве, со свойствами ПКМ, получаемых за рубежом. Методики испытаний и определения свойств ПКМ должны быть идентичны независимо от места и страны их проведения. Именно поэтому так важно, чтобы разрабатываемые стандарты в области проведения испытаний ПКМ были гармонизированы* с зарубежными [7].

Еще несколько лет назад отечественная нормативная база по механическим испытаниям ПКМ не отвечала в полной мере современным требованиям и нуждалась в существенной переработке [8, 9]. Складывалась ситуация, при которой материалы, для которых разрабатывались стандарты, превосходили по свойствам свои первоначальные аналоги и требовали разработки новой системы и методологии проведения механических испытаний [10, 11].

В настоящее время благодаря разработке стандартов на основе зарубежных фактически создана новая нормативная база по испытаниям ПКМ. Нельзя не отметить сделанную Техническим комитетом 497 «Композиты, конструкции и изделия из них» (на базе организации «Союз производителей композитов») огромную работу по разработке стандартов, в рамках которой с 2010 года разработано более 462 стандартов, из которых утверждено 355 [12].

Однако при практически одновременном введении в действие большого количества разработанных стандартов необходимо понимать, что для их интеграции в процессы производства требуется значительное время. Несмотря на то что разработанные стандарты гармонизированы с зарубежными, единовременная «переработка» большого числа зарубежных стандартов с учетом особенностей перевода, терминологии, отечественной метрологической системы и пр. приводит к возникновению ряда трудностей и противоречий при использовании вновь принятых стандартов.

Согласно ГОСТ 1.3–2014 и ГОСТ Р 1.7–2014, для взаимосвязи между разработанным стандартом и соответствующим международным (или региональным) стандартом, на основе которого он разработан, устанавливается одна из трех степеней соответствия:

- IDT – идентичный (гармонизированный стандарт, который идентичен по содержанию и форме представления);
- MOD – модифицированный (гармонизированный стандарт, который имеет технические отклонения и/или различия по форме представления при условии их идентификации и объяснения);
- NEQ – неэквивалентный (стандарт, который имеет неидентифицированные технические отклонения и/или различия по форме представления).

Практически все разработанные за последние годы стандарты по испытаниям ПКМ имеют степень соответствия MOD, незначительная часть – NEQ и только единичные – IDT. С учетом вышесказанного об особенностях стандартизации в РФ,

* Гармонизированные стандарты – термин по ГОСТ 1.1–2002 статья 8.1, возможно также применение термина-синонима – «эквивалентные стандарты».

степень соответствия MOD вполне оправдана, тем более что все отклонения должны быть идентифицированы и объяснены. Необходимо четко представлять, что это за отклонения, поскольку как показано в работах [11, 13, 14], незначительные отличия в методиках, размерах образцов или условиях проведения испытаний могут привести к различию в результатах испытаний.

Данная работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13. «Полимерные композиционные материалы» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [3].

Стандарты по физико-механическим испытаниям на растяжение и сжатие

Большой объем разработанных стандартов, эквивалентных практически всем известным международным стандартам, приводит к многообразию национальных стандартов даже в рамках одного вида испытаний.

В качестве примера возьмем наиболее часто используемый вид физико-механических испытаний – растяжение. Испытание на растяжение элементарных образцов из ПКМ, армированных высокомодульными волокнами, с конца прошлого века проводилось по ГОСТ 25.601–80 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах», ранее было принято считать данный ГОСТ аналогом зарубежному ASTM D3039* [7, 8, 11]. Испытания стеклопластиков и пластмасс также долгое время проводилось по ГОСТ 11262–80 – аналогом, которого считался стандарт ASTM D638.

Благодаря гармонизации, из стандартов ASTM D3039 и ASTM D638 разработали эквивалентные ГОСТ Р 56785–2015 и ГОСТ Р 56800–2015 соответственно, причем ГОСТ 25.601 и ГОСТ 11262 не отменены и активно используются в разных отраслях промышленности. Более того, ГОСТ 11262 переиздан в 2017 году и гармонизирован со стандартом ISO 527-2:2012, имеющим еще несколько частей, из которых также получили другой ГОСТ по испытаниям на растяжение. Это создает ситуацию, при которой даже специалисты по проведению испытаний могут запутаться в многообразии стандартов, а большинство заказчиков испытаний, которые не владеют знаниями об этих стандартах, в выборе методики испытаний полагаются на специалистов.

