ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59776.1.6— 2022 (МЭК 62788-1-6:2020)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Часть 1-6

Материалы-заполнители. Определение степени сшивки этиленвинилацетата

(IEC 62788-1-6:2020, Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules — Part 1-6: Encapsulants — Test methods for determining the degree of cure in Ethylene-Vinyl Acetate, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «ВИЭСХ-ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ» (ООО «ВИЭСХ-ВИЭ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 октября 2022 г. № 1125-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 62788-1-6:2020 «Методы измерения свойств материалов, используемых в фотоэлектрических модулях. Часть 1-6. Материалы-заполнители. Методы определения степени отверждения в этилен-винилацетате» (IEC 62788-1-6:2020 «Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules — Part 1-6: Encapsulants — Test methods for determining the degree of cure in Ethylene-Vinyl Acetate», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, а также путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3).

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации и особенностей объекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

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

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

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

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, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© IEC, 2020
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 Общие положения 2
4 Методы дифференциальной сканирующей калориметрии 3
4.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы 3
4.2 Отбор и подготовка образцов 3
4.3 Условия испытаний 4
4.4 Порядок проведения испытаний 4
4.5 Обработка результатов 5
5 Метод индентометрии 11
5.1 Общие положения 11
5.2 Установка для испытаний 11
5.3 Отбор и подготовка образцов 11
5.4 Порядок проведения испытаний 12
5.5 Обработка результатов 12
5.6 Корреляция степени сшивки, определенной методом индентометрии и по содержанию гель-фракции 13
6 Метод определения степени сшивки по содержанию гель-фракции 13
6.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы 13
6.2 Отбор и подготовка образцов 14
6.3 Условия испытаний 14
6.4 Порядок проведения испытаний 15
6.5 Обработка результатов 15
7 Протокол испытаний 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 17
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 18
Библиография 20

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Часть 1-6

Материалы-заполнители. Определение степени сшивки этиленвинилацетата

Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules and its components. Part 1-6. Encapsulants. Determination of the Ethylene-Vinyl Acetate cure degree

Дата введения — 2022—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на материалы-заполнители фотоэлектрических модулей из этиленвинилацетата (ЭВА) и ЭВА, используемый в качестве материала-заполнителя при изготовлении фотоэлектрических модулей, и устанавливает методы определения степени сшивки слоев ЭВА.

Стандарт устанавливает косвенные методы определения степени сшивки — методы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и индентометрии, а также более длительный, но более универсальный и точный прямой метод — по содержанию гель-фракции.

Настоящий стандарт предназначен для проверки наличия и активности сшивающей добавки производителями ЭВА и производителями фотоэлектрических модулей. Методы, установленные в настоящем стандарте, могут использоваться для оценки однородности состава ЭВА в рулоне и для сравнения вариаций состава ЭВА от рулона к рулону, а также для контроля качества изготовления фотоэлектрического модуля на этапе ламинирования.

Испытания, установленные в настоящем стандарте, проводят с сырым (несшитым) или недавно отвержденным листом ЭВА, а также с образцами, извлеченными из недавно изготовленных фотоэлектрических модулей. Испытания методом индентометрии проводят с фотоэлектрическими модулями (только с модулями типа стекло/пленка с пленочным тыльным покрытием).

Настоящий стандарт также может быть применим для других сополимеров этиленового ряда. В таких случаях следует учитывать, что параметры испытаний в настоящем стандарте оптимизированы для ЭВА. При использовании методов ДСК диапазон температур испытаний должен быть отрегулирован на основе активной температуры сшивающего агента и/или температуры плавления/затвердевания основного материала. При использовании метода индентометрии должны быть скорректированы максимальное смещение индентора, максимальная приложенная нагрузка и температуры.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ ISO/IEC 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 8.748—2011 (ИСО 14577-1:2002) Государственная система обеспечения единства измерений. Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. Часть 1. Метод испытаний

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

Издание официальное

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

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

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

ГОСТ Р 56980.1 (МЭК 61215-1:2021) Модули фотоэлектрические. Оценка соответствия техническим требованиям. Часть 1. Требования к испытаниям

ГОСТ Р 56980.2 (МЭК 61215-2:2021) Модули фотоэлектрические. Оценка соответствия техническим требованиям. Часть 2. Методы испытаний

ГОСТ Р 59112 (ИСО 10147:2011) Трубы и фитинги из сшитого полиэтилена (PE-X). Оценка степени сшивки по содержанию гель-фракции

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 Общие положения

Методы ДСК рекомендуется применять для определения степени сшивки в лабораторных условиях, если не требуется повышенная точность результатов.

Метод индентометрии предназначен для неразрушающего контроля фотоэлектрических модулей с тыльным покрытием из полимерной пленки в процессе изготовления. Метод индентометрии может использоваться для контроля качества на производственных линиях. Стандартное отклонение обычно составляет не более ±3 %.

Более длительный, но более универсальный и точный прямой метод — по содержанию гель-фракции — следует применять для оценки и проверки точности результатов, полученных косвенными методами, при сравнении результатов, полученных косвенным методом в различных лабораториях. Также прямой метод применяют, когда по результатам косвенного метода необходимо сравнить между собой рецептуры ЭВА.

Результаты метода определения степени сшивки по содержанию гель-фракции не зависят от исходного состава образца. Метод может использоваться для любых образцов ЭВА, независимо от его предварительной термической обработки (включая ЭВА, извлеченный из отработавших фотоэлектрических модулей).

Для определения степени сшивки ЭВА, используемого в качестве материала-заполнителя при изготовлении фотоэлектрических модулей, применяют три метода ДСК: по остаточной энтальпии, по плавлению/затвердеванию и комбинированный — по остаточной энтальпии и по плавлению/затвердеванию.

Метод плавления/затвердевания ДСК может применяться для количественной оценки степени сшивки ЭВА к любому образцу ЭВА, независимо от его термической истории (включая ЭВА из отработавших фотоэлектрических модулей).

Результаты испытаний по методам остаточной энтальпии и плавления/затвердевания ДСК могут варьироваться в зависимости от состава (присутствующих добавок), молекулярной массы или содержания винилацетата в сополимере ЭВА. Результаты по методу остаточной энтальпии ДСК также могут легко варьироваться в зависимости от типа и концентрации пероксида, изначально присутствовавшего в ЭВА.

Для более точной оценки степени сшивки следует использовать универсальный метод анализа содержания гель-фракции.

Результаты применения методов настоящего стандарта могут быть использованы для анализа результатов испытаний фотоэлектрических модулей, например на соответствие техническим требованиям по *ГОСТ Р 56980.1* и *ГОСТ Р 56980.2*, или анализа данных об изменении характеристик и состояния модулей в натурных условиях для определения минимальной необходимой степени сшивки.

4 Методы дифференциальной сканирующей калориметрии

Испытания проводят в соответствии с *ГОСТ Р 55134*, *ГОСТ Р 55135 и ГОСТ Р 56724* (*см. также* [*1*] и [*2*]).

4.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы

Для проведения испытаний необходимы следующее испытательное оборудование и материалы.

a) Дифференциальный сканирующий калориметр со следующими параметрами:

- диапазон изменения температуры не менее чем от минус 50 °С до плюс 250 °С;
- точность измерения температуры не менее ±0,1 °С с погрешностью не более 0,01 °С;
- калориметрическая точность не менее ±0,5 % (или 0,2 мВт), калориметрическая чувствительность не менее 2 мкВт и калориметрическая повторяемость не менее 0,5 %;
- диапазон регулирования скорости нагрева/охлаждения печи не менее чем от 5 °С·мин$^{-1}$ до 30 °С·мин$^{-1}$ при измерении с точностью не менее ±0,1 °С·мин$^{-1}$;
- дрейф базовой линии (абсолютное значение изменения сигнала между двумя пределами интегрирования для пустой ячейки) должен быть менее 50 мкВт для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 250 °С;
- кривизна базовой линии (наибольшее отклонение от базовой линии интегрирования) должна быть менее 50 мкВт для диапазона температур от минус 50 °С до 250 °С.