Для наглядности приведем в таблице стандарты по испытаниям на растяжение ПКМ и пластмасс, а также соответствующие им гармонизированные зарубежные стандарты (табл. 1). В данную таблицу не включены стандарты, разработанные в этот же период времени по испытаниям на растяжение углеродных волокон, жгутов, образцов с открытым и заполненным отверстиями, «сэндвич»-конструкций, пултрузионных стержней, систем внешнего армирования и керамических композитов.

Из наименований стандартов, приведенных в табл. 1, не ясно, чем они отличаются друг от друга, и даже область применения стандартов не всегда дает разъяснения по этому вопросу, эти особенности будут рассмотрены далее.

Не вдаваясь в технические подробности, следует отметить несколько существенных моментов. Зарубежная система стандартизации предполагает регулярный (для ASTM – раз в 5 лет) пересмотр стандартов. Поэтому на момент ввода в действие ГОСТ Р 56785–2015, эквивалентного ASTM D3039/D3039M-08 (2008 года), был принят ASTM D3039 от 2014 года, а в настоящее время введен в действие этот же ASTM, пересмотренный в 2017 году. Это означает, что эквивалентный ГОСТ Р отстает на две редакции от зарубежного аналога.

* Ввиду регулярного пересмотра зарубежных стандартов здесь и далее в обозначении не указывается год утверждения стандарта, кроме случаев, когда необходимо указать на конкретную версию стандарта.

Таблица 1

Стандарты ГОСТ и ГОСТ Р по испытаниям на растяжение элементарных образцов из ПКМ и пластмасс

Обозначение	Наименование	Область применения	Обозначение эквивалентного стандарта	Наименование эквивалентного стандарта
ГОСТ 25.601-80	Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (компазитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах	Полимерные композиционные материалы, армированные непрерывными высокомолекулярными углеродными, борными, органическими и другими волокнами	—	—
ГОСТ 11262-2017	Пластмассы. Метод испытания на растяжение	Пластмассы. Жесткие и полужесткие термопластичные и термореактивные материалы, кроме композиций, армированных текстильными волокнами	ISO 527-2:2012	Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics
ГОСТ 32656-2017	Компазиты полимерные. Методы испытаний. Испытания на растяжение	Изотропные, ортотропные, а также однонаправленно армированные полимерные композиты	ISO 527-4:1997; ISO 527-5:2009	Plastics – Determination of tensile properties. Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fiber-reinforced plastic composites; Part 5: Test conditions for unidirectional fiber-reinforced plastic composites
ГОСТ Р 56785-2015	Компазиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов	Полимерные композитные материалы, армированные углеродными, борными, органическими и другими высокопрочными волокнами	ASTM D3039/D3039M-08	Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials
ГОСТ Р 56800-2015	Компазиты полимерные. Определение механических свойств при растяжении неармированных и армированных материалов	Неармированные и армированные пластмассы, в том числе слоистые полимерные композиты, армированные непрерывными волокнами. <i>Примечание.</i> Для ПКМ, армированных непрерывными или дискретными высокомолекулярными (больше 20МПа) волокнами, испытания проводят по ГОСТ Р 56785	ASTM D638-10	Standard test method for tensile properties of plastics
ГОСТ Р 57864-2017	Компазиты полимерные. Метод определения предела прочности и модуля упругости при растяжении в направлении толщины образца	Многослойные полимерные композиты, матрица которых армирована дискретными или непрерывными волокнами	ASTM D7291/D7291M-07	Standard test method for through-thickness flatwise tensile strength and elastic modulus of a fiber-reinforced polymer matrix composite material
ГОСТ Р 57045-2016	Компазиты полимерные. Метод определения характеристик при растяжении перпендикулярно к плоскости армирования	Полимерные композиты, полученные методом намотки непрерывных высокомолекулярных волокон	ASTM D5450/D5450M-12	Standard test method for transverse tensile properties of hoop wound polymer matrix composite cylinders
ГОСТ 25.603-82	Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (компазитов). Метод испытания на растяжение кольцевых образцов при нормальной, повышенной и пониженной температурах	Полимерные композиционные намоточные материалы, армированные непрерывными высокомолекулярными углеродными, борными, органическими и другими волокнами	—	—