Для проведения испытаний рекомендуется использовать негерметичные алюминиевые тигли.

Прибор следует регулярно калибровать в соответствии со спецификациями производителя прибора с использованием методов калибровки, рекомендованных поставщиком прибора. Калибровку точности необходимо выполнять с использованием стандартных веществ, например индия или олова, в качестве материала для проверки температуры и теплового потока. Сапфир можно использовать для количественной оценки дрейфа базовой линии прибора. В частности, прибор следует повторно откалибровать, если скорость испытания, тип посуды или испытательная атмосфера были изменены до измерений ДСК.

b) Электронные аналитические весы с верхним пределом взвешивания не менее 20 мг и точностью измерения не менее 0,01 мг.

c) Система контроля подачи газа.

d) Система охлаждения: интракулер (система механического контролируемого охлаждения) с диапазоном температур от минус 40 °С до плюс 550 °С.

e) Вакуумный насос, обеспечивающий вакуум до 10^{-3} мбар.

f) Осушенный азот или другой осушенный инертный газ-носитель. Чистота газа должна быть не менее 99,99 %.

Также для проведения испытаний необходимы ножницы, металлическая линейка, металлический медицинский пинцет без полимерного покрытия.

4.2 Отбор и подготовка образцов

4.2.1 Отбор и хранение

Образцы для испытаний изготавливают из пленки ЭВА одного производителя из одной и той же производственной партии.

Также для проведения испытаний необходимы эталонные образцы ЭВА: несшитые (неламинированные) и максимально сшитые.

Если испытания проводят для контроля процесса изготовления фотоэлектрических модулей, эталонные образцы максимально сшитого ЭВА изготавливают из ламинированного фотоэлектрического модуля или из отобранных образцов, предварительно подвергая их термовакуумному процессу, используемому при ламинировании. Если испытания проводят для контроля полноты расхода перекиси (что часто не достигается в процессе ламинирования), может потребоваться дополнительная обработка (с увеличением времени или температуры процесса ламинирования).

При использовании комбинированного метода ДСК по остаточной энтальпии и по плавлению/затвердеванию все измерения проводят на одном и том же образце в одном испытании.

Все процедуры по подготовке образцов и работу с ними следует выполнять в чистых одноразовых перчатках.

При необходимости хранения образцы ЭВА следует упаковать в герметичный полиэтиленовый пакет с маркировкой.

Образцы следует хранить в сухом состоянии (при относительной влажности ниже 50 %), при комнатной температуре, вдали от источников света и тепла.

Рекомендуется убедиться, что результаты, полученные при помощи косвенного метода, не меняются со временем хранения.

4.2.2 **Подготовка образцов**

1) Взвешивают пустой тигель для образца и пустые эталонные тигли.

2) Подготавливают образцы ЭВА из одного листа материала массой от 5 до 9 мг (или размера, рекомендованного производителем дифференциального сканирующего калориметра).

Для контроля процесса необходимо подготовить минимум два образца из каждого рулона ЭВА.

3) Помещают каждый образец в отдельный тигель и закрывают тигель крышкой.

Наружная геометрия, в частности плоскостность нижней поверхности тигля, может повлиять на его тепловой контакт с калориметром, что имеет решающее значение для измерения. Если наружная геометрия тигля нарушена во время подготовки, образец следует отбросить.

Если образец или крышка плохо прилегают к тиглю, это повлияет на измерение, и образец следует отбросить.

4) Фиксируют массу каждого образца и соответствующего тигля.

4.3 **Условия испытаний**

4.3.1 **Условия окружающей среды**

Испытания рекомендуется проводить в лабораторных условиях при температуре (25 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 5) % (в соответствии с *ГОСТ 12423*).

4.3.2 **Параметры испытательного режима**

4.3.2.1 Для метода ДСК по остаточной энтальпии рекомендуются следующие значения параметров испытательного режима:

- начальная температура .....25 °С;
- конечная температура .....225 °С;
- скорость нагрева .....10 °С·мин$^{-1}$;
- скорость сбора данных .....5 Гц (0,2 с·точка$^{-1}$).

4.3.2.2 Для метода ДСК по плавлению/затвердеванию рекомендуются следующие значения параметров испытательного режима:

- начальная температура .....25 °С;
- конечная температура нагрева .....100 °С;
- скорость нагрева .....10 °С·мин$^{-1}$;
- конечная температура охлаждения .....минус 20 °С;
- скорость охлаждения .....10 °С·мин$^{-1}$;
- скорость сбора данных .....5 Гц (0,2 с·точка$^{-1}$).

4.3.2.3 При использовании комбинированного метода ДСК по остаточной энтальпии и по плавлению/затвердеванию рекомендуются следующие значения параметров испытательного режима:

- начальная температура .....25 °С;
- конечная температура нагрева .....100 °С;
- скорость начального нагрева .....10 °С·мин$^{-1}$;
- конечная температура охлаждения .....минус 20 °С;
- скорость охлаждения .....10 °С·мин$^{-1}$;
- конечная температура повторного нагрева .....225 °С;
- скорость повторного нагрева .....10 °С·мин$^{-1}$;
- скорость сбора данных .....5 Гц (0,2 с·точка$^{-1}$).

4.4 **Порядок проведения испытаний**

1) Убеждаются, что температура печи (фланца) калориметра находится в пределах (25 ± 2) °С, и открывают крышку.

2) Помещают тигель с образцом и пустой эталонный тигель в печь и закрывают крышку.

3) Фиксируют массу тигля с образцом и эталонного тигля.

4) Воздействуют на образцы в соответствии с выбранным методом ДСК (остаточная энтальпия, плавление/затвердевание или комбинированный):

- при использовании метода остаточной энтальпии ДСК образцы нагревают с параметрами процесса, указанными в *4.3.2.1*.

Завершение реакции перекисной сшивки можно проверить с помощью второго термического цикла (охлаждение до 25 °С и повторный нагрев до 225 °С). Остаточная энтальпия для максимально отвержденного образца во время второго цикла должна быть 0,1 Дж·г$^{-1}$;

- при использовании метода плавления/затвердевания ДСК образцы нагревают, а затем охлаждают с параметрами процесса, указанными в *4.3.2.2*.

При нагреве температура образца не должна достигать температуры разложения перекиси. Если реакция разложения перекиси очевидна в профиле данных нагрева, следует использовать температуру ниже 100 °С;

- при использовании комбинированного метода ДСК образцы нагревают, охлаждают, затем повторно нагревают с параметрами процесса, указанными в 4.3.2.3, без выдержки между отдельными этапами.

Если данные для максимально сшитого эталонного образца получают с помощью комбинированного метода ДСК, охлаждение следует проводить до минус 20 °С со скоростью 10 °С·мин$^{-1}$, чтобы точно охарактеризовать переход к затвердеванию после тщательного отверждения испытуемого образца в калориметре. Для таких образцов можно использовать дополнительные данные, полученные после повторного охлаждения от 225 °С. Если максимально сшитый эталонный образец измеряют после комбинированной процедуры ДСК, следует использовать образцы с наибольшей предыдущей термической историей (температура и время), чтобы гарантировать полное отверждение ЭВА.

В конечных точках испытательного диапазона (то есть при начальной, максимальной или минимальной температурах) должна отсутствовать изотермическая выдержка.