Существует и обратная ситуация – ускоренный пересмотр стандартов может привести к некоторым противоречиям. Так, введенный в действие ГОСТ 32656–2017 взамен ГОСТ 32656–2014 в принципиально важных аспектах содержит ссылки на несуществующий ГОСТ 11262.1 и даже в ГОСТ 11262 отсутствуют такие разделы, на которые даны ссылки. Для специалистов очевидно, что вместо ГОСТ 11262.1 (который, как указано, эквивалентен ISO 527-1) должен быть ГОСТ 34370–2017. Но это неочевидно для большинства пользователей стандартов, отсюда и возникает ряд противоречий.

Из приведенных стандартов на растяжение:

– для испытаний материалов, армированных высокомодульными волокнами, следует руководствоваться ГОСТ 25.601–80, ГОСТ 32656–2017 (эквивалент ISO 527-4 и ISO 527-5) и ГОСТ Р 56785–2015 (эквивалент ASTM D3039);

– для пластмасс и материалов, армированных волокнами с низким модулем упругости, – ГОСТ 11262–2017 (эквивалент ISO 527-2) и ГОСТ Р 56800–2015 (эквивалент ASTM D638).

– для полимерных композитов, полученных методом намотки (кольцевые образцы), – ГОСТ 25.603–82 и ГОСТ Р 57045–2016 (эквивалент ASTM D5450).

По аналогии с растяжением приведем таблицу со стандартами для испытаний на сжатие (табл. 2).

Из приведенных стандартов на сжатие:

– для испытаний материалов, армированных высокомодульными волокнами, руководствуются ГОСТ 25.602–80 и ГОСТ 33519–2015 (эквивалент ASTM D3410), которые во многом схожи между собой, а также ГОСТ Р 56812–2015 (эквивалент ASTM D6641) с отличающимся от двух предыдущих ГОСТ способом передачи нагрузки на образец;

– для пластмасс – ГОСТ 4651–2014 (эквивалент ISO 604);

– для полимерных композитов, полученных методом намотки (кольцевые образцы), – ГОСТ Р 56797–2015 (эквивалент ASTM D5449).

Отдельно следует отметить стандарты по испытаниям на сжатие ПКМ, армированных высокомодульными волокнами, после ударного повреждения: ГОСТ 33495–2015 (эквивалент ASTM D7137) и практически аналогичный ГОСТ 33844–2016 (эквивалент ISO 18352) [15, 16]. Принципиально важное отличие между ними: только ГОСТ 33844 регламентирует энергию удара, с которой наносится повреждение на образец; ГОСТ Р 57046–2016 (эквивалент ASTM D7956) имеет схожее с предыдущими стандартами наименование, но устанавливает требования к принципиально отличному методу испытаний – изгиб трехслойной панели.

Наименования и обозначения стандартов

Наименования стандартов закладываются на этапе формирования Программы разработки национальных стандартов и зачастую остаются неизменными. Обратим внимание на приведенные в табл. 1 и 2 следующие стандарты: ГОСТ Р 57045–2016 «Композиты полимерные. Метод определения характеристик при растяжении перпендикулярно к плоскости армирования» и ГОСТ Р 56797–2015 «Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при осевом сжатии образцов цилиндрической формы, армированных в кольцевом направлении». Из этих наименований не ясно, что они относятся к одной области применения, но если взять эквивалентные им ASTM совместно с третьим ГОСТ Р 57733 и сопоставить их наименования друг с другом, то становится очевидной их условная принадлежность к одной серии (табл. 3).

Таблица 2

Стандарты ГОСТ и ГОСТ Р по испытаниям на сжатие элементарных образцов из ПКМ и пластмасс