Для получения наиболее достоверных результатов при контроле процесса или другого сравнения образцов рекомендуется использовать один и тот же метод ДСК.

5) После завершения воздействия дожидаются, пока температуры печи калориметра достигнет безопасного значения и извлекают тигли из калориметра.

Рекомендуется провести взвешивание образца(ов) после испытания, результаты которого сравнивают с исходной массой для проверки целостности тигля. Конечную массу образца(ов) также допускается использовать для подтверждения идентичности образца.

6) Фиксируют данные испытаний и определяют степень отверждения, как указано в 4.5.

4.5 Обработка результатов

4.5.1 Определение степени сшивки по остаточной энтальпии

Степень сшивки при использовании метода остаточной энтальпии ДСК рассчитывают по формуле

$$G_e = \frac{h_u - h_t}{h_u} 100, \quad (1)$$

где G_e — степень сшивки по остаточной энтальпии, %;

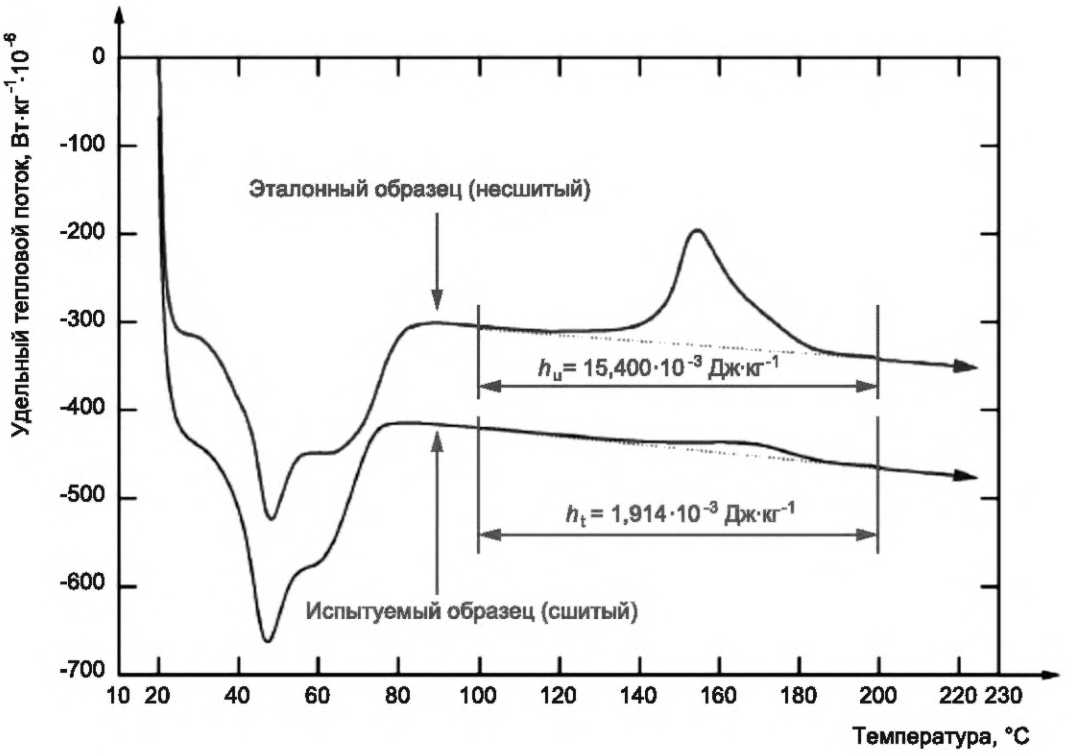
h_u — измеренная удельная энтальпия ЭВА несшитого эталонного образца, Дж·кг$^{-1}$;

h_t — измеренная удельная энтальпия ЭВА испытуемого образца, Дж·кг$^{-1}$.

Удельную энтальпию определяют, используя программное обеспечение дифференциального сканирующего калориметра, из интеграла измеренного теплового потока в пределах интегрирования от 100 °С до 200 °С для указанной скорости нагрева. Удельная энтальпия для испытуемого образца может включать несколько пиков в пределах интегрирования.

Пример результирующих графиков изменения удельного теплового потока при изменении температуры показан на рисунке 1. Степень отверждения G_e для испытуемого образца, результаты испытаний которого приведены на рисунке 1, составляет 87,6 %.

Наличие загрязнения (от тыльного покрытия или других материалов) можно проверить по профилю данных. Загрязнение приводит к аномальным (дополнительным) пикам в профиле данных, которые следует отметить в протоколе испытаний.



Графики образцов смещены друг относительно друга по оси удельного теплового потока для того, чтобы их различия были более заметны.

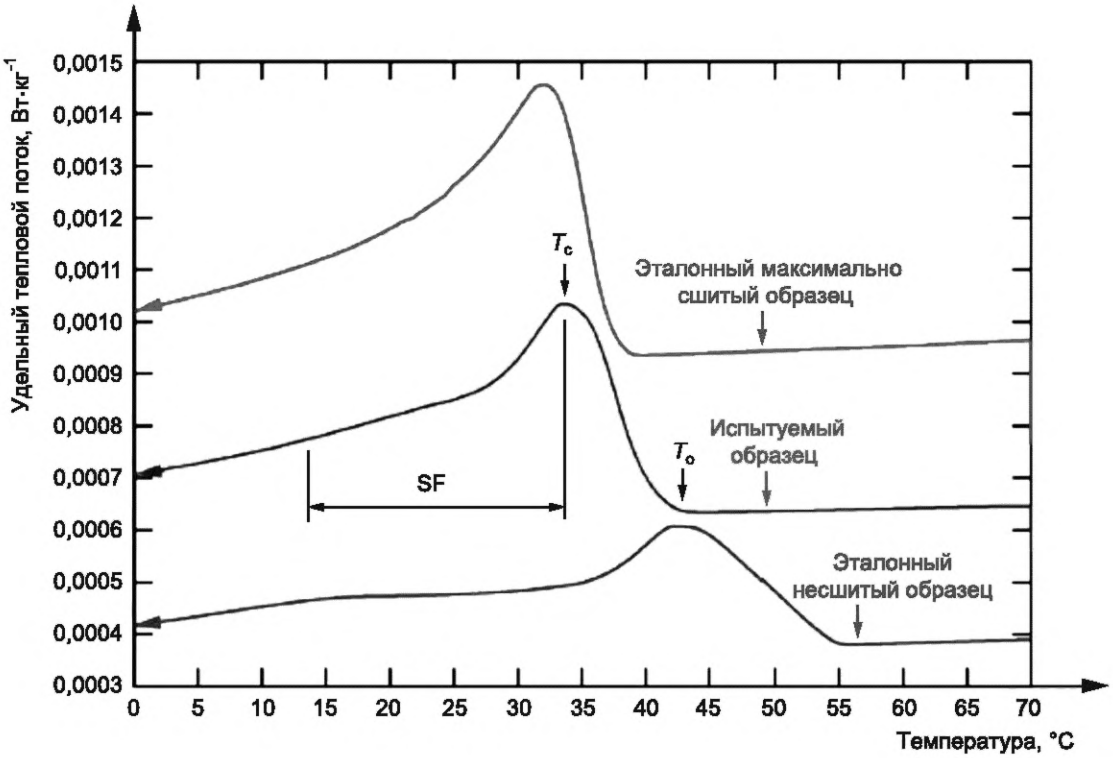
Рисунок 1 — Пример результирующих графиков изменения удельного теплового потока при изменении температуры для метода остаточной энтальпии ДСК

4.5.2 Определение степени сшивки по плавлению/затвердеванию

4.5.2.1 Определение степени сшивки

Для определения степени сшивки используют три параметра каждого из трех образцов в пределах измерений (см. рисунок 2): максимальную температуру кристаллизации (затвердевания) T_c, температуру начала кристаллизации T_o и вогнутость профиля данных ниже температуры кристаллизации (оценивается с помощью количественного коэффициента формы SF, расчет см. 4.5.2.2).

На рисунке 2 показан пример итоговых графиков изменения удельного теплового потока при изменении температуры. Температуры T_c и T_o и температурный диапазон для определения коэффициента формы показаны на графике испытуемого образца. Графики приведены для образцов одного и того же состава ЭВА, так что эффекты процесса отверждения очевидны.



Графики образцов смещены друг относительно друга по оси удельного теплового потока для того, чтобы их различия были более заметны.

Рисунок 2 — Пример результирующих графиков изменения удельного теплового потока при изменении температуры для метода плавления/затвердевания ДСК

Степень сшивки рассчитывают по формулам:

$$G_a = \left(\frac{G_c + G_o + G_{SF}}{3} \right), \quad (2)$$

$$G_c = \frac{T_{c,u} - T_{c,t}}{T_{c,u} - T_{c,m}} 100, \quad (3)$$

$$G_o = \frac{T_{o,u} - T_{o,t}}{T_{o,u} - T_{o,m}} 100, \quad (4)$$

$$G_{SF} = \frac{SF_u - SF_t}{SF_u - SF_m} 100, \quad (5)$$

где G_a — среднее значение степени сшивки по методу плавления/затвердевания ДСК, %;

G_c — степень сшивки, определенная по изменению максимума температуры кристаллизации, %;

G_o — степень сшивки, определенная по изменению температуры, экстраполированной на начало кристаллизации, %;

G_{SF} — степень сшивки, определенная по изменению вогнутости профиля данных ниже температуры кристаллизации, %;

c — значение при максимальной температуре кристаллизации;

o — значение при температуре начала кристаллизации;

SF — коэффициент формы;

t — значение для сшитого испытуемого образца;

m — значение для предварительно ламинированного образца (максимально сшитого) эталонного образца ЭВА;

u — значение для эталонного образца ЭВА без предшествующей термической обработки (несшитого).

Данные, необходимые для расчета степени сшивки по графикам на рисунке 2 (значения температур и коэффициента формы), и соответствующие результаты расчета приведены в таблице 1. Значения степени сшивки рассчитаны по формулам (2)—(5).

Таблица 1 — Данные по определению степени сшивки методом плавления/затвердевания ДСК для примера, приведенного на рисунке 2

Измеренные значения	Образец	T_c, °C	T_o, °C	SF, %
	эталонный несшитый	42,3	54,4	79,9
	эталонный максимально сшитый	32,0	37,2	63,7
	испытанный	33,7	40,3	66,4
Результаты расчетов	G_a, %	G_c, %	G_o, %	G_{SF}, %
	83,0	83,4	82,4	83,1

Если дифференциальный сканирующий калориметр оснащен соответствующим программным обеспечением, можно использовать алгоритм интегрирования для автоматического определения T_c и T_o.

В этом случае следует учитывать, что выбор верхнего и нижнего пределов интегрирования может повлиять на значения T_c и T_o. Для достижения воспроизводимых результатов рекомендуется проверять повторяемость значений T_c и T_o, заданных программным обеспечением. Это можно сделать, вручную изменив пределы интегрирования.

Для автоматического определения T_c и T_o широкого спектра образцов пределы интегрирования рекомендуется определять по измеренной термограмме следующим образом (см. рисунок 3):

- верхний предел интегрирования T_{ul} равен приблизительному значению T_c на измеренной термограмме плюс 15 °C. Значение T_{ul} должно попадать в плоскую область на термограмме, которая предшествует пику кристаллизации во время охлаждения. После интеграционного анализа T_{ul} должно быть больше, но находиться рядом с T_o;

- нижний предел интегрирования T_{ll} — это координата точки пересечения термограммы около вертикальной оси с горизонтальной линией, проходящей через T_{ul}. Для ЭВА T_{ll} обычно находится в диапазоне от минус 20 °C до минус 10 °C.

4.5.2.2 Оценка вогнутости кривой кристаллизации

Эмпирический коэффициент формы, характеризующий вогнутость пика кристаллизации, рассчитывают следующим образом (пример см. на рисунке 4).

1) На измеренной зависимости $Q = f(T)$ выбирают все данные точек (T, Q) в области определения коэффициента формы — между точкой максимальной температуры кристаллизации T_c и точкой (T_c – 20 °C).

2) Рассчитывают обратный тепловой поток Q^{-1} для всех точек.

3) Вычисляют произведение $T \cdot Q^{-1}$ для всех точек и строят график $T \cdot Q^{-1} = f(T)$.

4) Определяют координаты точки $(T, T \cdot Q^{-1})_{max}$, в которой график $T \cdot Q^{-1}$ достигает максимума на интервале области определения коэффициента формы.

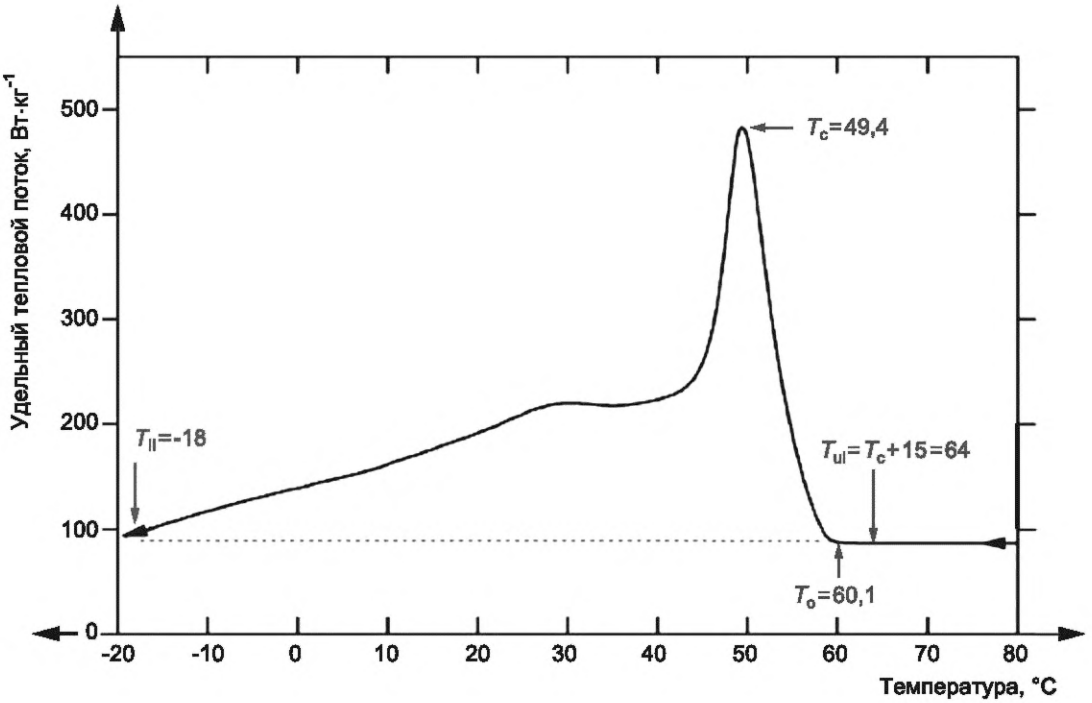


Рисунок 3 — Пример определения пределов интегрирования при автоматическом определении T_c и T_o с помощью программного обеспечения дифференциального сканирующего калориметра