Обозначение	Наименование	Область применения	Обозначение эквивалентного стандарта	Наименование эквивалентного стандарта
ГОСТ 25.602-80	Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах	Полимерные композиционные материалы, армированные непрерывными высокомолекулярными углеродными, борными, органическими и другими волокнами	—	—
ГОСТ 4651-2014	Пластмассы. Метод испытания на сжатие	Пластмассы. Не распространяется на материалы, армированные текстильными волокнами; полимерные композиции, армированные волокном; слоистые пластмассы и др.	ISO 604:2002	Plastics – Determination of compressive properties
ГОСТ 33519-2015	Композиты полимерные. Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах	Полимерные композиты, армированные непрерывными высокомолекулярными углеродными, борными, органическими и другими волокнами	ASTM D3410/D3410-03(2008)	Standard test method for compressive properties of polymer matrix composite materials with unsupported gage section by shear loading
ГОСТ Р 56812-2015	Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при комбинированной сжимающей нагрузке	Композиционные материалы с полимерной матрицей, армированные непрерывными или рубленными волокнами	ASTM D6641/D6641M-09	Standard test method for compressive properties of polymer matrix composite materials using a combined loading compression (CLC) test fixture
ГОСТ 33495-2015	Композиты полимерные. Метод испытания на сжатие после удара	Полимерные композиты, армированные углеродными, борными, органическими и другими волокнами	ASTM D7137/D7137M-12	Standard test method for compressive residual strength properties of damaged polymer matrix composite plates
ГОСТ 33844-2016	Композиты полимерные. Метод определения прочности на сжатие после повреждения многослойных углекомпозитов	Многослойные углекомпозиты	ISO 18352:2009	Determination of compression-after-impact properties at a specified impact-energy level
ГОСТ Р 57046-2016	Композиты полимерные. Метод определения характеристик при сжатии тонких ламинатов после удара	Поврежденные тонкие пластины из композиционного материала на основе полимерной матрицы и высокомолекулярных волокон с различными схемами армирования (изгибание образца в виде трехслойной длинной панели)	ASTM D7956/D7956M-14	Standard practice for compressive testing of thin damaged laminates using a sandwich long beam flexure specimen
ГОСТ Р 57756-2017	Композиты полимерные. Метод испытания на продольное сжатие вертикальных конструктивных элементов	Полимерные композиты. Вертикальные конструктивные элементы	ASTM E2954-15	Standard test method for axial compression test of reinforced plastic and polymer matrix composite vertical members
ГОСТ Р 56797-2015	Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при осевом сжатии образцов цилиндрической формы, армированных в кольцевом направлении	Армированные непрерывными углеродными, стекляными, борными, органическими и другими волокнами полимерные композиционные материалы, полученные методом намотки	ASTM D5449/D5449M-11	Standard test method for transverse compressive properties of hoop wound polymer matrix composite cylinders

Таблица 3

Сравнение наименований эквивалентных ASTM и ГОСТ Р по испытаниям образцов ПКМ, изготовленных намоткой

Стандарт	Наименование	Стандарт	Наименование
ASTM D5448/D5448M-11	Standard test method for inplane shear properties of hoop wound polymer matrix composite cylinders	ГОСТ Р 57733–2017	Композиты полимерные. Метод определения характеристик при сдвиге в плоскости армирования образцов, изготовленных намоткой
ASTM D5449/D5449M-11	Standard test method for transverse compressive properties of hoop wound polymer matrix composite cylinders	ГОСТ Р 56797–2015	Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при осевом сжатии образцов цилиндрической формы, армированных в кольцевом направлении
ASTM D5450/D5450M-12	Standard test method for transverse tensile properties of hoop wound polymer matrix composite cylinders	ГОСТ Р 57045–2016	Композиты полимерные. Метод определения характеристик при растяжении перпендикулярно к плоскости армирования

У всех трех ASTM одинаковое окончание наименования «...of hoop wound polymer matrix composite cylinders» (по сути, они различаются в наименовании только двумя словами, определяющими вид испытания), из чего следует, что они распространяются на один и тот же материал, полученный одним методом. Логично, чтобы гармонизированные национальные стандарты также имели одинаковые наименования с отличием в виде испытания. Разработанные же ГОСТ Р имеют разные наименования, отсюда и неочевидность их принадлежности к одной области применения. Различие в наименованиях ГОСТ Р не позволяет в полной мере удовлетворить требованиям системы стандартизации в РФ: наименование стандарта должно «...точно характеризовать объект стандартизации и обобщенное содержание устанавливаемых стандартом положений» (ГОСТ 1.5–2001).

Следует отметить, что это не является критичным, поскольку в области применения данных стандартов указано на какие материалы они распространяются, однако даже области применения в этих стандартах приведены с некоторыми отличиями. Объясняется это тем, что все три стандарта разрабатывались разными организациями в разные годы, тем не менее различия в наименованиях не должны были оказаться существенными, поскольку стандарты вносятся одним Техническим комитетом. Это только один из примеров.

Кроме того, оригинальные стандарты имеют последовательную нумерацию, а разработанные ГОСТ Р – нет. Это также особенности стандартизации. Стандарты разрабатываются поэтапно, их разработка заложена в разные временные периоды, поэтому им присваиваются различные номера.

Может ли такой подход применяться не к отдельным стандартам, а к сериям, объединяемым одним номером? Стандартизацией в РФ предусмотрено присвоение комплексу стандартов общего регистрационного номера и отделенного от него точкой дополнительного номера для каждого отдельного стандарта (ГОСТ Р 1.5–2012). В разработанных за последние годы стандартах по испытаниям ПКМ это используется не всегда, что делает восприятие некоторых серий стандартов не очень наглядным и затрудняет работу с ними.

Например, для серии стандартов ISO 6721 «Plastics – Determination of dynamic mechanical properties» (Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении), состоящей из 12 частей, которые нумеруются подряд: ISO 6721-1, ISO 6721-2 и т. д., приходится составлять таблицу соответствия с разработанными

ГОСТ Р (табл. 4), поскольку модифицированные национальные стандарты «разбросаны» по нумерации [17]. Видимо, попытка присвоить соответствующие номера была: ISO 6721-1 эквивалентен ГОСТ Р 56801, ISO 6721-3 – ГОСТ Р 56803, ISO 6721-4 – ГОСТ Р 56804, но на этом соответствия заканчиваются, так как ГОСТ Р 56802 эквивалентен ISO 6721-7, а далее нумерация, видимо, присваивалась по свободным номерам в общем порядке разработки стандартов в РФ.

Таблица 4

Соответствие стандартов ГОСТ Р стандартам серии ISO 6721

ISO	ГОСТ Р
ISO 6721-1:2011	ГОСТ Р 56801–2015
ISO 6721-2:2008	ГОСТ Р 56745–2015
ISO 6721-3:1994	ГОСТ Р 56803–2015
ISO 6721-4:2008	ГОСТ Р 56804–2015
ISO 6721-5:1996	ГОСТ Р 57916–2017
ISO 6721-6:1996	ГОСТ Р 57919–2017
ISO 6721-7:1996	ГОСТ Р 56802–2015
ISO 6721-8:1997	–
ISO 6721-9:1997	–
ISO 6721-10:2015	ГОСТ Р 57950–2017
ISO 6721-11:2012	ГОСТ Р 56753–2015
ISO 6721-12:2009	–

Положительным моментом являются в данном случае наименования, поскольку они сохранили указание на номер оригинальной части ISO 6721 (Часть 1, Часть 2 и т. д.). Однако в Части 1 отсутствует полный перечень стандартов серии, поэтому неспециалистам в данной области для ознакомления со всей серией необходимо пользоваться поиском по наименованиям и «вычислять» национальные стандарты по одному, а при одинаковом регистрационном номере комплекса всю серию можно было бы найти в любой базе данных достаточно быстро. Это же касается и семи частей стандартов серии ISO 11357 «Plastics – Differential scanning calorimetry» (Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия).

Для стандартов по термомеханическому анализу одинаковый регистрационный номер комплекса предусмотрен: ISO 11359-1 эквивалентен ГОСТ 32618.1, ISO 11359-2 – ГОСТ 32618.2, эта серия состоит всего из двух частей, в отличие от 12 частей ISO 6721, где такая система нумерации была бы нужнее. Разработаны и другие серии стандартов как с комплексной нумерацией, так и без нее.

Приведенные особенности в наименованиях и обозначении не влияют на качество проводимых исследований и испытаний и, возможно, акцентирование на этом внимания больше похоже на перфекционизм, но разве не должно быть исчерпывающего порядка в основополагающей документации на проведение испытаний?

Область применения

Рассматривая проблему неоднозначности в наименованиях разработанных стандартов, нельзя не отметить стирающуюся границу между понятиями «пластмасса» и «полимерный композит». Проблемы с терминологией, особенно с учетом различий в переводе терминов из зарубежных стандартов, в настоящее время достаточно остры и даже такая масштабная работа, как введение в действие ГОСТ 32794–2014 «Композиты

полимерные. Термины и определения», не помогла решить эти проблемы. Вопросы и проблемы терминологии в области ПКМ заслуживают отдельного внимания.