5) Рассчитывают коэффициент формы по формуле

$$SF = \frac{\left(T, Q^{-1}\right)_{max}}{T_c \cdot Q^{-1}_{T_c-20}} \cdot 100, \quad (6)$$

где T_c — максимальная температура кристаллизации;

$Q^{-1}_{T_c-20}$ — обратный тепловой поток при $T = T_c - 20$ °C;

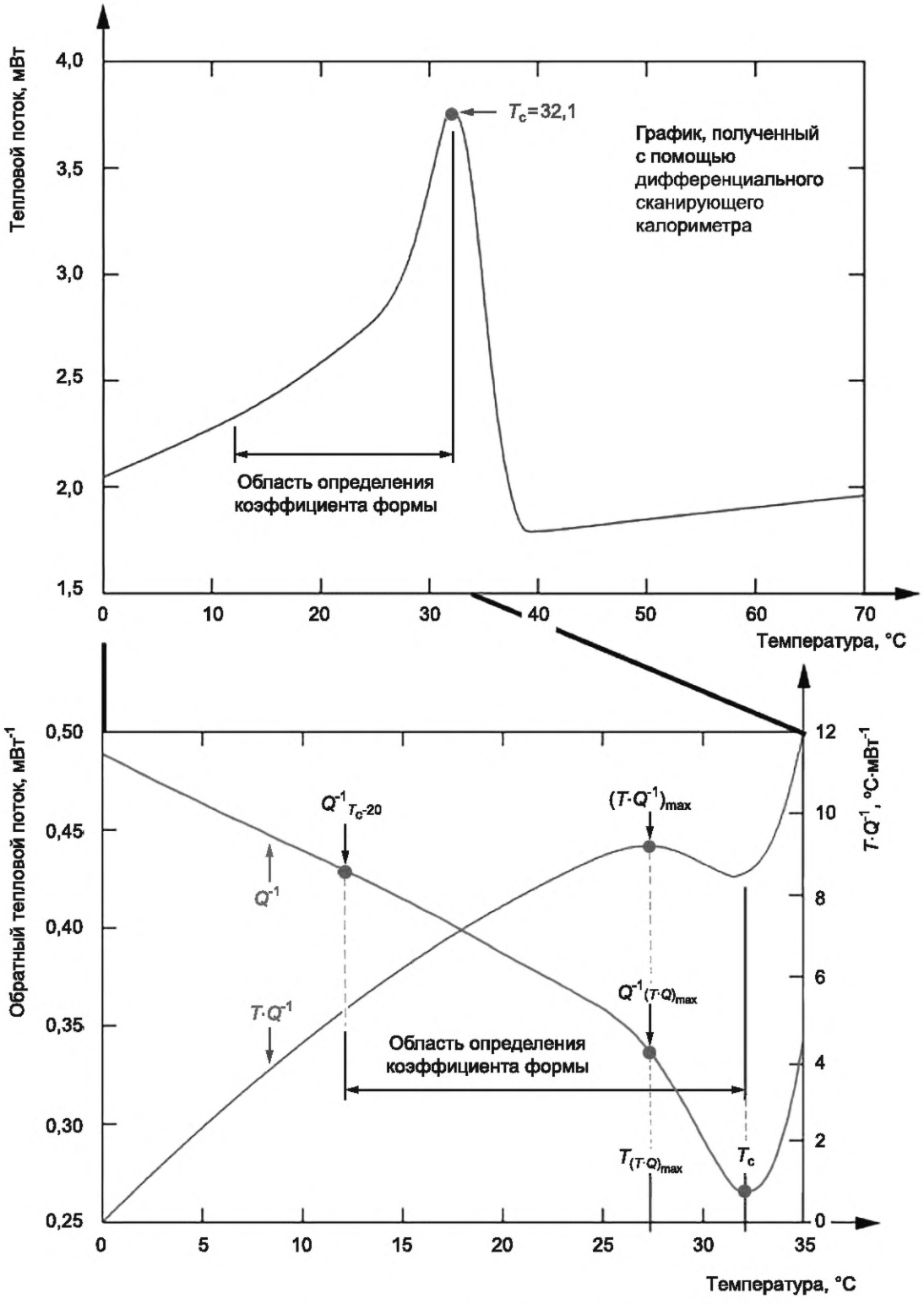
$(T, Q^{-1})_{max}$ — максимум произведения T и Q^{-1}.

Коэффициент формы на примере на рисунке 4 равен SF = 66,9 % при $T_{(T\cdot Q)max}$ = 27,4 °C, $Q^{-1}_{(T\cdot Q)_{max}}$ = = 0,336 мВт$^{-1}$, T_c = 32,1 °C и $Q^{-1}_{T_c-20}$ = 0,429 мВт$^{-1}$.

Аналогично коэффициент формы определяют, используя удельный тепловой поток q вместо теплового потока Q.

***4.5.3* Неопределенность измерений**

При испытании большого количества образцов из одного и того же образца материала или из одной партии фотоэлектрических модулей неопределенность измерений должна быть указана для 95 %-ного доверительного интервала.



$T_{(T\cdot Q)max}$ и $Q^{-1}{}_{(T\cdot Q)max}$ — температура и обратный тепловой поток в точке $(T\cdot Q^{-1})_{max}$.

Рисунок 4 — Номограмма для определения коэффициента формы испытуемого образца ЭВА

5 Метод индентометрии

5.1 Общие положения

Испытание проводят только с фотоэлектрическими модулями типа стекло/пленка с тыльным покрытием из полимерной пленки.

Испытания проводят, используя *ГОСТ Р 8.748*, а также *ГОСТ Р 56801*.

Метод индентометрии исследует механическую реакцию (вязкоупругие характеристики) отвержденных слоев ЭВА, которые изменяются при сшивании ЭВА в процессе отверждения. В этом методе индентор (соединенный с датчиком усилия) прижимается к тыльному покрытию, и через него воздействует на ЭВА. Сила реакции, действующая на индентор во время индентирования и последующей релаксации, регистрируется датчиком усилия и анализируется. Степень сшивки определяют из одновременного анализа приложенной нагрузки и соответствующей глубины вдавливания индентора по полученной кривой «нагрузка—деформация».

Результаты измерений по методу индентометрии действительны только для конкретного сочетания ЭВА (материала-заполнителя) и тыльного покрытия.

Чтобы более точно определить степень сшивки, оценить соответствие степени сшивки заданному диапазону значений или оценить точность результатов, после индентометрии из того же самого набора образцов (или сделанного в том же процессе) определяют степень сшивки по содержанию гель-фракции, как указано в разделе 6, и устанавливают корреляцию между степенью сшивки, определенной по содержанию гель-фракции и методом индентометрии.

Для более точного определения степени сшивки и оценки соответствия степени сшивки заданному диапазону значений достаточно однократно провести указанные двойные испытания образцов данного сочетания ЭВА и тыльного покрытия, а далее использовать для этого сочетания полученную корреляционную зависимость.

5.2 Установка для испытаний

Конструкция установки для испытаний должна обеспечивать возможность приложения заданных испытательных нагрузок, а также непрерывное измерение и запись значений прикладываемой нагрузки, перемещения индентора или образца и времени во время измерений с повторяемостью и воспроизводимостью не менее ±5 %.

Установка для испытаний должна работать в температурном диапазоне, указанном в 5.4. Конструкция установки для испытаний должна обеспечивать возможность компенсации собственной податливости и использования соответствующей функции площади наконечника индентора.

Испытательная установка должна содержать:

- индентор;
- датчики усилия и глубины индентирования (деформации образца);
- систему нагрева и поддержания температуры на заданном уровне в точке(ах) измерения в течение всего периода измерений.