Эквивалентные стандарты ГОСТ 11262 и ISO 527-2 (табл. 1) содержат в наименовании один объект стандартизации – «Пластмассы» и «Plastics» соответственно. Для ГОСТ Р 56785 и его эквивалента ASTM D3039 объекты стандартизации также одинаковы: «Композиты полимерные» и «...polymer matrix composite materials». Однако для эквивалентных ГОСТ Р 56800 и ASTM D638 объекты стандартизации разные – в первом случае «Композиты полимерные», во втором – «...plastics». Произошло это потому, что область применения ASTM D638 (распространяется на неармированные и армированные пластмассы) расширена в ГОСТ Р 56800–2015 фразой «...в том числе на слоистые полимерные композиты, армированные непрерывными волокнами».

В случаях с пластмассами и полимерными композитами области применения могут легко объединяться. Например, на основе ASTM D792 и ASTM D256 (распространяются на пластмассы) разработаны эквивалентные ГОСТ Р 57713–2017 и ГОСТ Р 57715–2017 соответственно, область применения которых – полимерные композиты и пластмассы. Таким образом, стандарту «на пластмассы» эквивалентен стандарт «на полимерные композиты». Данный подход вполне оправдан. В действительности для многих методов испытаний область применения может быть расширена на родственные классы материалов. Необходимо учитывать это при работе и выборе стандартов и не руководствоваться только их наименованиями.

Сложнее со стандартами на полимерные композиты, эквивалентом которых являются стандарты на клеи. Стандарты ISO 15107:1998, ISO 15108:1998 и ISO 15109:1998 относятся к определению прочности клеевых соединений, однако гармонизированные с ними ГОСТ Р 57746–2017, ГОСТ Р 57732–2017 и ГОСТ Р 57709–2017 соответственно объединены наименованием «Композиты полимерные». В области применения этих национальных стандартов указано, что они распространяются на полимерные композиты, а далее по тексту, что они могут также применяться и к металлам, и к пластмассам, и к дереву (кроме ГОСТ Р 57746–2017). В примечаниях отмечено, что это дополнение направлено на расширение области распространения стандартов. Очевидно, что под разными материалами подразумеваются склеиваемые материалы (подложки), которые могут быть различной природы, но ведь речь идет об испытании клеев, а не металлических или пластмассовых материалов!

Это не единственный пример: ASTM D2294-96 (2008) «Standard Test Method for Creep Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal-to-Metal)» устанавливает метод определения характеристик ползучести клеев для склеивания металлов, а гармонизированный с ним ГОСТ Р 57750–2017 «Композиты полимерные. Метод испытания на ползучесть при сдвиге клеевого соединения» устанавливает метод определения ползучести при сдвиге клеевого соединения полимерных композитов, а также соединения полимерных композитов и металлов.

Таким образом, стандарты по испытаниям клеев были отнесены к объекту стандартизации «полимерные композиты».

Клеи, также как и полимерные композиты, относятся к области деятельности Технического комитета 497, поэтому данный стандарт входит в сферу компетенции данного комитета, а различия в наименованиях эквивалентных стандартов и области применения не противоречат требованиям по стандартизации в РФ и оговариваются отдельно. Эти различия – также одна из особенностей отечественной системы стандартизации.

Такие особенности могут привести к следующему. Например, ASTM E831-14 «Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis» распространяется на твердые материалы, наименование гармонизированного с ним ГОСТ Р 57754–2017 – «Композиты полимерные. Метод определения линейного теплового расширения при помощи термомеханического анализа». В области применения этого ГОСТ указано, что он распространяется и на другие материалы, а не только на полимерные композиты. Отсюда при выборе стандарта на определение линейного теплового расширения данным методом для любых других материалов (не полимерных композитов) специалист не станет рассматривать данный ГОСТ, увидев такое наименование, и даже не станет заглядывать в область его применения.

Стандарты ISO и ASTM

При разработке гармонизированных с ISO и ASTM стандартов возникают ситуации, когда сами стандарты ISO и ASTM являются схожими между собой (о чем, как правило, есть указание в стандартах ASTM), поэтому на один вид испытаний может существовать несколько стандартов.

Например, ASTM D7029-09 «Standard Test Method for Determination of Reactivity of Unsaturated Polyesters and Vinyl Esters at 180.0F [82.2°C]» имеет много общего с ISO 584:1982 «Plastics – Unsaturated polyester resins – Determination of reactivity at 80°C (conventional method)», на основе этих двух стандартов были разработаны эквивалентные им ГОСТ Р 57565–2017 и ГОСТ 21970–2015 соответственно.

Когда изначально стоит задача определить свойства материала по стандарту, эквивалентному заданному ISO или ASTM, то никаких трудностей не возникает, но когда такого указания нет, возникает вопрос – из каких соображений следует выбирать стандарт для проведения испытаний?

Иногда возникает путаница при разработке стандартов на основе ISO и ASTM, что приводит к таким ошибкам: в ГОСТ Р 57206 в сведениях о соответствии ссылочных стандартов указано, что ГОСТ Р 56815–2015 соответствует (степень соответствия MOD) стандарту ISO 15024, в самом же ГОСТ Р 56815–2015 в предисловии указано, что он модифицирован по отношению к ASTM D5528.

Обозначения определяемых показателей

Затронем еще одну немаловажную проблему: в разработанных стандартах для одного и того же типа испытания используются различные обозначения определяемых показателей, а это является недопустимым [18]. Так, один и тот же показатель обозначается разными символами, это приводит к определенным затруднениям. В табл. 5 представлены обозначения основных показателей полимерных композитов для испытаний на растяжение, сжатие и изгиб согласно разработанным ГОСТ.

Большинство этих обозначений изменены относительно обозначений в соответствующих зарубежных стандартах. Неясно, по какому принципу выбирались обозначения. Например, в ГОСТ 25.604 прочность при изгибе обозначается σ_B^H , а в ГОСТ Р 56810–2015 – $\sigma_{и}^B$, в этих ГОСТ также поменяны местами индексы обозначений у модуля упругости при изгибе. В ГОСТ 25.602 модуль упругости при сжатии записывается с верхним индексом «с», в ГОСТ 4651 – с нижним. Нагрузки обозначаются символами P или F , при том, что предел прочности при растяжении в направлении толщины образца также обозначается F .

Таблица 5

Сравнение обозначений определяемых показателей в ГОСТ и ГОСТ Р

Вид испытания	Стандарты	Обозначение показателей			
		Максимальная нагрузка	Предел прочности (при растяжении, сжатии, изгибе)	Модуль упругости (при растяжении, сжатии, изгибе)	Деформация/удлинение
Растяжение	ГОСТ 25.601–80	F_{\max}	σ_B	E	δ
	ГОСТ 11262–2017	F_{DM}	σ_{DM}	–	ε_{DM}
	ГОСТ 32656–2017*	–	–	–	–
	ГОСТ Р 56785–2015	P_{\max}	σ_B	E	δ
	ГОСТ Р 56800–2015	P_{\max}	σ_B	E	ε_D
	ГОСТ Р 57864–2017	P_{\max}	F	$E^{\text{хорд}}$	–
Сжатие	ГОСТ 25.602–80	F_{\max}^c	σ_B^c	E^c	–
	ГОСТ 4651–2014	F	$\sigma_B (\sigma_{cp})$	E_c	$\varepsilon (\varepsilon_c)$
	ГОСТ 33519–2015	F_{\max}^c	σ_B^c	E^c	ε_i
	ГОСТ Р 56812–2015	P_{\max}	σ_B^c	E^c	–
	ГОСТ 33495–2015	$P_{\max}^{\text{спу}}$	$\sigma_B^{\text{спу}}$	$E^{\text{спу}}$	ε_i
	ГОСТ 33844–2016	F	σ_{CAI}	E_{CAI}	$\varepsilon_{\text{сmax}}$
	ГОСТ Р 57046–2016	–	F^{CAI}	–	–
	ГОСТ Р 57756–2017	P_{\max}	F	E'	–
Изгиб	ГОСТ 25.604–82	F_{\max}	σ_B^H	E_{II}^H, E^H	–
	ГОСТ 4648–2014	F	σ_{fb}	E_f	ε_{fb}
	ГОСТ Р 56805–2015	F_{\max}	σ_{II}^B	E_{II}^H	ε_{max}
	ГОСТ Р 56810–2015	F_{\max}	σ_{II}^B	E_{II}^H	ε_{max}
	ГОСТ Р 57866–2017	P_{\max}	F	E_f^{secant} E_f^{chord}	ε

* В части показателей дана ссылка на несуществующий ГОСТ.