Нагрев образца может осуществляться снизу с помощью нагревателя, такого как галогенный источник света, который освещает лицевую сторону (стеклянное лицевое покрытие) фотоэлектрического модуля;

- жесткий плоский стол (или раму) для размещения образца и, если необходимо, перемещения точки(ек) измерения к индентору, с размерами, соответствующими размерам образцов.

Установку следует регулярно проверять и калибровать в соответствии с рекомендациями изготовителя установки.

5.3 Отбор и подготовка образцов

Испытания проводят с полноразмерными образцами фотоэлектрических модулей или с замещающими образцами меньшего размера, эквивалентными по конструкции, материалам и технологии изготовления.

Для испытаний отбирают один или несколько образцов, изготовленных по принятой технологии, а также два эталонных образца: один несшитый (неламинированный) и один максимально сшитый.

Образцы должны быть без дефектов или повреждений защитных покрытий, тыльного и лицевого покрытия и материалов-заполнителей.

Специальная подготовка образцов не требуется.

Поверхности образцов следует очистить. Метод индентометрии критичен к состоянию образца. Особое внимание следует уделить чистоте мест измерения.

5.4 Порядок проведения испытаний

1) Образец помещают на стол или раму испытательной установки тыльной стороной к индентору.

Если необходимо, перемещают образец таким образом, чтобы точка измерений находилась строго под наконечником индентора.

Положение образца и индентора должно быть жестко зафиксировано.

2) Нагревают образец до температуры выше температуры плавления неотвержденного материала-заполнителя (до температуры в диапазоне от 85 °С до 95 °С).

Примечание — Если процедура испытания применяется к другим материалам-заполнителям, может потребоваться корректировка диапазона испытательных температур. Оптимальный диапазон температур измерения для определения степени сшивки материалов-заполнителей, отличных от ЭВА, еще не установлен.

3) После стабилизации температуры образца вдавливают индентор в тыльное защитное покрытие, постепенно увеличивая нагрузку до заданного значения. Одновременно непрерывно измеряют значения нагрузки и глубины индентирования, снимая данные нагрузочной части кривой «нагрузка—деформация».

В течение всего времени измерений поддерживают температуру образца на заданном уровне ±1 °С.

Рекомендуемое время стабилизации температуры не менее 45 с. Допускается использовать более короткое время стабилизации, если оно подтверждено для индентирования данного сочетания материала-заполнителя и тыльного покрытия.

Максимальная глубина индентирования — 120 мкм.

Максимальная приложенная нагрузка — около 15 Н.

Измерения следует проводить в точках над фотоэлектрическими элементами на расстоянии не менее 10 мм от края фотоэлектрического элемента. Не допускается проводить измерения в точках между фотоэлектрическими элементами или над коммутационными шинами.

4) Снимают нагрузку, фиксируя данные релаксационной части кривой «нагрузка—деформация».

5) Повторяют этапы *3)* и *4)* во всех необходимых точках индентирования.

Если процесс ламинирования отработан, достаточно измерения в одной точке. Если процесс ламинирования в стадии отработки, измерения проводят в центре образца и над четырьмя угловыми фотоэлектрическими элементами.

6) Если необходимо установить корреляцию между степенью сшивки, определенной с помощью индентирования, и степенью сшивки, определенной по содержанию гель-фракции, для данного сочетания ЭВА и тыльного покрытия, проводят определение степени сшивки по содержанию гель-фракции в соответствии с разделом 6 из того же самого набора образцов (или сделанных в том же процессе).

5.5 *Обработка результатов*

В зависимости от выбранного способа определения G_i по полученной кривой «нагрузка—деформация» определяют одну из характеристик: жесткость, модуль упругости, модуль потерь, тангенс угла механических потерь или анализируют вязкоупругую реакцию образца (включая релаксацию).

Степень сшивки по методу индентометрии G_i определяют из безразмерного соотношения, включающего вязкоупругий отклик образца (например, с использованием модели Максвелла). Или более простым способом, используя значения одной и той же выбранной характеристики (жесткость, модуль упругости, модуль потерь, тангенс угла механических потерь), полученные с помощью индентирования для трех образцов с разной степенью сшивки (испытуемого, несшитого (неламинированного) и максимально сшитого), по формуле

$$G_i = \frac{C_t - C_n}{C_m - C_n}, \qquad (7)$$

где C_t — значение выбранной характеристики для испытуемого образца;

C_m — значение выбранной характеристики для эталонного максимально сшитого образца;

C_n — значение выбранной характеристики для эталонного несшитого образца.

Если корреляция между степенью сшивки, определенной с помощью индентирования, и степенью сшивки, определенной по содержанию гель-фракции, для данного сочетания ЭВА и тыльного покрытия определена ранее, то для точной оценки степени сшивки материала-заполнителя и контроля качества сшивки, используя корреляционную кривую (см. график в 5.6), определяют значение степени сшивки по содержанию гель-фракции и попадает ли это значение в интервал допустимых значений.

Неопределенность измерений оценивают в соответствии с *ГОСТ Р 8.748—2011, раздел 8*.

5.6 *Корреляция степени сшивки, определенной методом индентометрии и по содержанию гель-фракции*

Корреляцию между двумя значениями степени сшивки устанавливают по результатам индентометрии и последующего определения степени сшивки по содержанию гель-фракции. Пример корреляции для ЭВА показан на рисунке 5.

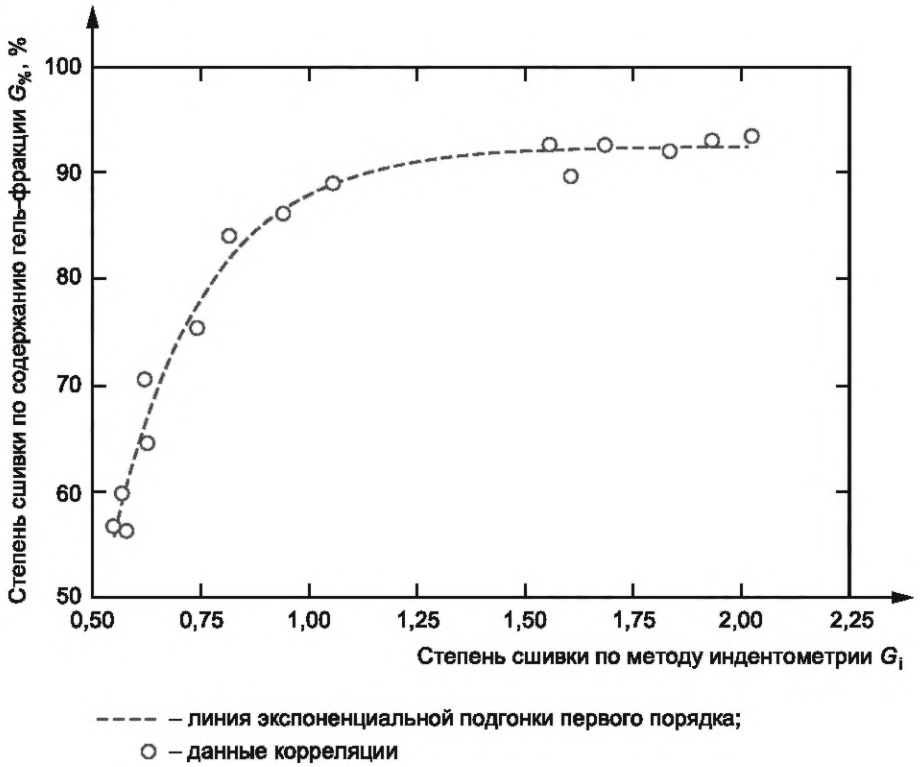


Рисунок 5 — Пример эмпирической корреляции между G_i (индентометрия) и $G_{\%}$ (содержание гель-фракции) для данного сочетания материала-заполнителя и тыльного покрытия

6 Метод определения степени сшивки по содержанию гель-фракции

Испытания проводят аналогично *ГОСТ Р 59112* (*см. также* [*3*], [*4*]).