Существует ГОСТ 32588–2013 «Композиты полимерные. Номенклатура показателей», в котором приведены обозначения показателей полимерных композитов, но, несмотря на это, обозначения в разработанных стандартах ему не соответствуют. Обозначения в самом ГОСТ 32588 могут показаться не очень удобными в применении, но важнее другое – если установлена система обозначений для показателей композитов, то почему она не используется?

Заключения

Рассмотренные особенности, противоречия во взаимосвязи и системности разработанных стандартов не влияют на качество и результаты испытаний и возникают отчасти из-за того, что в качестве разработчиков стандартов выступают разные организации. Это естественно при таком большом объеме работ по становлению нормативно-технической базы по испытаниям ПКМ. Работа по созданию такой базы находится в начальной стадии и не следует полагать, что с разработкой большого количества стандартов такая работа будет считаться завершённой.

Противоречия со временем будут устранены, если будут перениматься не только зарубежные стандарты, но и система их постоянного сопровождения и пересмотра. В таком случае рудиментарные стандарты впоследствии будут отменены, а ошибки, обнаруженные в ходе использования стандартов, исправлены. Однако это станет возможным только при активной обратной связи между предприятиями отрасли и Техническим комитетом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // Интеллект и технологии. 2016. №2 (14). С. 16–21.
2. Раскутин А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 344–348. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-344-348.
3. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
4. Ветохин С.Ю. Стандартное решение // Композитный мир. 2012. №1 (40). С. 70–72.
5. Каблов Е.Н. Контроль качества материалов – гарантия безопасности эксплуатации авиационной техники // Авиационные материалы и технологии. 2001. №1. С. 3–8.
6. Каблов Е.Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. 2015. №1. С. 36–39.
7. Забулонов Д.Ю., Мыктыбеков Б.М., Ухов П.А. Стандартизация методов испытаний полимерных композиционных материалов // Композитный мир. 2010. №4. С. 16–19.
8. Адамов А.А., Лаптев М.Ю., Горшкова Е.Г. Анализ отечественной и зарубежной нормативной базы по механическим испытаниям полимерных композиционных материалов // Конструкции из композиционных материалов. 2012. №3. С. 72–77.
9. Каблов Е.Н., Шевченко Ю.Н., Кожевников А.Н. Отраслевые стандарты – основа качества авиационной техники // Сталь. 2008. №8. С. 121–122.
10. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2017. 472 с.
11. Ильичев А.В. Сравнение стандартов ГОСТ и ASTM для проведения механических испытаний ПКМ на растяжение // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. №8. С. 2–9.
12. Фахретдинов С.Б. Инновационные закупки в госкомпаниях // Compositebook. 2018. №1. С. 30–31.
13. Мельников Д.А., Ильичев А.В., Вавилова М.И. Сравнение стандартов для проведения механических испытаний стеклопластиков на сжатие // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2017. №3 (51). Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 11.02.2019). DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-3-6-6.
14. Ильичев А.В., Раскутин А.Е., Гуляев И.Н. Сравнение геометрических размеров образцов ПКМ, используемых в международных стандартах ASTM и отечественных ГОСТ // Новости материаловедения. Наука и техника: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №4 (16). Ст. 02. URL: <http://www.materialsnews.ru> (дата обращения: 11.02.2019).
15. Ерасов В.С., Крылов В.Д., Панин С.В., Гончаров А.А. Испытания полимерного композиционного материала на удар падающим грузом // Авиационные материалы и технологии. 2013. №3. С. 60–64.
16. Большаков В.А., Алексашин В.М. Повышение остаточной прочности при сжатии после низкоскоростного удара углепластиков, изготавливаемых инфузионным методом формования // Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 47–50.
17. Шершак П.В., Рябовол Д.Ю. Стандарты по динамическим механическим испытаниям пластмасс и полимерных композитных материалов // Авиационная промышленность. 2017. №4. С. 48–52.
18. Яковлев Н.О., Ерасов В.С., Петрова А.П. Сравнение нормативных баз различных стран по испытанию клеевых соединений материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. №7. С. 2–8.