6.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы

Для проведения испытаний необходимы следующее испытательное оборудование и материалы.

а) Экстрактор Сокслета или аналогичный (например, Кумагавы).

Чтобы предотвратить риск взрыва замкнутой системы, в конденсаторе экстрактора можно использовать точечное отверстие или устройство сброса давления. Дистилляционный тракт экстрактора (содержащий гильзу с образцом) должен быть очищен перед использованием для повышения точности измерения, то есть для удаления ЭВА, сконденсированного в результате предыдущего испытания, или для предотвращения загрязнения другими химическими веществами.

Рекомендуется использовать фторопластовые муфты для всех основных соединений в аппарате, например во избежание случайного растворения смазки.

Примечание — Использование экстракционной системы с замкнутым контуром и гильзы повышает точность измерений по сравнению с системой «колба/обратный холодильник», как в *ГОСТ Р 59112* (*см. также* [*4*]), или с герметичной колбой, как иногда используется в промышленности. Использование экстрактора Сокслета обеспечивает максимальную точность, когда испытание на содержание гель-фракции используют для калибровки методов ДСК. Данная процедура не запрещает использование других устройств или установленных методов, если испытание на содержание гель-фракции используют для других целей, например для дополнительной проверки материала-заполнителя, для контроля процесса изготовления фотоэлектрических модулей или проверки поступающих в массовое производство материалов.

b) Гильза для фиксации образца в дистилляционном тракте.

Рекомендуется использовать стандартную гильзу с толщиной стенок около 1 мм (номинальное удержание частиц 10,0 мкм). Допускается также использовать гильзу из альфа-целлюлозы или стекловолокна. Для целлюлозных гильз рекомендуемый производителем диапазон рабочих температур должен соответствовать процессу экстракции Сокслета (140 °С для ксилолов).

Образец также может быть помещен в мешок из нержавеющей стальной сетки, который размещают внутри гильзы.

c) Электронные аналитические весы с точностью измерения не менее 1 мг.

d) Средства нагрева и сушки.

Для контроля температуры экстрактора следует использовать плоский нагреватель, нагревательный кожух или подобное оборудование. Если используется горячая плита, колба экстрактора может быть помещена в подогреваемый контейнер, содержащий жидкость, например силиконовое или минеральное масло. Для поддержания постоянной температуры в колбе экстрактора и предотвращения выкипания возможно использование мешалки. В качестве альтернативы можно добавить специальный наполнитель в виде шариков или чешуек в колбу экстрактора, чтобы предотвратить выкипание.

В целях безопасности предпочтительно контролировать и регулировать температуру нагревательного устройства как можно ближе к экстрактору. Например, если используется подогреваемый контейнер, температуру следует измерять внутри нагретой жидкости, а не на горячей плите.

В конце испытания ту же горячую плиту можно использовать для сушки образца. В качестве альтернативы для сушки образца можно использовать вентилируемую или вакуумную печь. Точность измерения температуры внутри печи должна быть не менее ±1 °С.

e) Растворитель — **к**силол, смесь изомеров чистотой не менее 98 % по объему и интервалом кипения от 137 °С до 144 °С (CAS 1330-20-7), в которую добавлен антиоксидант в количестве 1 % по объему.

В качестве антиоксиданта может быть применен 2,2-метилен-бис(4-метил-6-трет-бутилфенол) или антиоксиданты на основе 3-(3.5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил) пропионата или их сочетание.

Также для проведения испытаний необходимы ножницы, нож, металлическая линейка, металлический медицинский пинцет без полимерного покрытия и вспомогательные емкости (стеклянные стаканы, воронки).

6.2 Отбор и подготовка образцов

6.2.1 Отбор и хранение

Образцы для испытаний изготавливают из пленки ЭВА одного производителя из одной и той же производственной партии, образцы ЭВА из которой предварительно испытаны с помощью одного из методов ДСК или метода индентометрии.

Все процедуры по подготовке испытуемых образцов и обращению с ними следует проводить в чистых одноразовых перчатках.

При необходимости хранения образцы ЭВА следует упаковать в герметичный пакет с маркировкой.

Образцы следует хранить при комнатной температуре, относительной влажности ниже 50 %, вдали от источников тепла и света.

Рекомендуется убедиться, что результаты основного метода не меняются со временем хранения.

Для сравнения с косвенным методом необходимо использовать минимум два образца из рулона ЭВА.

6.2.2 Подготовка образцов

1) Отжигают гильзу при температуре (110 ± 2,5) °С в течение 2 ч для удаления влаги, затем охлаждают до температуры окружающей среды в эксикаторе для предотвращения поглощения влаги.

2) Фиксируют массу пустой гильзы, m_t.

3) Подготавливают образцы ЭВА номинального размера (1 ± 0,5) г. По возможности образцы должны быть из одного листа материала. Точность измерения зарегистрированной массы образца m_i должна быть в пределах 1 %. Образец можно разрезать на более мелкие части для помещения в гильзу или предотвращения его разбухания и утечки из гильзы в процессе экстракции.

Примечание — Один грамм листа ЭВА толщиной 0,45 мм будет иметь размер примерно 4,7 × 4,7 см.

6.3 Условия испытаний

Испытания рекомендуется проводить в лабораторных условиях при температуре (25 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 5) % (в соответствии с *ГОСТ 12423*).

6.4 Порядок проведения испытаний

Перед снятием каждой характеристики следует заменять растворитель, чтобы обеспечить точные результаты.

Ксилол является вредным и горючим растворителем, который может абсорбироваться через кожный покров, поэтому с ним необходимо обращаться с особой осторожностью. Следует обратить внимание на соответствующие регламенты, связанный с ними допустимый предел воздействия и точно следовать указанным требованиям. Испытания проводят в вытяжном шкафу. До испытаний необходимо проверить эффективность вытяжки. Испытания проводят только в соответствующих средствах индивидуальной защиты (маске, перчатках, рабочей одежде). Нельзя вдыхать пары. Вдыхание паров может вызвать головокружение и/или головную боль. В случае вдыхания паров ксилола необходимо выйти на свежий чистый воздух.

1) Образец помещают в гильзу с помощью специального инструмента, а затем помещают гильзу в дистилляционный тракт экстрактора.

2) Заполняют колбу экстрактора ксилолом в количестве, как минимум в четыре-пять раз превышающем номинальный объем камеры экстрактора, и соединяют ее с экстрактором. Объем растворителя в колбе должен составлять от 1/3 до 2/3 номинального объема колбы.

Соотношение объема колбы и мощности нагрева должно быть подобрано таким образом, чтобы скорость экстракции была не менее 15 циклов в час.

3) Выдерживают экстрактор при температуре испытания не менее 8 ч. Для образцов с ожидаемым содержанием геля ниже 70 % рекомендуется минимальное время испытания 12 ч.

4) Извлекают гильзу с образцом из экстрактора и помещают ее во вспомогательную емкость, например в воронку или химический стакан.

5) Помещают вспомогательную емкость в/на нагревательный прибор, поддерживаемый при температуре (115 ± 2,5) °С.

6) Сушат вспомогательную емкость (с образцом и гильзой) до постоянного веса при температуре сушки не менее 4 ч.

7) Извлекают гильзу и образец из вспомогательной емкости, охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры и фиксируют их общую конечную массу.

Рекомендуется убедиться, что результаты не меняются со временем, т. е. экстракция, выполненная на этапе *3)*, и сушка, выполненная на этапе *6)*, завершены.

6.5 Обработка результатов

Содержание гель-фракции рассчитывают по формуле

$$G_{\%} = \frac{m_f - m_t}{m_i} 100, \quad (8)$$

где $G_{\%}$ — содержание гель-фракции, %;

m_f — конечная совокупная масса гильзы и образца после сушки, г;

m_t — исходная масса гильзы перед экстракцией, г;

m_i — начальная масса образца перед экстракцией.

7 Протокол испытаний

Протокол испытаний оформляется испытательной лабораторией, проводившей испытания, в соответствии с *ГОСТ ISO/IEC 17025*. Протокол испытаний должен содержать, как минимум, следующие данные:

a) наименование документа;

b) наименование и адрес испытательной лаборатории, и указание места, где были проведены испытания;

c) уникальную идентификацию протокола и каждой страницы;

d) наименование и адрес заказчика, когда это необходимо;

e) количество отобранных образцов и описание процедуры отбора образцов, когда это необходимо;

f) описание и идентификацию испытуемых образцов, включая размер образцов;

g) дату получения испытанных образцов и дату(ы) испытания, когда это необходимо;

h) идентификацию использованного метода испытаний и использованного испытательного оборудования;

i) описание всех отклонений, дополнений или исключений в процедурах проведения испытаний, а также любую иную информацию, характеризующую конкретное испытание, например условия окружающей среды, состав газа и скорость потока в печи;

j) данные измерений, расчеты и полученные результаты каждого испытанного образца, сопровождаемые необходимыми таблицами, графиками, рисунками и фотографиями, включая, в зависимости от метода испытаний, степень сшивки, массу образца, измеренную энтальпию, графики данных энтальпии/температуры, графики пиков кристаллизации и содержание гель-фракции;

k) оценку неопределенности (погрешности) результатов испытаний (когда это необходимо);

l) должность и подпись либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание протокола испытаний, а также дату его подписания/составления;

m) положение о том, что полученные результаты относятся только к испытанным образцам, когда это необходимо;

n) положение о том, что для сохранения сертификата соответствия изготовитель должен сообщать и согласовывать с испытательной лабораторией и сертифицирующей организацией все проводимые им изменения;

o) положение о том, что данный протокол испытаний не может быть воспроизведен иначе как полностью без письменного разрешения опубликовавшей его лаборатории.

Изготовитель должен хранить копию протокола испытаний в качестве справочного материала.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008)	MOD	ISO 291:2008 «Пластмассы. Стандартные атмосферы для кондиционирования и испытания»
ГОСТ ISO/IEC 17025—2019	IDT	ISO/IEC 17025:2017 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»
ГОСТ Р 8.748—2011 (ИСО 14577-1:2002)	MOD	ISO 14577-1:2002 «Материалы металлические. Определение твердости и других характеристик материалов инструментальным методом вдавливания. Часть 1. Метод определения»
ГОСТ Р 55134—2012 (ИСО 11357-1:2009)	MOD	ISO 11357-1:2009 «Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC). Часть 1. Общие принципы»
ГОСТ Р 56801—2015 (ИСО 6721-1:2011)	MOD	ISO 6721-1:2011 «Пластмассы. Определение динамических механических свойств. Часть 1. Общие принципы»
ГОСТ Р 56980.1—2022 (МЭК 61215-1:2021)	MOD	IEC 61215-1:2021 «Модули фотоэлектрические наземные. Оценка соответствия техническим требованиям. Часть 1. Требования к испытаниям»
ГОСТ Р 59112—2020 (ИСО 10147:2011)	MOD	ISO 10147:2011 «Трубы и фитинги из сетчатого полиэтилена (PE-X). Оценка степени образования поперечных связей по содержанию геля»

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

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта МЭК 62788-1-6:2020
1 Область применения	1 Область применения
2 Нормативные ссылки	2 Нормативные ссылки
3 Общие положения (раздел 4, 6.1, 8.1)	3 Термины и определения
4 Методы дифференциальной сканирующей калориметрии (раздел 5)	4 Общие положения
4.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы (5.1)	5 Методы дифференциальной сканирующей калориметрии
4.2 Отбор и подготовка образцов (5.2)	5.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы
4.3 Условия испытаний (5.3)	5.2 Отбор и подготовка образцов
4.4 Порядок проведения испытаний (5.4)	5.3 Условия испытаний
4.5 Обработка результатов (5.5, 5.6)	5.4 Порядок проведения испытаний
5 Метод индентометрии (раздел 8)	5.5 Обработка результатов
5.1 Общие положения (8.1, 8.2)	5.6 Неопределенность измерений
5.2 Установка для испытаний (8.3)	6 Метод определения степени сшивки по содержанию гель-фракции
5.3 Отбор и подготовка образцов (8.6)	6.1 Принцип метода
5.4 Порядок проведения испытаний (8.7)	6.2 Испытательное оборудование, инструменты и материалы
5.5 Обработка результатов (8.1)	6.3 Отбор и подготовка образцов
5.6 Корреляция степени сшивки, определенной методом индентометрии и по содержанию гель-фракции (8.5)	6.4 Условия испытаний
6 Метод определения степени сшивки по содержанию гель-фракции	6.5 Порядок проведения испытаний
6.1 Испытательное оборудование, инструменты и материалы (6.2)	6.6 Обработка результатов
6.2 Отбор и подготовка образцов (6.3)	7 Протокол испытаний
6.3 Условия испытаний (6.4)	8 Метод индентометрии
6.4 Порядок проведения испытаний (6.5)	8.1 Общие положения
6.5 Обработка результатов (6.6)	8.2 Принцип метода
7 Протокол испытаний	8.3 Установка для испытаний
Приложение ДА Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте	8.4 Калибровка прибора

Окончание таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта МЭК 62788-1-6:2020
Приложение ДБ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта	8.5 Корреляция степени сшивки
Библиография	8.6 Отбор и подготовка образцов
	8.7 Порядок проведения испытаний
	Приложение А Возможности использования различных прямых и косвенных методов измерения
	Библиография
Примечание — После заголовков разделов (подразделов) настоящего стандарта приведены в скобках номера аналогичных им разделов (подразделов, пунктов) международного стандарта.	

Библиография

[1] ИСО 11357-2:2020 Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 2. Определение температуры стеклования и высоты ступени стеклования (Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC) — Part 2: Determination of glass transition temperature and glass transition step height)

[2] ИСО 11357-3:2018 Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 3. Определение температуры и энтальпии плавления и кристаллизации (Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC) — Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization)

[3] *ИСО 6427:2013* *Пластмассы. Определение веществ, экстрагируемых органическими растворителями (общепринятые методы) [Plastics — Determination of matter extractable by organic solvents (conventional methods)]*

[4] *ASTM D2765-11* *Стандартные методы испытаний для определения содержания гель-фракции и коэффициента набухания сшитых этиленовых пластмасс (Standard test methods for determination of gel content and swell ratio of crosslinked ethylene plastics)*

[5] *ISO 14577-1:2015* *Материалы металлические. Определение твердости и других параметров материалов инструментальным методом вдавливания. Часть 1. Метод определения (Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 1: Test method)*

[6] *ISO 6721-1:2019* *Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении. Часть 1. Общие принципы (Plastics — Determination of dynamic mechanical properties — Part 1: General principles)*

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160

Ключевые слова: фотоэлектрические модули, свойства материалов, материалы-заполнители, этиленвинилацетат, степень сшивки, сшиваемые сополимеры этиленового ряда

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 19.10.2022. Подписано в печать 07.11.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru