ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56773— 2015

КОМПОЗИТЫ

Метод ускоренных испытаний на старение электрохромных покрытий герметичных стеклопакетов

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» совместно с Открытым акционерным обществом «НПО Стеклопластик» и Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» на основе аутентичного перевода на русский язык указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен ТК 497

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2015 г. № 1996-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту ASTM E2141—12 «Стандартный метод испытаний для проведения оценки ресурса светопоглощающих электрохромных покрытий на клееных стеклопакетах строительного назначения» (ASTM E2141—12 «Standard Test Methods for Assessing the Durability of Absorptive Electrochromic Coatings on Sealed Insulating Glass Units») путем изменения содержания отдельных структурных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях этого текста, а также невключения отдельных структурных элементов, ссылок и/или дополнительных элементов.

Оригинальный текст невключенных структурных элементов стандарта ASTM приведен в дополнительном приложении ДА.

Оригинальный текст измененных структурных элементов примененного стандарта ASTM приведен в дополнительном приложении ДБ. Отдельные структурные элементы изменены в целях соблюдения норм русского языка и технического стиля изложения, а также в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.5.

Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой указанного стандарта ASTM приведено в дополнительном приложении ДВ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ

Метод ускоренных испытаний на старение электрохромных покрытий герметичных стеклопакетов

Composites. Method of accelerated ageining tests of absorptive electrochromic coatings on sealed insulating glass units

Дата введения — 2017—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на композиты, представляющие собой герметичные стеклопакеты с многослойными электрохромными покрытиями, состоящие из одного или более электрохромных слоев, помещенных между прозрачными проводящими оксидными слоями, и устанавливает метод ускоренных испытаний на старение электрохромных покрытий.

Настоящий стандарт не распространяется на стеклопакеты с фотохромными или термохромными покрытиями, а также с электрохромными покрытиями, в конструкции которых надслой или подложка выполнены из материалов, отличных от стекла.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **ускоренное испытание на старение** (accelerated aging test): Испытание на старение, при котором скорость ухудшения свойств составных частей изделия увеличивают по сравнению со скоростью старения в фактических условиях эксплуатации.

2.2 **бесцветное состояние** (bleached state): Признак электрохромного покрытия, когда в его электрохромном слое уже отсутствуют ионы или по факту вывода ионов (или ввода — в зависимости от типа материала) из электрохромного(ых) слоя(ев), а также в соответствующих случаях — это максимальное количество ионов, которые возвращают в слой противоэлектрода для восстановления фотопического пропускания в бесцветном состоянии, исходя из того состояния, которое имеет покрытие с установленным цветом согласно фотопическому оптическому пропусканию.

2.3 **состояние с установленным цветом** (colored state): Признак электрохромного покрытия после ввода ионов (или их вывода — в зависимости от типа материала) в слой электрохромного покрытия, а также в соответствующих случаях, если они выводятся с поверхности слоя противоэлектрода в целях снижения фотопического оптического коэффициента пропускания (при длинах световых волн от 400 до 730 нм) по сравнению с тем коэффициентом, который имеет покрытие в бесцветном состоянии.

2.4 **долговечность** (durability): Способность изделия сохранять эксплуатационную пригодность в течение установленного срока.

2.5 **электрохромное покрытие** (electrochromic coating); ЭХП: Многослойный материал, в состав которого входят электрохромные слои, прочие слои, а также прозрачные светопропускающие оксидные пленки, которые необходимы для изменения оптических свойств покрытия.

2.6 **электрохромный слой** (electrochromic layer): Материал в ЭХП, который позволяет изменять его оптические свойства под действием ввода или вывода ионов Li^+ или H^+.

2.7 **электрохромное остекление** (electrochromic glazing): Изделие с ЭХП, которое состоит из нескольких электрохромных слоев, прочих слоев, а также одного или нескольких слоев стекла, которые могут изменять свои оптические свойства под действием изменения напряженности электрического поля.

Примечание — Под оптическими свойствами стекла в настоящем стандарте понимают коэффициент пропускания, коэффициент отражения и коэффициент поглощения.

Издание официальное

2.8 **эксплуатационные параметры** (performance parameters): Параметры, применяемые для оценки эксплуатационных свойств стеклопакетов с электрохромным покрытием в определенный момент времени.

Примечание — К числу эксплуатационных параметров стеклопакетов с электрохромным покрытием относят:

- фотопический коэффициент пропускания $K_Ф$ (желательно не менее 5), являющийся отношением оптической пропускной способности стеклопакета в бесцветном состоянии (τ_b) к оптической пропускной способности стеклопакета в состоянии с установленным цветом (τ_c). Например, τ_b = (60…70) % и τ_c = (12…14) %;
- время перевода в бесцветное состояние и в состояние с установленным цветом (желательно равное нескольким минутам);
- перевод электрохромного покрытия в стеклопакете из бесцветного состояния в состояние с установленным цветом и обратно при подаче напряжения примерно от 1 до 3 В;
- наличие памяти схемы, позволяющей в течении несколько часов (желательно от 6 до 24 ч) даже без наличия обратной связи осуществлять на основании заранее заложенных данных перевод электрохромного покрытия в стеклопакете из бесцветного состояния в состояние с установленным цветом и обратно.

2.9 **эксплуатационная пригодность** (serviceability): Способность изделия выполнять свою функцию.

2.10 **эффективность придания цвета:** Изменение оптической плотности на единицу заряда, который предусмотрен в материале электрохромного покрытия.

3 Сущность метода

Образцы, на которые воздействуют излучением, имитирующим солнечное, подвергают при заданной температуре и влажности циклическому изменению состояния их электрохромного покрытия (далее —-ЭХП) с бесцветного на состояние с установленным цветом и обратно, фиксируя при этом ухудшение свойств образцов.

4 Оборудование

4.1 Блок ускоренного испытания (см. рис. 1), в состав которого входят четыре ксеноновые газоразрядные лампы и термошкаф.

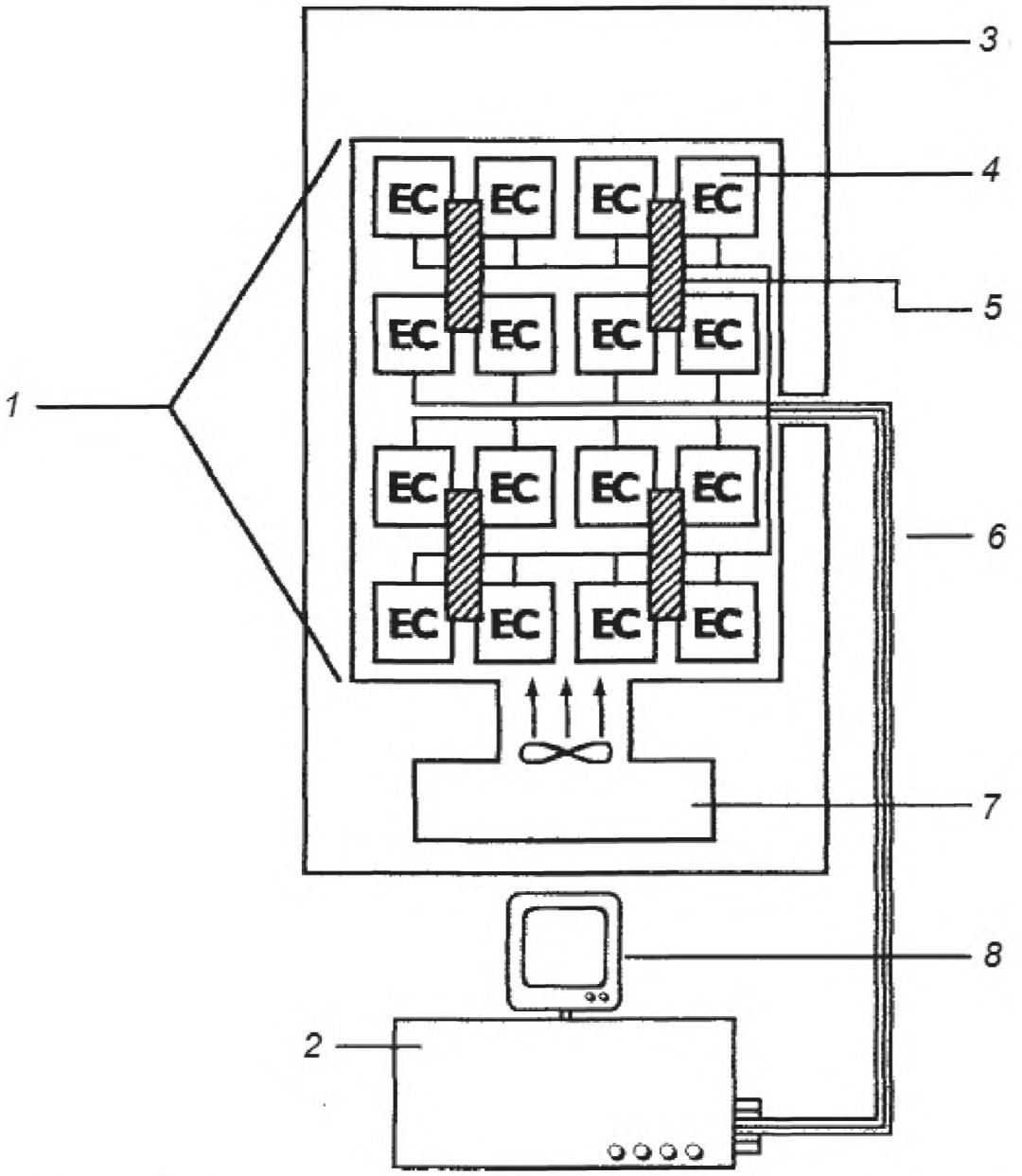
4.1.1 Ксеноновые газоразрядные лампы общей мощностью 6500 Вт, диапазоном излучения от 300 до 900 нм должны быть снабжены фильтрами с функцией поглощения инфракрасного излучения.

4.1.2 Термошкаф, оборудованный системой принудительного воздушного нагрева/охлаждения и системой регулировки влажности, должен обеспечивать заданную температуру испытания стеклопакетов с ЭХП.

Конструкция термошкафа должна обеспечивать испытания образцов заданного размера, а также возможность подключения спектрофотометра с фотодиодной матрицей (см. 4.3) при испытании в блоке ускоренного испытания.

Система воздушного нагрева/охлаждения должна поддерживать температуру в диапазоне от минус 40 °С до плюс 95 °С.

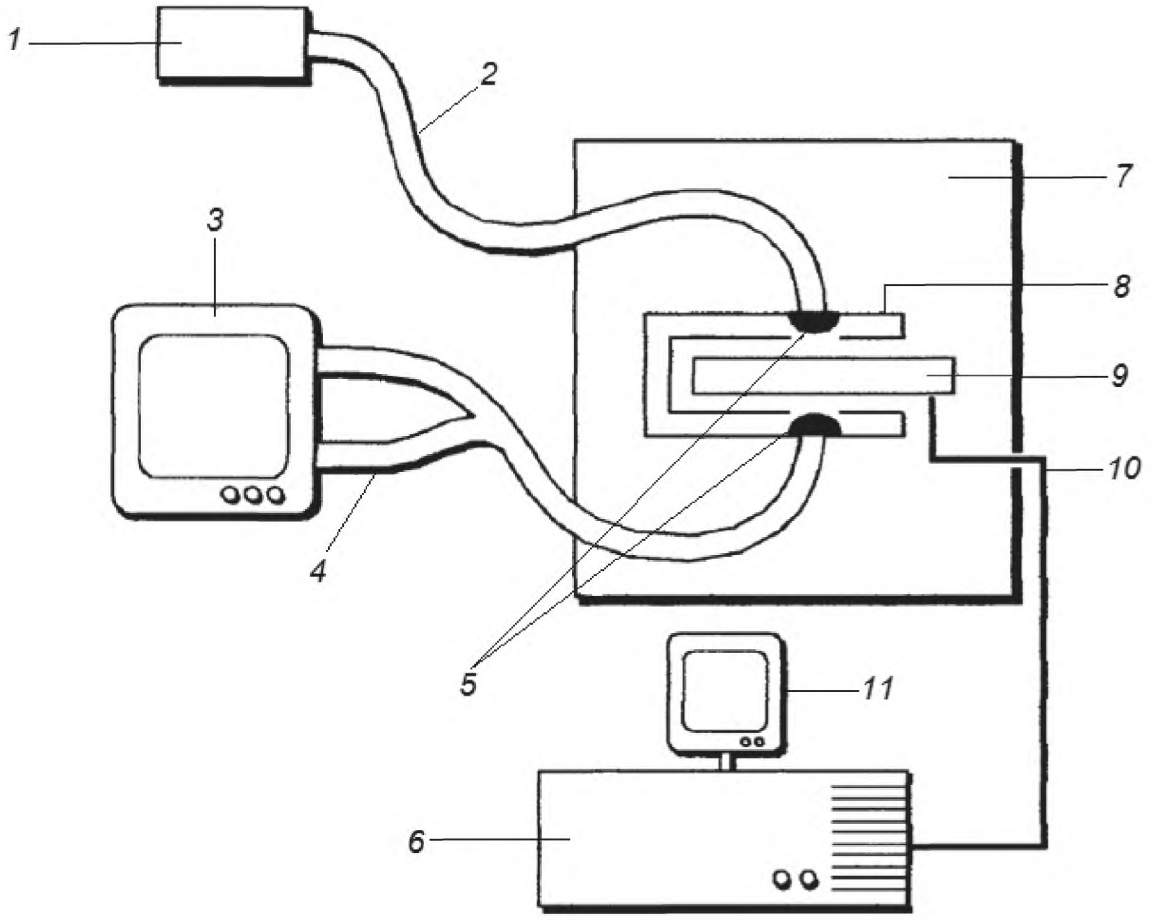
Система регулировки влажности должна поддерживать относительную влажность в диапазоне от 5 % до 95 %.



1 — плоскость испытания размером 1220 × 1830 мм; *2* — многоканальная цифровая автоматизированная система управления и сбора данных; *3* — корпус блока ускоренных испытаний; *4* — стекла с ЭХП; *5* — ксеноновые газоразрядные лампы; *6* — электрические выводы и кабели термопар; *7* — система принудительного воздушного отопления/охлаждения; *8* — компьютер

Рисунок 1 — Схема оборудования для проведения ускоренного испытания на старение (вид сверху)

4.2 Блок циклического изменения напряжения, обеспечивающий изменение состояния ЭХП с бесцветного состояния до состояния с установленным цветом и обратно (см. рис. 2).



1 — лампа накаливания (с вольфрамовой нитью); *2* — оптоволоконный кабель; *3* — спектрофотометр с фотодиодной матрицей, подключенный к компьютеру; *4* — кабель-разветвитель оптоволоконный; *5* — коллимирующая линза; *6* — многоканальная цифровая автоматизированная система управления и сбора данных; *7* — термошкаф; *8* — держатель образца; *9* — стекло с ЭХП; *10* — электрические выводы и кабели термопар; *11* — компьютер

Рисунок 2 — Схема оборудования для измерения спектров излучений диапазона от 300 до 1100 нм

Примечание — Измерения проводят для определения коэффициента фотопического пропускания, а также фиксации данных деструкции после испытаний при циклическом воздействии в блоке ускоренного испытания.

4.3 Спектрофотометр с фотодиодной матрицей, подключенный к компьютеру, обеспечивающий получение данных оптической пропускающей способности в бесцветном состоянии, в состоянии с установленным цветом, а также измерение скорости наполнения цветом и снятия цветности.

4.4 Лампа накаливания (с вольфрамовой нитью). Спектр света лампы накаливания должен соответствовать оптоволоконному освещению спектрофотометра с фотодиодной матрицей (см. 4.3).

4.5 Цифровой фотоаппарат.

4.6 Видеокамера и видеозаписывающее устройство.

4.7 Калиброванные термопары, обеспечивающие измерение с точностью ± 0,1 °С и суммарную погрешность показаний не более 0,3 °С.

4.8 Электрические выводы от блока циклического изменения напряжения (см. 4.2) на все стеклопакеты с ЭХП при испытании в блоке ускоренного испытания (см. 4.1).

5 Подготовка к проведению испытаний

5.1 Для испытаний используют образцы размерами не менее 250 × 250 мм, в количестве, установленном в нормативном документе или технической документации на изделие. При отсутствии таких указаний испытывают произвольное количество образцов, но не менее шести.

Примечание — Рекомендуется на испытания представлять не менее 10 образцов из одной партии, для использования образцов, не подвергаемых ускоренному старению, в качестве контрольных образцов для проведения сравнительной оценки.

5.2 Проводят визуальный осмотр образцов, делают фотографии всех явных дефектов или отклонений образцов в состоянии с установленным цветом или в бесцветном состоянии.

6 Проведение испытаний

6.1 Испытания проводят при температуре, которая соответствует температуре ЭХП в состоянии с установленным цветом (от 70 °С до 105 °С) и относительной влажности от 5 % до 20 %.

6.2 Измерение оптической пропускающей способности

6.2.1 Оптическую пропускающую способность образцов измеряют по схеме, приведенной на рис. 2.

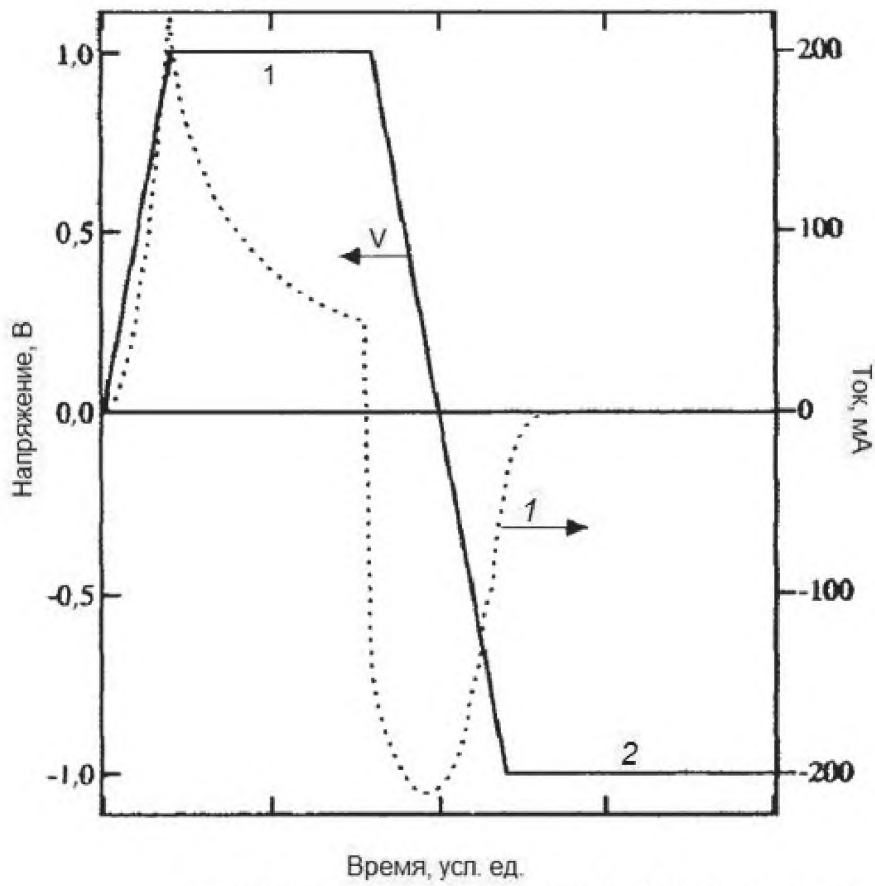
6.2.2 Прокладывают оптоволоконные кабели от лампы накаливания (см. 4.4) к образцу и от образца к спектрометру с фотодиодной матрицей (см. 4.3), который подключен к компьютеру. Оптоволоконные кабели обвязывают оптически и центрируют с узлами коллимирующих линз.

6.2.3 Устанавливают образцы в держатель в термошкаф. Подключают к образцам блок циклического изменения напряжения. Закрепляют на поверхности образцов термопары.

6.2.4 Устанавливают в термошкафу температуру (22 ± 1) °С.

6.2.5 Подают на образец напряжение, установленное в нормативном документе или технической документации на изделие (обычно не более 3 В).

Для уменьшения деструкции ЭХП, вызванной всплесками напряжения, которые возникают в начале изменения состояния, допускается применение трапецеидально меняющейся разности потенциалов (с линейным приростом — 0,05 В/с) вместо квазисинусоидального напряжения. Типовой график зависимости напряжения-тока от времени приведен на рис. 3.

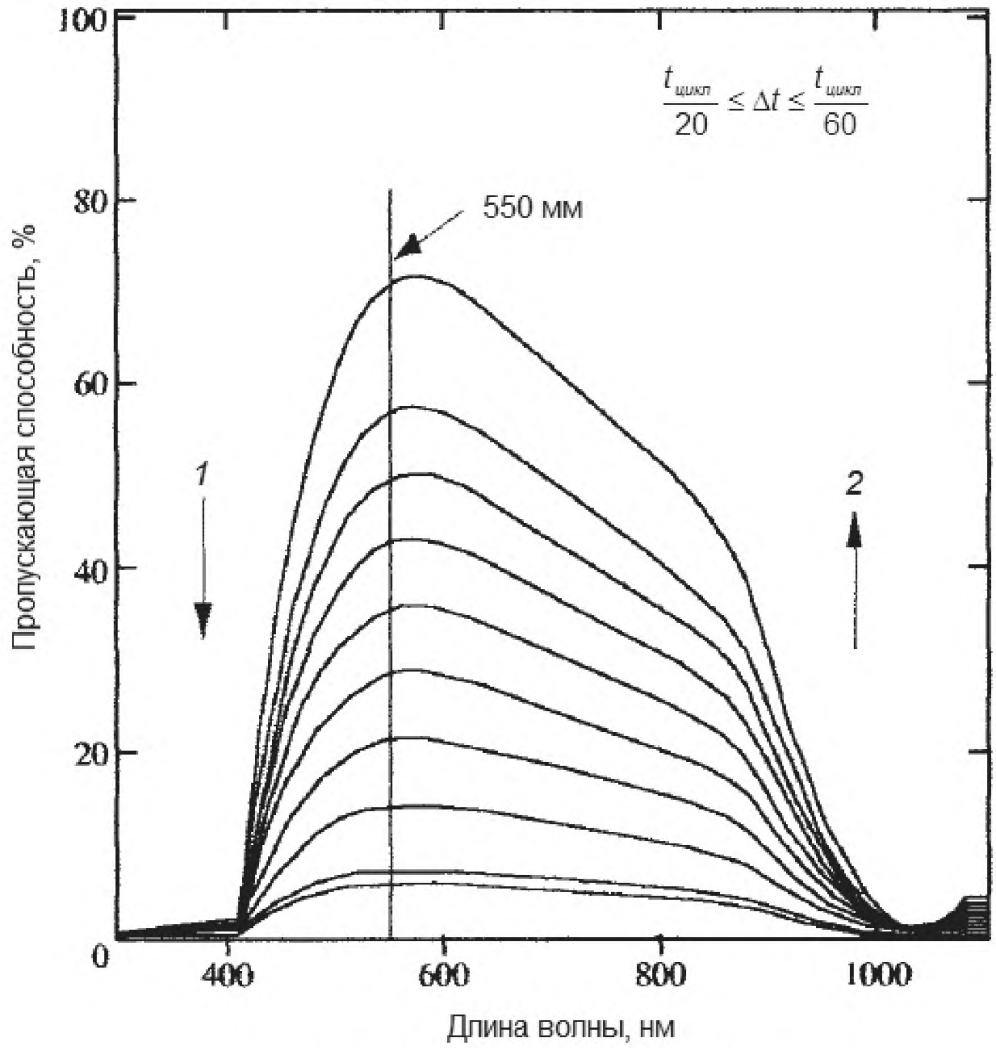


1 — состояние с установленным цветом; *2* — бесцветное состояние;
V — напряжение; *I* — ток

Рисунок 3

6.2.6 Измеряют оптическую пропускающую способность через каждую секунду в интервале от $t_{цикл}/20$ до $t_{цикл}/60$, где $t_{цикл}$ — время изменения состояния с бесцветного до состояния с установленным цветом и обратно.

Типовые спектры пропускания в зависимости от длины световой волны, регистрируемые за время $t_{цикл}$, приведены на рис. 4.



1 — состояние с установленным цветом; *2* — бесцветное состояние

Рисунок 4 — Спектры пропускания в течение набора цвета и снятия цвета в интервале от $t_{цикл}/20$ до $t_{цикл}/60$

6.2.7 Длительность периода набора и снятия цвета устанавливают таким образом, чтобы изначально получить фотопический коэффициент пропускания $K_Ф = 5$ при длине волны $\lambda = 550$ нм.

6.3 Метод ускоренного испытания на старение

6.3.1 Испытания проводят в блоке ускоренного испытания (см. рисунок 1).

6.3.2 Образцы помещают в блок ускоренного испытания таким образом, чтобы плотность потока, создаваемого ксеноновыми газоразрядными лампами на поверхности образцов, была равна 1000 Вт/м^2.

6.3.3 Закрепляют на поверхности образцов термопары, а также подключают блок циклического изменения напряжения.

6.3.4 ЭХП образца переводят в бесцветное состояние.

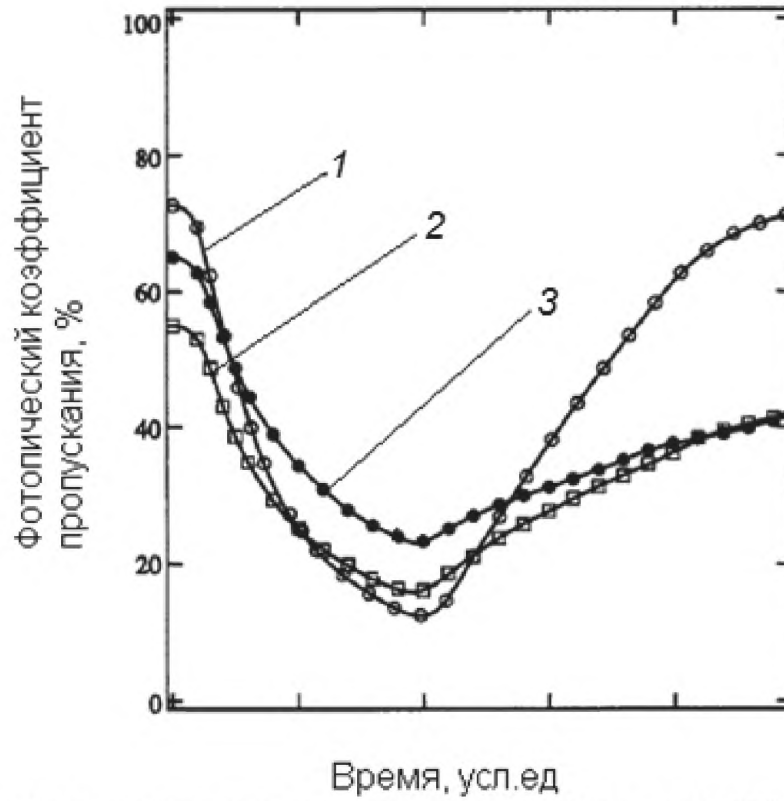
6.3.5 Включают ксеноновые газоразрядные лампы. Устанавливают и поддерживают в течение всего испытания заданную температуру и влажность в термошкафу. После достижения образцом заданной температуры начинают циклическое изменение состояния ЭХП. Длительность периода набора и снятия цвета устанавливают в соответствии с 6.2.7.

6.3.6 В течение первой половины цикла $0,5t_{цикл}$ к образцу подводят напряжение для перевода в состояние с установленным цветом, в течение второй половины цикла $0,5t_{цикл}$ к образцу подводят напряжение для перевода в бесцветное состояние. Значение напряжения устанавливают в нормативном документе или технической документации на изделие.

6.3.7 После (6000 ± 2000) циклов останавливают испытания, охлаждают образцы и проводят измерение оптической пропускающей способности (см. 6.1), фиксируют изменение оптико-электрических свойств ЭХП. Строят график зависимости фотопического коэффициента пропускания от времени (см. рис. 5). Проводят визуальный осмотр образцов и фиксируют повреждения ЭХП.

6.3.8 Повторно устанавливают образцы в блок ускоренного испытания, повторяют процедуры по 6.3.2 — 6.3.6. Проводят от 4000 до 10000 циклических изменений состояния ЭХП. Останавливают испытания, охлаждают образцы и проводят измерение оптической пропускающей способности. Строят график зависимости фотопического коэффициента пропускания от времени.

6.3.9 Повторяют процедуры по 6.3.8, пока не будет проведено 50000 циклических изменений состояния ЭХП и не менее 5000 ч воздействия условий испытания или пока значение фотопического коэффициента пропускания не будет меньше четырех при измерении оптической пропускающей способности по 6.1, в зависимости от того, что произойдет раньше. Фиксируют изменение оптико-электрических свойств ЭХП. Проводят визуальный осмотр образцов и фиксируют повреждения ЭХП.



1 — состояние до ускоренного испытания на старение; *2* — состояние после 5000 циклов; *3* — состояние после 10000 циклов

Рисунок 5 — График зависимости фотопической пропускной способности от времени

6.3.10 Образец считают не прошедшим испытания, если значение фотопического коэффициента пропускания менее четырех, при этом длительность воздействия составляет не менее 5000 ч, но не было проведено 50000 циклов изменения состояния ЭХП или если коэффициент пропускания в бесцветном состоянии стал менее 50 % от изначально измеренного.

Примечание — В некоторых случаях из-за старения образца при испытании время перевода в состояние с установленным цветом и в бесцветное состояние увеличивается. При жестком соблюдении времени перевода можно в итоге получить $K_Ф$ менее 4, однако устройство может оставаться пригодным для сохранения энергии в зданиях. Прежде чем забраковать образец, необходимо увеличить время перевода в состояние с установленным цветом и в бесцветное состояние до получаса или до того времени, которое требуется для того, чтобы коэффициент пропускной способности изменился до значения, отличающегося не более чем на 0,4 % от пропускной способности в минуту в состоянии с установленным цветом или в бесцветном состоянии соответственно, в зависимости от того, какое состояние наступает за меньший период времени. Если $K_Ф$ опять примет значение не более четырех, то элемент считают не удовлетворяющим эксплуатационным характеристикам.

6.3.11 После окончания ускоренных испытаний на старение проводят осмотр образцов, фиксируют на фотоаппарат все признаки визуально заметных случаев ухудшения свойств.

Образцы, прошедшие испытания, монтируют рядом с контрольным образцом из той же партии, но не подвергавшимся старению. При комнатной температуре проводят пять циклов изменения состояния ЭХП и фиксируют с помощью видеокамеры изменение характеристик ЭХП.

7 Обработка результатов

7.1 Изменение эффективности придания цвета $\Delta\eta$ вычисляют по формуле

$$\Delta\eta(t) = \frac{\log\left(\frac{\tau_b}{\tau_c}\right)}{\int_0^{t_c} i(t)dt}, \quad (1)$$

где t — период времени измерения, с;

τ_b — оптическая пропускная способность в бесцветном состоянии, %;

τ_c — оптическая пропускная способность в состоянии с установленным цветом, %;

t_c — время перевода ЭХП в состояние с установленным цветом, с;

i — ток, обусловленный ионной проводимостью, А.

7.2 Фотопический коэффициент пропускания $K_Ф$ вычисляют по формуле

$$K_Ф = \frac{\tau_b}{\tau_c}, \quad (2)$$

где τ_b — оптическая пропускная способность в бесцветном состоянии, %;

τ_c — оптическая пропускная способность в состоянии с установленным цветом, %.

Оптическую пропускную способность в бесцветном состоянии τ_b, %, вычисляют по формуле

$$\tau_b(p) = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \tau_b(\lambda) I_p(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} I_p(\lambda) d\lambda}, \quad (3)$$

где λ_{max} — длина волны, равная 730 нм;

λ_{min} — длина волны, равная 400 нм;

$\tau_b(\lambda)$ — оптическая пропускная способность в бесцветном состоянии при любой длине волны;

$I_p(\lambda)$ — функция интенсивности свечения.

Оптическую пропускную способность в состоянии с установленным цветом τ_c, %, вычисляют по формуле

$$\tau_c(p) = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \tau_c(\lambda) I_p(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} I_p(\lambda) d\lambda}, \quad (4)$$

где λ_{max} — длина волны, равная 730 нм;

λ_{min} — длина волны, равная 400 нм;

$\tau_c(\lambda)$ — оптическая пропускная способность в состоянии с установленным цветом при любой

длине волны;

$I_p(\lambda)$ — функция интенсивности свечения.

7.3 Пример зависимости фотопического коэффициенты пропускания от количества циклов изменения состояния ЭХП представлен на рис. 6.

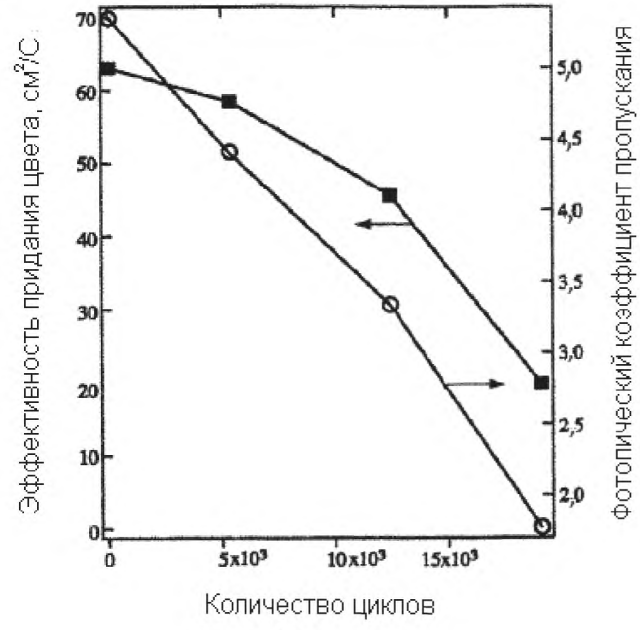


Рисунок 6

8 Протокол испытаний

Результаты испытаний оформляют в виде протокола, который должен содержать:

- ссылку на настоящий стандарт;
- описание испытуемого образца;
- условия проведения ускоренных испытаний;
- количество циклов изменения состояния ЭХП до момента разрушения ЭХП;
- количество часов, прошедших до момента разрушения ЭХП;
- информацию о заметном визуальном ухудшении свойств образца. Информацию приводят отдельно для состояния с установленным цветом и бесцветного состояния;
- информацию об ухудшении свойств образца, зафиксированную на фотографиях. Информацию приводят отдельно для состояния с установленным цветом и бесцветного состояния;
- информацию об ухудшении свойств образца, зафиксированную с помощью видеоматериалов. Информацию приводят отдельно для состояния с установленным цветом и бесцветного состояния;
- изменение в эффективности придания цвета;
- фотопический коэффициент пропускания (указывают значения до ускоренного испытания на старение, промежуточные и конечные значения);
- графики линейно возрастающих характеристик напряжения (см. рисунок 3);
- изменение пропускающей способности (см. рисунок 4);
- дату проведения испытаний;
- подписи должностных лиц, проводивших испытания.

Примечание — К протоколу прикладывают фотовидеоматериалы по сравнению каждого испытанного образца с контрольным образцом, не подвергавшимся испытаниям.

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов

ДА.1 **2. Ссылочная документация**

2.1 *Стандарты ASTM:*

C168 Термоизоляция. Термины;

C1199 Методика испытаний для определения коэффициента теплового пропускания в установленном режиме, применяемого для размещения систем светопроемов, при помощи методики теплоизолированных камер;

E122 Практические рекомендации для определения объема выборки для проведения оценки с установленной точностью, средним арифметическим значением для характеристики партии или технологического процесса;

E631 Строительство зданий. Термины;

E892 Таблицы, используемые для определения спектральной плотности потока солнечного излучения при массе воздуха в наземных условиях, равной 1,5, для наклонных поверхностей с углом 37°;

E903 Методика определения поглощения солнечного излучения, отражающей способности, а также коэффициента пропускания материалов с использованием фотометрических шаров;

E1423 Практические указания для определения коэффициента теплового пропускания в установившемся режиме, применяемого для размещения систем светопроемов;

gost.e-ecolog.ru

G113 Испытания на воздействие естественных и антропогенных атмосферных условий на неметаллы. Термины.

2.2 *Стандарты Канады:*

CAN/CGSB 12.8. Стеклопакеты.

ДА.2 **5. Вводная информация**

5.1 Долговечность (ресурс) — требование первостепенной важности, которое предъявляют к изделиям, имеющим ЭХП, используемым в оболочке здания. При подборе материалов, конструкции устройства, а также остеклений для любого случая их применения способность покрытий остекления сохранять свои характеристики с течением времени является признаком долговечности такого остекления. Назначением данной стандартной методики испытаний является определение ресурса ЭХП.

5.2 Остекление с использованием ЭХ материала обеспечивает ряд важных функций в любой оболочке здания, в т.ч.: сведение к минимуму тепловыделения от энергии солнечного света; возможность приращения энергии солнечного света пассивного типа; регулирование освещенности, подстройка под внешние условия среды эксплуатации; создание более комфортных условий для человека (тепловыделение), формирование безопасности, вентиляции, освещения, а также регулирование блескости; возможность свободы архитектурного решения и (вероятность) повышения акустики помещения. Некоторые из указанных функций могут со временем терять свои эксплуатационные характеристики. Поступление солнечного тепла через ЭХ остекление снижается по причине двух основных моментов. Энергия из видимого диапазона спектра поглощается остеклением из ЭХ материала, которое имеет определенный установленный цвет. Кроме того, инфракрасное излучение либо поглощается материалами ЭХ остекления, либо отражается прозрачными проводящими оксидными пленками, используемыми для придания определенного цвета или его потенциального снятия через прочие слои в установленном ЭХП на остеклении.

5.3 Существует возможность, однако трудно спрогнозировать эксплуатационные параметры ЭХП на остеклении в зависимости от времени, на основе результатов ускоренных испытаний, по тем причинам, которые указаны далее. Пользователи данного документа должны быть осведомлены о подобных ограничениях во время проверки опубликованных результатов эксплуатационных испытаний, а также об их связи с долговечностью (ресурсом).

5.3.1 Механизмы, связанные с ухудшением свойств материалов ЭХП или остеклений, или как первого, так и второго, являются сложными. И тем не менее, в некоторых случаях подобные механизмы могут быть установлены и количественно представлены.

5.3.2 Внешние факторы, влияющие на эксплуатационные параметры ЭХ материалов стеклопакетов, являются многообразными и могут с трудом поддаваться количественному определению. Но в некоторых случаях применение, факторы внешней среды, а также прочие сведения, которые оказывают свое влияние на параметры функционирования, могут быть установлены.

5.3.3 Поверхности остекления стеклопакетами с испытанными ЭХП могут быть отличными от тех, которые планировалось использовать в фактических условиях эксплуатации. В некоторых организациях имеются базы данных о параметрах работы покрытий в условиях эксплуатации, которые возможно сопоставить с результатами, полученными в лабораторных условиях.

5.4 Факторы ухудшения свойств (или т.н. «напряжения») в разрезе ЭХ материалов стеклопакетов включают в себя: процессы ввода и вывода ионов; температуру; солнечную радиацию (в частности — УФ); водяные пары; газы, компоненты состава атмосферного воздуха, а также загрязняющие вещества; тепловое напряжение, например влияние, оказываемое внезапным дождем, а также в течение цикла дневных и годичных температур; напряжения, которые были вызваны электрохимическими процессами внутри многослойного тонкопленочного устройства; град, пыль, а также воздействие ветра; конденсацию и испарение влаги; а также рассогласование коэффициентов теплового расширения. Указанные факторы могут иметь место по отдельности или в своем сочетании и влиять на устойчивость и долговечность ЭХП стеклопакетов. По причине ожидаемого

наличия в стеклопакетах ЭХП в виде многослойных покрытий на одной из поверхностей в воздушной области двухкамерных или трехкамерных стеклопакетов с заполнением инертным газом в пространстве уплотнения, множество факторов не должны оказывать влияние на ресурс электрохромных покрытий в стеклопакетах, к примеру, высокая влажность, газы, которые формируют атмосферный воздух, а также загрязняющие вещества, конденсация и испарение влаги и, кроме того, — пыль.

5.4.1 Чрезвычайно важно установить процедуры испытаний, на основе результатов которых можно спрогнозировать длительность ресурса ЭХ материалов остекления, а также подкрепить это на основании фактической эксплуатации. По причине отсутствия единообразно принятых процедур или методик, которые были установлены для испытаний ЭХ материалов стеклопакетов в режиме реального времени, а также по причине невозможности ожидания заводами-изготовителями и потребителями в течение двадцати и более лет для того, чтобы любую конструкцию окна можно было бы оценить на деле, в режиме реального времени, то необходимо следовать методикам и процедурам ускоренных испытаний на долговечность (далее - ALT) в целях оценки устойчивости покрытий остеклений на основе ЭХП. Среди таких моментов отметим: (*a*) скоростные, но реалистические испытания в режиме циклической нагрузки «ток-напряжение» (I-V), которыми подчеркивают электрические свойства; (*b*) параметры испытаний ALT, которые стандартно используются в ходе испытаний на долговечность (ресурс) организациями по стандартизации; (*c*) параметры испытаний ALT, которые характеризуются реалистичностью по отношению к использованию стеклопакетов с ЭХП по назначению при их крупных габаритах, а также (*d*) способ соотнесения результатов испытаний ALT с испытаниями, проводимыми в режиме реального времени. Целью данного метода испытаний является оценка долговечности стеклопакетов с ЭХ (габаритными размерами не менее (250 ± 6) мм × (250 ± 6) мм).

Примечание 1 — Внимание! Уплотнительные элементы в стеклопакетах в условиях низких температурах могут терять свои свойства по сравнению с теми условиями, которые были заложены по плану в испытаниях, т.е. от 70 °С до 105 °С. Потеря эффективности уплотнения практически гарантирует разрушение покрытия из ЭХ материала, поэтому будет невозможно оценить покрытие, если уплотнение теряет эффективность в ходе испытания.

Примечание 2 — Данный метод испытания можно использовать по отношению к остеклениям из ЭХП с меньшими габаритными размерами в целях оценки долговечности прототипных устройств. Выбранные параметры испытаний предусматривают средние факторы ускорения. И тем не менее, количественные параметры, которые упомянуты в пп. (*a*)—(*c*) выше, представлены, а также предусматривают детальную характеристику процедур для использования блока ускоренных испытаний на погодостойкость (AWU) (см. Практические указания E122).

ДА.3 **12. Дополнительные требования**

12.1 Исследование 1999 г. показало большой потенциал для дальнейшего исследования способа выполнения испытаний на долговечность. В ходе изначально предпринятых операций были установлены дополнительные способы улучшения, которые необходимо в срочном порядке воплотить. Среди таких способов: (*a*) применение более высокой температуры на образце, которая составляет 85 °С и 107 °С; (*b*) применение усовершенствованных условий облучения (т.е. 2-3-кратные методы для нормальной солнечной освещенности); (*c*) оптимизация трапецеидальной эпюры напряжения в целях сведения к минимуму повреждений во время набора и снятия цвета; (*d*) установление соответствующего рабочего цикла по отношению к значениям напряжения для набора цвета и его снятия; (*e*) повышение качества измерений изменений пропускающей способности при помощи волоконно-оптических кабелей, устраиваемых в большем количестве локаций на каждом ЭХ материале стеклопакета; а также (*f*) обеспечение того, чтобы испытательную аппаратуру можно было эксплуатировать в надежном режиме в течение большего срока, чем это требуется для завершения испытаний на долговечность у ЭХП остеклений. На основании данных в пп. (*a*) и (*b*) временной период для проведения испытаний сокращается, при этом предполагается, что увеличенная температура и световое излучение оказывают более ускоренное влияние на проявление ухудшения свойств. На основании пунктов (*c*) и (*d*) время проведения испытаний допускается увеличить, но более реалистичным будет моделирование фактических условий эксплуатации. На основании пункта (*e*) относительно общей неоднородности набора и снятия цвета после любой потери эксплуатационных свойств (их ухудшения) будут представлены и получены более широкие по статистике и в количественной оценке, т.е. одиночный дефект в момент точечного измерения пропускания значительно рассинхронизирует результаты измерений в части всего ЭХ материала стеклопакета. Сравнения, которые доступны на видеоматериалах, содействуют тому, чтобы снизить характер проявления такой проблемы, но видеоданные носят характер результатов количественного и визуального осмотра. Пп. (*f*) представляет особую значимость ввиду того, что календарное время для завершения испытаний составляло примерно троекратное значение от фактического времени, требовавшегося для испытаний и характеризации оптико-электрических параметров. Главные проблемы надежности, которые проистекают из разрушений во время потенциостатных-гальваностатных испытаний, — это всплески напряжения, которые обусловлены грозами, оказываемые на ПЭВМ (вычислитель), а также отсутствие в функционале блока AWU возможности предусмотреть достаточное охлаждение для ксеноновых ламп и камеры. Указанные пп. были в полном своем объеме скорректированы для проведения испытаний в будущем, но предполагают возможность возникновения дополнительных вопросов касательно надежности оборудования как общей проблемы в долговременном проведении испытаний. Вне всякого сомнения, контролируемые испытания ЭХ материалов стеклопакетов на период 50000 циклов и не менее 5000 ч длительностью требуют того, чтобы все испытательное оборудование работало безупречно в течение времени до года, в зависимости от периода набора/снятия цвета за один цикл напряжения. Конструктивная обратная связь с производителями является важным моментом для того, чтобы повысить надежность испытательной аппаратуры, выпускаемой ими.

ДА.4 **13. Прецизионность и систематическая погрешность**

13.1 Прецизионность. По данной методике испытаний проводят работу над установлением прецизионности по отношению к процедурам.

13.2 Систематическая погрешность. По причине отсутствия принятых контрольных материалов, которые подходят для ее установления в отношении процедур данной методики испытаний, систематическая погрешность не определена.

ДА.5 **ПРИЛОЖЕНИЕ**

X1. Дополнительная информация

X1.1 Сокращения, используемые в методике испытаний

X1.1.1 *ALT* — ускоренное испытание на ресурс;

X1.1.2 *AWU* — блок для ускоренных испытаний на погодоустойчивость;

X1.1.3 *AM* — масса воздуха;

X1.1.4 η — КПД (эффективность) придания цвета;

X1.1.5 *I-V* — вольт-амперная характеристика;

X1.1.6 *DPM* — цифровые стендовые измерительные приборы;

X1.1.7 *DBT* — температура по сухому термометру;

X1.1.8 *IG* — теплоизоляционный стеклопакет;

X1.1.9 *IGUs* — стеклопакет(ы);

X1.1.10 *ИК* — инфракрасное (излучение);

X1.1.11 *Кф* — фотопический коэффициент пропускания, или Кф = τ_b/τ_c;

X1.1.12 τ_c — оптическая пропуская способность в состоянии набранного цвета;

X1.1.13 τ_b — оптическая пропуская способность в обесцвеченном состоянии;

X1.1.14 *УФ* — ультрафиолетовое (излучение);

X1.1.15 *UMS* — система обеспечения единства измерений;

X1.1.16 *V* — напряжение.

X1.2 Дополнительный список полезных с точки зрения практики определений касательно терминов, использованных в данном стандарте

X1.2.1 *испытание ускоренное на ресурс* — это протокольный метод, который приводит к тому, что материалы или устройства испытывают на себе ускоренное старение;

X1.2.2 *участок ненормального перегрева* (с т.з. однородности в боковых частях поверхности) — это зона, в которой имеется неожиданное повышение температуры;

X1.2.3 *эффективность придания цвета* — это изменение оптической плотности (OD) на единицу заряда (Q), который предусмотрен в ЭХ-устройстве или материале;

X1.2.4 *слой противоэлектрода* — это материал хранения ионов в электрохромном покрытии, который служит в качестве накопителя ионов, которые можно ввести в или получить из слоя электрохромного материала;

X1.2.5 *факторы ухудшения свойств* — это условия, заданные искусственно или естественно, которые оказывают влияние или вызывают работу механизма ухудшения свойств, типа воздействия или режима разрушения;

X1.2.6 *характеризация оптико-электронных (электро-) параметров* — это процесс фиксации изменений оптических характеристик (пропускающей способности, отражающей способности, поглощающей способности и пр.) в остеклениях, использующих ЭХ материал, в качестве функции электротехнических записей, вносимых в протоколы (вольтаж, амперaж);

X1.2.7 *оптико-электронное циклирование* — это электрохимический сайклинг-процесс подачи и сохранения попеременно положительного и отрицательного напряжения на ЭХ материал с целью обратимого изменения оптических свойств электрохромного устройства с обесцвеченного состояния на состояние «в цвете»;

X1.2.8 *интегрированное излучение* — это совокупное количество излучений в пределах ширины диапазона исследуемого спектра;

X1.2.9 *равномерность бокового освещения* — это степень вариации объема излучений по осям x и y в отношении плоскости испытаний, которая используется для выдержки остеклений с ЭХ материалом;

X1.2.10 *интенсивность освещения* — это поверхностная плотность излучения, которое исходит от источника света и направлен на поверхность;

X1.2.11 *оптическая плотность* — это затухание в объеме пропускаемого света ввиду воздействия процессов поглощения или отражения в просвечиваемом материале. OD (о.п.) - логарифм по основанию 10 величины, обратной пропускающей способности (τ): OD = -log10 (τ)).

X1.2.12 *оптический коэффициент фотопического пропускания* — это коэффициент пропускания при обесцвеченном состоянии (τ_b) по отношению к коэффициенту пропускания в состоянии "в цвете"(τ_c), где оба τ_b и τ_c являются взвешенными по отношению к кривой относительной спектральной световой эффективности;

X1.2.13 *оптическая пропускающая способность* — это коэффициент излучаемой энергии, которая распространяется по физическому телу, к общей излучаемой энергии, характерной на физическом теле;

X1.2.14 *спектрофотометр с фотодиодной матрицей* — это система оптического детектора, которая использует матрицу фотодиодов, соединенных с полупроводниковыми приемниками света в целях облегчения спектроскопических измерений в диапазонах UV-VIS-NIR.

X1.2.15 *ухудшение свойств, вызванное фотолитическими процессами,* — это распад или ухудшение свойств материала, которое в итоге происходит из-за действия света;

X1.2.16 *солнечное излучение* — это выдерживание материала или устройства под воздействием солнца или смоделированного солнечного излучения, идущего от источника света, т.е. от 295 до 2600 нм;

Х1.2.17 *пространственная однородность (излучения)* — то же, что и равномерность бокового освещения, которая используется в данном стандарте;

Х1.2.18 *спектральная плотность потока солнечного излучения* —–это выдерживание материала или устройства под воздействием света, идущего от источника по конкретной ширине диапазона излучения, т.е. с длиной волны от 400 нм до 730 нм;

Х1.2.19 *спектральная световая эффективность для дневного света* — это относительная реакция глаза человека в его состоянии, адаптированном к свету (дневному свету), на излучение с конкретной длиной волны (от 410 до 720 нм);

Х1.2.20 *спектрорадиометр* — это прибор для измерения излучения в единицах Вт/м^2 или в аналогичных единицах удельной поверхностной плотности;

Х1.2.21 *спектральная пропускающая способность* — это оптическая пропускающая способность, которая не учитывает свет с диффузной компонентой;

Х1.2.22 *трапецеидальная диаграмма напряжений* — это геометрическая форма, которая формируется путем нанесения диаграммы на график зависимости напряжения от времени, которую применяют по отношению к остеклению с ЭХ материалом с отклонением в сторону в В/с до неизменного постоянного напряжения, а затем с негативным уклоном в В/с с возвратом к нулевому напряжению (см. рисунок 4);

Х1.2.23 *система обеспечения единства измерений* — здесь: для замеров равномерности бокового освещения в испытательной плоскости;

Х1.2.24 *коэффициент ультрафиолетового ускорения* — это коэффициент соотношения объема УФ-излучения, принятого материалом от источника ультрафиолетового излучения в сопоставлении с той формой наземного воздействия солнечному излучению в том же диапазоне спектра (как правило, от 300 до 400 нм);

Х1.2.25 Конструктивный стеллаж в осях *X-Y* —–устройство, которое позволяет двигать объект в двух перпендикулярных направлениях в пределах плоскости испытаний;

Х1.3 Применимость данной методики испытаний в последующих этапах оценивают по мере полного завершения анализов результатов испытаний.

Х1.4 Общее количество поставленных образцов должно быть на три позиции больше, чем число, указанное в пп. 6.2, кроме того, образцы должны выступать в качестве контрольных образцов или предусматривать вероятность того, что два из них придут в негодность.

Х1.5 Данная методика испытаний предназначена для моделирования фактических условий эксплуатации электрохромных покрытий в любом стеклопакете.

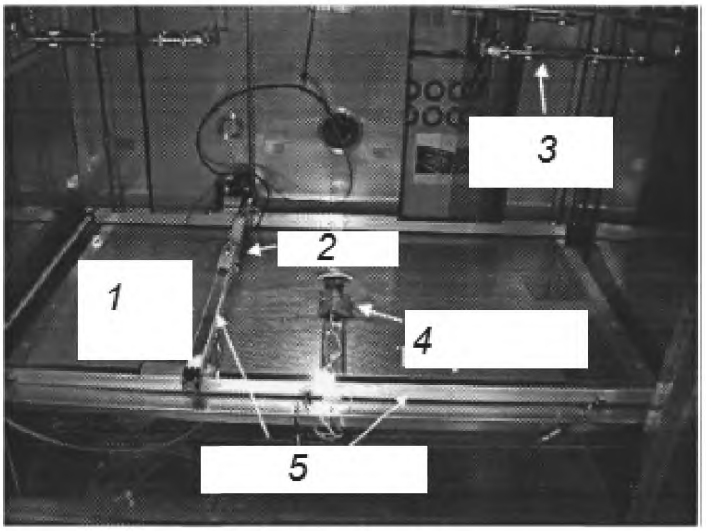
Х1.6 Испытания проводят параллельно либо по отдельности.

Х1.7 Характеристика альтернативной автоматизированной процедуры для прослеживаемости пространственной однородности излучения в испытательной плоскости.

Х1.7.1 В целях картирования спектральной и пространственной однородности интенсивности освещения, которую испытали на себе образцы, подверженные условиям испытательной камеры для выдержки образцов, типа Atlas XR-260, была сооружена конструкция по осям *X-Y*, используемая как стеллаж, который можно собрать и использовать внутри камеры для испытаний. На рис Х1.1 указано размещение аппаратуры. Предусмотрено наличие четырех ксеноновых ламп мощностью 6500 Вт с внутренней системой согласно требованиям CIRA, а также с внешним фильтром с натронной известью, которая предназначена для обеспечения максимального соответствия по спектру с массой воздуха в наземных условиях (AM) и равна 1,5 универсального солнечного спектра (см. таблицы в E892). Образцы подвергают воздействию на горизонтальной поверхности пластины, которая имеет возможность вертикальной регулировки позиции, с приблизительными габаритами 1,2 м × 1,8 м (4 фута на 6 футов). Номинальное расстояние по вертикали от источников света до поверхности воздействия образцов составляет 770 мм (30,5 дюйма). Все 4 лампы регулируют до 0,12 Вт/м^2 при длине волны 340 нм. Стеллаж с осями *X-Y* позволяет разместить приемник светового излучения в ряде запрограммированных мест (например, на обычной сетке) на поверхности пластины для воздействия без необходимости выключения освещения, открытия дверец, а также ручного перемещения приемника.

Х1.7.2 Применялись два типа приемников. Первый тип приемника — волоконно-оптический датчик, который соединяют с миниатюрным детектором — мини-шаровым фотометром со спектрорадиометром типа Oriel Merlin, тем самым организуют возможность выполнения спектральной характеризации в диапазонах волн от 250 до 1100 нм. Второй тип приемника (более быстрый/более удобный) — блок типа Atlas Xenosensive, который имеет встроенный функционал с характеристикой спектральной чувствительности только в диапазоне от 300 до 400 нм. Сравнение спектра согласно стандарту ASTM [1] и спектральной плотности потока излучения, измеренного в плоскости образца в центральной точке камеры, представлено на рисунке Х1.2. Весьма отличное согласование отмечено в УФ-части спектра (в промежутке длин волн от 300 до 400 нм), что главным образом является частью солнечного спектра, который может вызвать ухудшение свойств материалов.

Х1.7.3 Смена энергии света на ксеноновые лампы позволит сместить интенсивность светоизлучения измеряемого спектра вверх или вниз с сохранением формы в неизменном виде. (В части конкретных систем фильтров на спектральную форму главным образом влияет оставшийся ресурс ламп, по этой причине обычной практикой является регулировка светового излучения при длине волны 340 нм, т.е. приблизительно посередине диапазона УФ-волн). Например, измеренная плотность потока излучения при длине волны 340 нм (рисунок Х1.2) составляет 0,542 Вт/м^2/нм, а согласно стандарту ASTM [1] данное значение является 0,420 Вт/м^2/нм. Соотношение указанных значений в итоге дает коэффициент ускорения при УФ-излучении ~1,3.



1 — плоскость для выдерживания образца; 2 — приемник; 3 — ксеноновая газоразрядная лампа; 4 — контрольное устройство измерения температуры на панели черного цвета; 5 — стеллаж по осям *X-Y*

Рисунок Х1.1 — Стеллаж по осям *X-Y* внутри блока XR-260

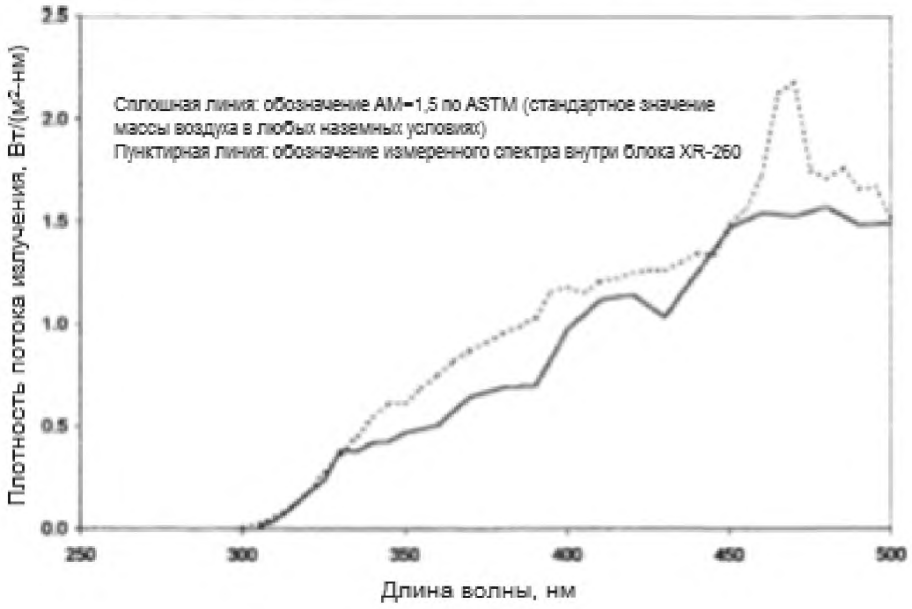


Рисунок Х1.2 — Спектральная плотность потока излучения по типу блока XR-260 по сравнению с универсальным спектром и стандартным значением массы воздуха в любых наземных условиях AM = 1,5 согласно ASTM

И тем не менее, более точным количественным определением является соотношение интегрированного излучения в пределах исследуемого диапазона спектра. В пределах длин волн от 300 до 400 нм стандартом ASTM указана плотность потока излучения, равная 44,49 Вт/м^2. Соотношение приемника типа Xenosensive к данному значению по этой причине позволит получить коэффициент ускорения при УФ-излучении.

Х1.7.4 Картирование пространственной однородности, имевшейся внутри камеры типа XR-260, производилось путем помещения приемника типа Xenosensive на обычных позициях сетки в 96 местах по всей плоскости образца (+ обозначения на рисунке Х1.3). Была отмечена превосходная однородность; плотность светового потока замерялась и составила (52,5 ± 4) Вт/м^2 в диапазоне длин волн от 300 до 400 нм. Это соотносят с коэффициентом ускорения при УФ-излучении, равном 1,2 стандартной (нормальной) солнечной освещенности. Участок ненормального перегрева при x = 1000 мм, y = 700 мм выводится из алюминиевой фольги, которую используют для экранирования кабельного ввода в том месте; образцы не выдерживались в непосредственной близости к данной позиции.

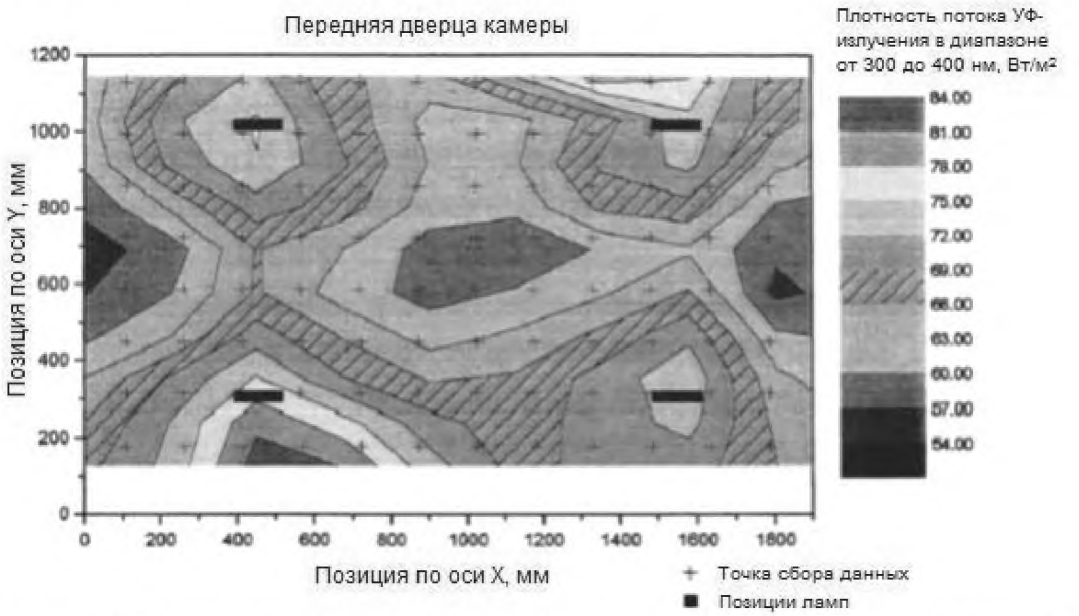


Рисунок Х1.3 Пространственное распределение УФ-излучения внутри камеры для выдерживания образцов типа XR-260

Приложение ДБ
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов

ДБ.1 **1 Область применения**

1.1 Указанная в данном документе методика испытаний описывает ускоренное старение и контроль эксплуатационных свойств, которые зависят от периода эксплуатации, у электрохромных остекленных панелей. Приведены поперечные сечения типовых окон, имеющих электрохромное покрытие, такие окна имеют устройства с четырьмя или пятью слоями покрытий, в состав которых входят два или три активных слоя, помещенные посередине прозрачных проводящих электродов (TCO, см. раздел 3).

1.2 Данную методику испытаний применяют только по отношению к многослойным (два и более покрытия между TCO) светопоглощающим электрохромным покрытиям, устраиваемым на клееных стеклопакетах строительного назначения (IG), которые изготавливают для оконных стекол (как надслой, так и подложка), предназначенных для использования в зданиях, например в раздвижных дверях, в окнах, в световых фонарях, а также в системах внешних стен. Такие многослойные конструкции, которые используют для электрохимического изменения оптических свойств, могут состоять из органических или неорганических веществ, которые имеются между надслоем и подложкой.

1.3 Используемые в данной методике испытаний электрохромные покрытия подвергают солнечной радиации и задействуют для регулирования величины радиации по поглощению и отражению, и по этой причине — для ограничения солнечного тепловыделения, а также объема солнечной радиации, который передается в здание.

1.4 Данную методику испытаний не применяют по отношению к цветообразующим устройствам, например к фотохромным и термохромным устройствам.

1.5 Данная методика испытаний не применяется по отношению к электрохромным устройствам, которые состоят из трех слоев покрытий, в том числе из двух прозрачных проводящих электродов (см. раздел 3).

1.6 Данная методика испытаний не применяется по отношению к электрохромным окнам, конструкция которых выполнена из материалов надслоя или подложки, отличных от стекла.

1.7 Те методики испытаний, которые упоминают в данном документе, являются лабораторными методами испытаний, такие испытания проводят в установленных для них условиях. Испытания предназначены для моделирования, а в некоторых случаях — также для ускорения фактической продолжительности эксплуатации электрохромных окон. Для прогнозирования параметров функционирования в разрезе продолжительности эксплуатации изделий использовать результаты подобных испытаний невозможно, если не проводились испытания для проверки фактической продолжительности эксплуатационного ресурса, а также — соответствующие анализы для того, чтобы продемонстрировать возможность способа прогнозирования параметров функционирования, исходя из ускоренных испытаний на старение.

1.8 Значения, указанные в единицах СИ, рассматривают в качестве стандартных.

1.9 Данный стандарт не предполагает освещения всех положений касательно безопасности, если таковые имеются, которые сопряжены с его использованием. На пользователя стандарта возлагается ответственность самостоятельного определения соответствующих мер безопасности и практических методов сохранения здоровья, а также установление состоятельности ограничений, накладываемых нормативными документами, до начала использования данного стандарта.

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

ДБ.2 **3 Терминология**

3.1 Определения касательно толкований общих терминов — см. раздел «Терминология» в документах C168, E631 и G113.

3.2 Определения терминов, используемых в данном стандарте:

3.2.1 ускоренное испытание на старение — испытание на старение, при котором темп ухудшения свойств составных частей здания или его материалов намеренно убыстряют по сравнению со скоростью старения в фактических условиях эксплуатации;

3.2.2 выцветание — признак электрохромного покрытия, когда в его электрохромном слое уже отсутствуют ионы или по факту вывода ионов (или ввода — в зависимости от типа материала) из электрохромного(ых) слоя(ев), а также в соответствующих случаях — это максимальное количество ионов, которые возвращают в слой противоэлектрода для восстановления фотопического пропускания в выцветшем состоянии (τ_b), исходя из того состояния, которое имеется у покрытия с установленным цветом (τ_c) согласно фотопическому оптическому пропусканию;

3.2.3 состояние с установленным цветом — признак электрохромного покрытия, после ввода ионов (или их вывода — в зависимости от типа материала) в слой электрохромного покрытия, а также в соответствующих случаях, если они выводятся с поверхности слоя противоэлектрода в целях снижения фотопического оптического коэффициента пропускания (при длинах световых волн с 400 нм до 730 нм) по сравнению с тем коэффициентом, который имеется при выцветании (τ_b);

3.2.4 долговечность (ресурс) — способность сохранения изделием, компонентом, узлом или конструкцией его/ее эксплуатационной пригодности в течение установленного срока;

3.2.5 электрохромное покрытие (ЭХП) — многослойные материалы, в состав которых входят электрохромные слои, прочие слои, а также прозрачные, светопропускающие оксидные пленки, которые необходимы для изменения оптических свойств покрытия;

3.2.6 электрохромный(ые) слой(и) — материал(ы) в электрохромном покрытии (ЭХП), которые позволяют изменять его оптические свойства под действием ввода или вывода ионов, а именно: Li+ или H+;

3.2.7 электрохромное остекление — устройство с ЭХП, которое состоит из нескольких слоев из электрохромных материалов, сопровождающих материалов, а также одной или нескольких тонких прослоек стекла, которые могут изменять свои оптические свойства под действием изменения напряженности электрического поля. Среди таких «переменных» оптических свойств отметим коэффициент пропускания, коэффициент отражения, а также коэффициент поглощения;

3.2.8 характер расположения окон — любой проем в оболочке здания, в том числе окна, двери и световые фонари;

3.2.9 параметры функционирования — фотопический коэффициент пропускания ($К_ф$) ($К_ф = т_ь/т_с$), что является отношением между двумя состояниями от состояния «выцветания» к состоянию «с установленным цветом»; периоды придания цвета и снятия цвета, а также при памяти разомкнутой схемы;

3.2.10 эксплуатационная пригодность — способность строительного изделия, компонента, узла или конструкции выполнять свою(и) функцию(и), на которую они были запроектированы и созданы.

3.3 Для получения дополнительных сведений, которые могут быть практически полезны, об определениях терминов, используемых в данном стандарте, см. приложение X1, X1.2.

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

ДБ.3 **4 Значение и применение**

4.1 Данная методика испытаний предназначена для предоставления информации о способах оценки долговечности ЭХП, как указано в 1.2 (см. приложение X1).

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.5).

ДБ.4 **6 Аппаратура**

6.1 Блок, предназначенный для ускоренного испытания на погодостойкость (AWU), включает в свой состав должным образом отобранные ксеноновые газоразрядные лампы в целях моделирования воздействия с превышением соответствующего диапазона длин световых волн, которые носят деструктивный характер (ультрафиолетовые волны и волны видимого спектра) не менее чем при нормальной солнечной освещенности в виде поверхностной плотности потока солнечного излучения при AM равной 1,5 (общий уровень), измеренного на уровне моря (E892), а также температурную камеру с возможностью регулировки условий и наличием регулятора влажности воздуха в ней.

6.2 Блок цикла изменения напряжения в целях обеспечения заданных циклов напряжения для поочередного и повторного наполнения цветом, снятия цвета на ЭХП стеклопакетов с полностью обесцвеченного до «цветного» состояния и — наоборот — до отсутствия цвета.

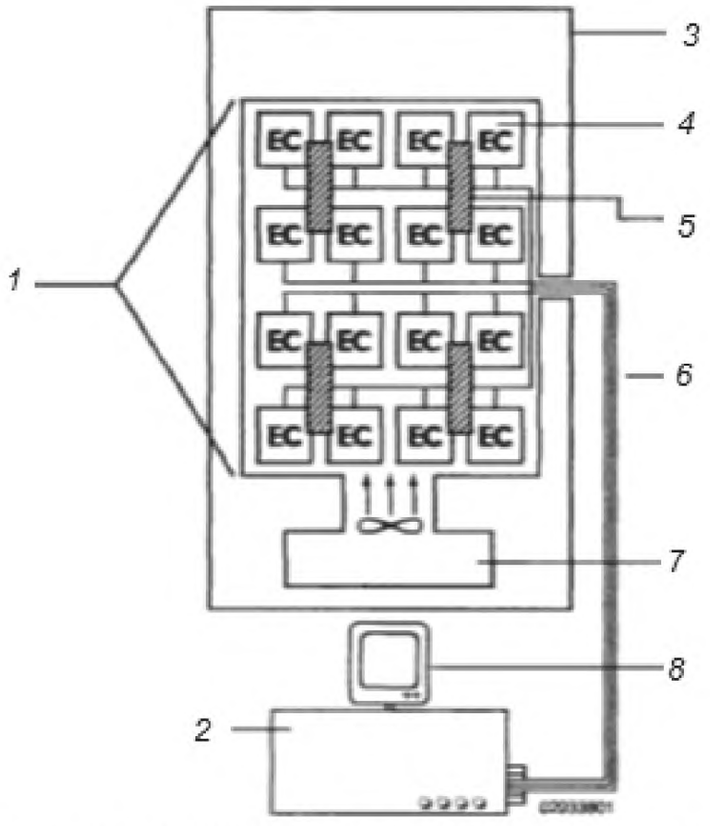
6.3 Спектрофотометр с фотодиодной матрицей, имеющий управление от вычислителя, т.е. для получения и хранения данных на основе оптико-электронных характеристик оптической пропускающей способности в состоянии цвета и в обесцвеченном состоянии, а также замер скорости наполнения цветом и снятия цветности.

6.4 Печь, имеющая достаточно большие размеры, которые соответствовали бы самому большому стеклопакету с ЭХП для испытания, и которая могла бы обеспечить температуру испытаний стеклопакетов с ЭХП. Такая печь также должна иметь такое исполнение, которое позволит использовать оборудование, указанное в п. 6.3, для оптических измерений в момент поддержания выбранной температуры испытаний на стеклопакетах с ЭХП в ходе испытаний в блоке AWU, как указано в п. 6.1.

6.5 Лампа накаливания (с вольфрамовой нитью). Спектр света от данного источника должен соответствовать оптоволоконному освещению спектрофотометра с фотодиодной матрицей, указанного в п. 6.3.

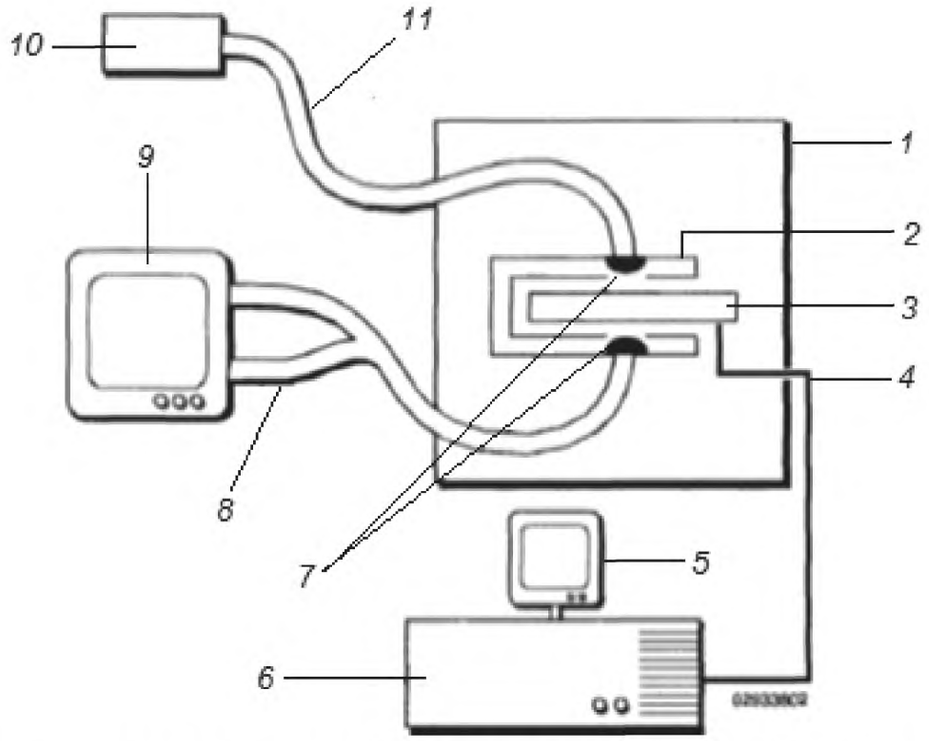
6.6 Цифровой фотоаппарат.

6.7 Видеокамера и видеозаписывающее устройство.



1 — плоскость для испытаний с размерами 1220 мм × 1830 мм; *2* — многоканальная цифровая автоматизированная система управления и сбора данных; *3* — корпус камеры облучения (типа XR-260);
4 — электрохромное окно; *5* — ксеноновые лампы;
6 — электрические выводы и камеры термопар; *7* — система принудительного отопления/охлаждения;
8 — компьютер

Рисунок 1 — Вид сверху. Схема принципиальная основных компонентов камеры для проведения испытаний на воздействие окружающей среды, а также системы сбора данных и циклической подачи электроимпульсов с управлением от вычислителя, используемых для ускоренных испытаний на погодоустойчивость, проводимых на электрохромных устройствах



1 — конвекционная печь; *2* — держатель образца; *3* — электрохромное окно; *4* — электрические выводы и камеры термопар; *5* — компьютер; *6* — многоканальная цифровая автоматизированная система управления и сбора данных; *7* — коллимирующая линза; *8* — оптоволоконный кабель-разветвитель; *9* — вычислитель спектрофотометра с фотодиодной матрицей; *10* — лампа накаливания; *11* — оптоволоконный кабель

Примечание — Измерения проводят для определения коэффициента фотопического пропускания, а также фиксации данных деструкции после испытаний при циклическом нагружении в блоке, предназначенном для ускоренного испытания на погодостойкость.

Рисунок 2 — Схема принципиальная (основополагающих) элементов оптико-электронной системы измерений, применяемой для регистрации данных спектров излучений диапазона от 300 до 1100 нанометров для циклов наполнения цвета/снятия цвета в электрохромных устройствах в условиях регулируемых температур

6.8 Откалиброванные термопары.

6.9 Электрические выводы с блока, указанного в 6.2 на все стеклопакеты с ЭХП в ходе проведения испытаний внутри блока AWU, указанных в 6.1.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.6).

ДБ.5 **7 Образцы для испытаний**

7.1 Размер образца для испытаний, его конструкция, а также устройство определяет и указывает пользователь данного стандарта, за исключением того, что размеры образца должны составлять не менее (250 ± 6) мм × (250 ± 6) мм.

7.2 6/10 образцов для испытаний, которые представляются как «идентичные», являются минимальным количеством, которое используют для определения долговечности конкретной конструкции и исполнения (см. 2 в приложении X1).

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.7).

ДБ.6 **Процедура**

8.1 Сводная информация. Подвергнуть стеклопакеты с ЭХП моделируемой поверхностной плотности потока солнечного излучения внутри камеры с регулируемой температурой и влажностью (камеры кондиционирования) при выбранном режиме диапазона температур образца от 70 °С до 105 °С, пока производят цикличное изменение состояния окон с ЭХ материалом то с набранным цветом, то со снятым цветом, а также обеспечивают возможность приостановки в ходе циклов работы покрытий, в зависимости от стратегии управления, которую указывает завод-изготовитель. Температура «испытаний" должна быть на уровне температуры тонкослойного ЭХП при условии его состояния «в цвете»; усредненная температура ЭХП стеклопакета будет ниже по причине типового снижения приблизительно на 5 °С, когда стеклопакет ЭХП не дает определенный цвет (находится в обесцвеченном состоянии). Доминирующую относительную влажность в камере принимают от 5 % до 20 % по той причине, что прототипные многослойные покрытия делают внутри

двухкамерных или трехкамерных стеклопакетов для повседневного использования. Проводят замер значений пропускающей способности таким образом, который является аналогичным методу, описанному в Е903.

8.2 Оптико-электронную характеристику стеклопакетов с ЭХП дополняют использованием управления от вычислителя, многоканальным потенциостатом, а также спектрофотометром с фотодиодной матрицей. Оптическую пропускающую способность всех стеклопакетов с ЭХП изначально замеряют при комнатной температуре (около 22 °С), как указано на схеме на рисунке 2. Оптоволоконные кабели прокладывают от источника света — лампы накаливания с вольфрамовой нитью — в держатель образца стеклопакета с ЭХП. Конвекционная печь, изображенная на рисунке 2, по самой простой причине допускает установленное равновесие с комнатной температурой в целях измерений, проводимых при комнатной температуре (около 22 °С). Температуру стеклопакета с ЭХП контролируют при помощи термопары (или иным соответствующим датчиком температуры, или устройством измерения температуры поверхности), которую крепят к внешней лицевой поверхности тонкослойного ЭХП, на которую распространяется прямой свет ксеноновых газоразрядных ламп с лентой с высокой ЭПР (например, из алюминия или серебра), с коэффициентом излучения, близким к коэффициенту излучения стекла. Один оптический кабель проводит отраженный свет с лампы накаливания в одну сторону образца; другой — пропущенный свет на спектрометр с фотодиодной матрицей, который подключен к ЭВМ. Оптоволоконные кабели обвязывают оптически и надлежащим образом центруют с узлами коллимирующих линз, которые подсоединяют как к освещающим волокнам, так и к сборным волокнам. Контрольные спектры применительно к коэффициентам пропускной способности 100 % и 0 % следует принимать во внимание до начала любого измерения. Далее соблюдают значение напряжений для установки и снятия цвета (стандартно менее 3 В), как указано заводом — изготовителем ЭХП. В целях сведения к минимуму деструкции, которая вызвана значительными всплесками напряжения, которые имеют место в начале придания цветности или в начале ее снятия, разрешают применение трапецеидально меняющейся разности потенциалов (с линейным приростом 0,05 В/с) вместо квазисинусоидального напряжения. Типовая эпюра напряжения (В) и соответствующий ей ток (i) нанесены в виде графика (см. рис. 3) в виде функции времени. Оптический коэффициент пропускающей способности у образца замеряют в диапазоне свыше соответствующего за последовательные интервалы времени в течение процессов установки цвета и его снятия. Промежуток времени между регистрациями спектров может быть длительностью одна секунда. Если в типичных экспериментальных условиях испытаний интервал времени с долей от общей продолжительности цикла для регистрации всех спектров должен соответствовать регистрации данных об оптических свойствах каждого стеклопакета с ЭХ материалом, т.е. для $t_{цикла} = t_c + t_b$, то, вероятнее всего, надлежащей будет являться регистрация спектров в интервале между $t_{цикла}/20$ ... $t_{цикла}/60$. Типовые спектры пропускания, которые регистрируют в течение времени набора и снятия цвета (за время циклов), приведены на рис. 4, на котором оптические спектры устройств отражены в виде графика зависимости длины световой волны. Постоянные времени, применяемые в диаграмме напряжений, определяют путем контролирования времени, необходимого для достижения $К_ф$. (τ_b/τ_c) = 5 при λ = 550 нм. Фотопическая пропускающая способность устройств может быть получена путем интеграции спектров в диапазоне волн от 400 до 730 нм с использованием спектрального фотопического КПД $I_p(\lambda)$ (CIE, 1924) в качестве весового множителя (также см. Е1423, С1199, CAN/CGSB 12.8).

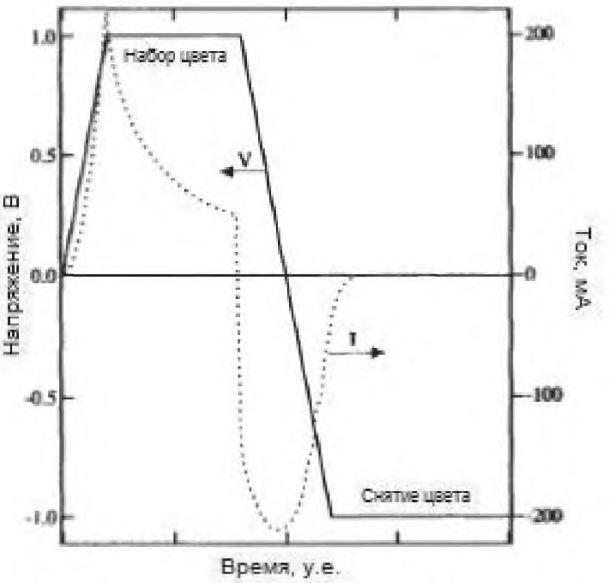


Рисунок 3 — Зависимость напряжения от тока в качестве функции времени в течение набора и снятия цвета у типовых ЭХП стеклопакетов

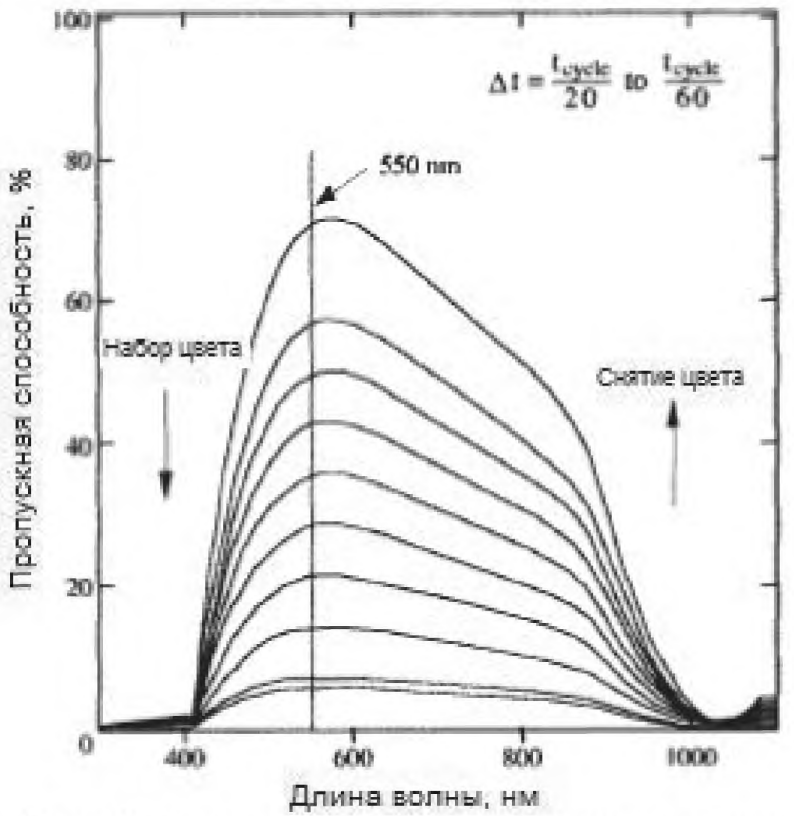


Рисунок 4 — Спектры пропускания в течение набора цвета и снятия цвета при интервалах в диапазоне от $t_{цикла}/20$ до $t_{цикла}/60$ у типовых ЭХП стеклопакетов

8.2.1 Трапецеидальную диаграмму напряжений, которая является аналогом диаграммы, используемой при комнатной температуре (около 22 °С), также используют для длительных цикличных испытаний в диапазоне температур от 70 °С до 105 °С. Любое ЭХП стеклопакета нагревают в конвекционной печи при Т, а длительность периода набора и снятия цвета устанавливают для получения указанного $К_ф$, т.е. $К_ф$=5 при λ = 550 нм. Эти данные используют для программирования многоканального потенциостата с конкретными диаграммами напряжений (применительно к каждому типу устройства) в целях проведения циклических испытаний при Т в ходе проведения испытаний типа AWU. После циклических испытаний в течение желаемого периода времени (к примеру, на количество циклов от 4000 до 10000) образцы охлаждают до комнатной температуры и выводят из испытательных условий типа AWU. Подобные испытательные образцы на следующем этапе подвергают повторной оптико-электронной оценке их характеристик в условиях комнатной температуры (около 22 °С) при помощи установленной температуры диаграммы напряжений (около 22 °С) во время процедуры подготовки к испытаниям, а также производят сравнение значений с изначальными, которые указаны на рис. 4. Изначальная фотопическая пропускная способность для типового ЭХП стеклопакета указана на рис. 5 в виде открытых окружностей, а открытые квадраты и заштрихованные кружки указывают на типовую фотопическую пропускную способность ЭХ материала стеклопакета при температуре около 22 °С по истечении циклов от 5000 до 10000 в условиях повышенных температур, соответственно.

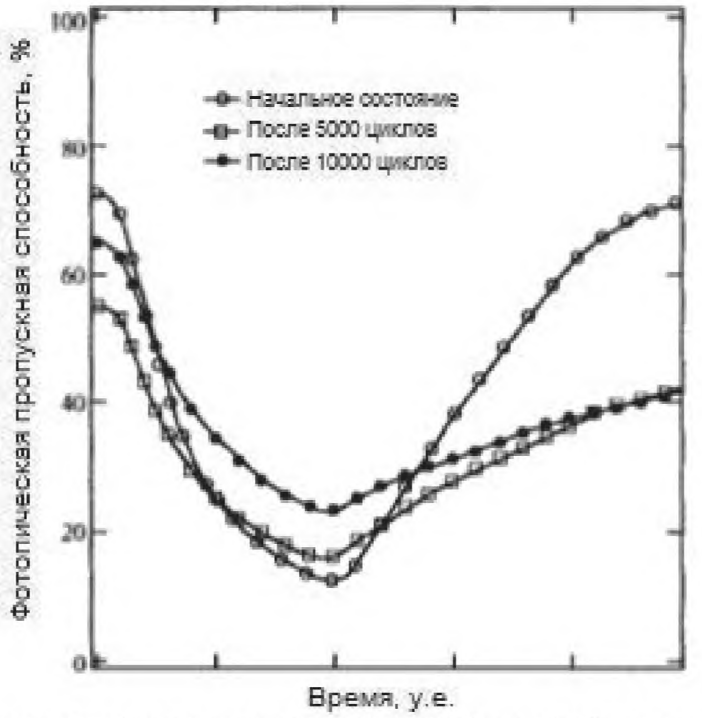


Рисунок 5 — Фотопическая пропускная способность как функция времени, измеренного на различных этапах циклических испытаний типового ЭХП стеклопакетов

8.3 Камера с условиями воздействия окружающей среды, используемая в ускоренных испытаниях на погодоустойчивость, а также калибровка плотности потока светового излучения. На рис. 1 приведена принципиальная схема — вид сверху — существенных признаков при использовании камеры для проведения испытаний на воздействие окружающей среды, в том числе компоновка окон с ЭХП на испытательном стенде габаритами 1220 мм × 1830 мм, расположение четырех ксеноновых газоразрядных ламп над испытательным стендом, а также потребные соединительные кабели от камеры кондиционирования стеклопакетов, которые прокладывают до системы фиксации данных о циклических испытаниях и сбора данных с управлением от ПЭВМ (типа XR-260 с высотой 2440 мм, глубиной 2650 мм и шириной 4480 мм (14,7 фута), а также специально предназначенной для проведения ускоренных испытаний на погодоустойчивость внутри помещений на крупногабаритных образцах). Испытательный стенд имеет возможность регулировки по высоте, и пользователю надлежит скорректировать расстояние от ламп до образца для получения желаемой интенсивности освещения, а также равномерности бокового освещения, без нарушения принципов, указанных в настоящем документе. Условия внутри замкнутого пространства регулируют с установкой температур в диапазоне от минус 40 °С до 95 °С и при уровне относительной влажности от 5 % до 95 %. Регулировку температуры и относительной влажности внутри камеры для испытаний осуществляют при помощи увлажнителя и с использованием встроенной системы принудительного воздушного отопления и охлаждения. Моделируемая поверхностная плотность потока солнечного излучения предусматривает четыре ксеноновые лампы с длинной дугой, отобранные по спектру и имеющими водяное охлаждение, мощностью 6500 Вт, которые размещают внутри системы отражающего горизонта на потолке камеры для испытаний. Стеклопакеты в камере для испытаний на воздействие условий окружающей среды располагают на испытательном стенде с возможностью вертикального перемещения под ксеноновыми лампами. Контроль набора цвета и его снятия, а также температуры у образцов проводят при помощи цифровой автоматизированной системы управления и сбора данных с использованием кабелей длиной 9 м, протянутых через вводы, расположенные в задней стенке камеры.

8.3.1 Ксеноновые лампы запитывают с приблизительным выходом нормальной солнечной освещенности при плоскости экспонирования образца с 290 нм по 600 нм. Лампы при таких длинах волн должны быть должным образом отобраны по фильтрации в обеспечение максимального соответствия AM = 1,5 спектра солнечного излучения от 300 нм до 900 нм (см. примечание 3). Лампы с водяным охлаждением окружают внутренним и внешним фильтрами с функцией поглощения инфракрасного излучения, что позволяет избежать избыточной тепловой нагрузки. Произвести расчет дозы общей накопленной энергии. Например, плотность потока излучения с AM = 1,5, равная нормальной солнечной освещенности, за одни сутки выдает эквивалент дозы общей накопленной солнечной энергии 86,4 МДж/м^2 (2592 МДж/м^2 за месяц, состоящий из 30 дней) по отношению к каждому из образцов стеклопакетов, находящихся в камере выдерживания. Четыре ксеноновые лампы, как правило, работают на мощности около 5400 Вт. При условии такой мощности фильтры и лампы требуется заменять только после приблизительно 2000 ч наработки. Произвести регулировку температуры в камере для того, чтобы получить желаемую температуру поверхности стеклопакета, размещенного в камере. Например, при

температуре воздуха в камере (60 ± 1) °С средняя *t* поверхности стеклопакета в камере выходит на уровень установившегося режима температур приблизительно при (85 ± 1) °С в зависимости от размера образца, оптического коэффициента $К_Ф$, который достигается в течение цикла изменения напряжения, в зависимости от местоположения устройства на испытательном стенде, а также конструкции камеры, используемой для испытания стеклопакетов. При отсутствии контроля уровня относительной в ходе испытаний уровень может изменяться в пределах от 5 % до 20 % при температуре в камере 60 °С.

Примечание — В случае диапазона более длинных волн подгонка под спектр солнечного излучения находится в противоречии со спектром при АМ =1,5 по причине наличия линий теплового излучения, которые связаны с ксеноновой газоразрядной лампой, но данная часть спектра, как правило, не является важной причиной деструкции, вызванной фотолизом.

8.3.2 Далее в данном разделе приведено описание соответствующей процедуры, предназначенной для прослеживания объемной (пространственной) однородности плотности потока излучения в плоскости испытаний. Система обеспечения единства измерений (UMS) может быть устроена при помощи толстолистового алюминиевого листа, который берут в качестве основы с габаритами 610 × 1220 × 3,2 мм. Устанавливают датчики на расстоянии между осями 305 мм с конфигурацией в 3 ряда и 5 колонн. Для снижения неблагоприятных эффектов нагрева все датчики надлежит расставлять на расстоянии на 3 мм выше листа для организации возможности должной циркуляции воздуха по периметру всего устройства. Сам лист окрашивают матовым черным цветом для сведения к минимуму обратных отражений. Датчики подсоединяют посредством многожильного кабеля для передачи данных с электронным блоком-кожухом, внутри которого размещены 15 миниатюрных цифровых стендовых измерительных приборов (DPM). Калибровку обеспечивают посредством эталонирования всех датчиков с пиранометром в условиях естественного дневного света. Все снятые показания с DPM далее корректируют для согласования результатов с показателем PSP при условии индикации нормальной солнечной освещенности (1000 Вт/м^2), что зачастую в итоге приводит к стандартной абсолютной погрешности, равной приблизительно 63 %, и к максимальной неточности 65 %.

8.3.3 Данная процедура определения плотности потока излучения в плоскости испытаний на следующем этапе подразумевает выкладку блока UMS внутри камеры на испытательном стенде при проведении типа испытаний в блоке AWU (а именно внутри камеры типа XR-260), при этом датчики ориентированы на ксеноновые лампы. Внешняя обвязка производится к блоку-кожуху DPM через посредство многожильного кабеля для передачи данных, прокладываемого сквозь проход в камере. Затем камеру устанавливают на рабочую температуру 25 °С и относительную влажность 20 %. Указанные параметры являются произвольно выбранными действующими уставками по причине отсутствия установленных процедур или технических условий для калибровки ламп-имитаторов солнечного излучения. Применяемые устройства Li-C или датчики не рекомендуют для измерения абсолютной градуировки по причине длительного периода отклика и ограниченной чувствительности по длинам волн. Но данная процедура позволяет проводить аппроксимацию относительной спектральной однородности в разрезе установленной плоскости испытаний, даже если не определены абсолютные значения.

8.3.4 После обеспечения значений уставок внутри камеры лампы начинают светить с мощностью 5400 Вт, и тем самым реализуется возможность стабилизации в течение любого промежутка времени, который был рекомендован заводом-изготовителем, который, как правило, составляет от 3 до 7 мин. Во время контроля показаний, снятых с DPM, высоту испытательной плоскости (пластины) регулируют либо вверх, либо вниз до того момента, пока показания с DPM в среднем не дадут уровень нормальной солнечной освещенности (около 1000 Вт/м^2). Показания с DPM остаются рассогласованы до того момента, пока не обеспечена однородная интенсивность во всех положениях; такие различия в однородности на испытательной плоскости являются совершенно условными. Процедура с этой точки зрения заключается в регулировке интенсивности излучения ламп(ы) или в установке отражающих горизонтов (рефлекторов), или же в сочетании указанных в целях повышения однородности интенсивности излучения в боковых поверхностях в пределах искомой площади испытательной плоскости. Это обеспечивается путем принятия во внимание снятых показаний до момента их согласования друг между другом в максимально возможной степени, но до того момента, пока не получена общая однородность в боковых поверхностях на уровне 68 %.

8.3.5 В зависимости от размера искомой площади испытательной плоскости пластину датчика перемещают ступенчато то вверх, то вниз, то вправо, то влево для того, чтобы выполнить ряд измерений, которые желательно сделать для определения единообразия измерений с испытательной поверхностью. Как правило, такое единообразие (единство измерений) на площади испытательной плоскости составляет от 67 % до 8 %.

8.4 Монтаж камеры ЕС для испытаний стеклопакетов в блоке AWU в испытательной камере. Любой завод-изготовитель окон с ЭХП обязан предоставить информацию о значениях напряжений для набора и снятия цвета на стеклопакетах применительно к характеристике условий эксплуатации при комнатной температуре, а также для эксплуатации своих камер ЕС для испытаний стеклопакетов при выбранной температуре испытаний. При необходимости произвести визуальный осмотр окон с ЭХП делают фотографии всех явных дефектов или отклонений образцов ЭХ материалов в состоянии набора цвета или в состоянии без цвета, а также вносят записи, отметив сделанные наблюдения. Выполняют электрические соединения, а именно: припаивают соединитель с фрикционной посадкой, штепсельный разъем, коннекторы с замыканием и размыканием или иные соответствующие соединители, подсоединив к ним провода от каждого электрохромного устройства. Сочленяют соединители с коннекторами на кабелях, которые имеют длину 9 м, подведя кабели к ЭХ-материалу, который управляется ПЭВМ, к электронным устройствам контроля остеклений с ЭХП. Вносят в протокол испытаний последовательно сделанные измерения оптического коэффициента пропускания применительно к циклам

набора/снятия цвета в условиях комнатной температуры (около 22 °С), следуя указанным уровням напряжения, которые предоставлены заводом-изготовителем, в целях проверки протоколов электрических испытаний для обеспечения соотношения 5:1 у оптического коэффициента $К_ф$. Проводят сравнение полученных впоследствии оптических и электрических данных с имевшимися уже данными, в качестве мерила ухудшения свойств у каждого окна с ЭХП по окончании воздействия на него моделируемых условий окружающей среды. Характеризуют образцы в отношении их оптических и электрических свойств, полученных в конвекционной печи (8.2) при целевой температуре проведения испытаний для определения периодов набора и снятия цвета для обеспечения соотношения 5:1 $К_ф$ в условиях повышенной температуры. При таком измерении устанавливают тот факт, что протоколы значений вольтажа и времени будут использоваться для ускоренных испытаний с циклами изменения напряжения на образцах при температуре испытаний. Например, образцы окон с ЭХП могут иметь циклы изменения напряжения по оптико-электронной модели во время испытаний на долговечность при 85 °С с использованием данных протокола испытаний при 85 °С, а также могут периодически характеризоваться изменениями в пропускающей способности при комнатной температуре (около 22 °С) на основании данных протокола испытаний при 22 °С.

8.4.1 Образцы ЭХ материала стеклопакетов помещают горизонтально на плоскость испытаний, а также подсоединяют к ним кабели, которые идут к электронным приборам, установленным дистанционно, через посредство соединителей, а именно соединителей штепсельного типа, быстроразъемного типа, которые указаны выше. Прикрепляют термопары (диаметр 0,13 мм) на ленте к центральной поверхности образцов (с ориентировкой в сторону источников света) с квадратными элементами размером 8 мм и толщиной алюминиевой ленты 0,05 мм. Выводы термопар можно отвести проводниками приблизительно на 75 мм от центра образца для обеспечения снятия напряжений. Отцентрируют термопары с удлинительными проводниками с соответствующей большей толщиной, которые идут на электронные приборы, расположенные дистанционно, через посредство сверхминиатюрных соединителей.

Примечание — до начала циклических испытаний при условии температуры испытания целесообразно произвести циклирование в оптико-электрическом плане всех образцов окон с ЭХП при комнатной температуре (около 22 °С) в обеспечение проверки целостности электронной системы управления и сбора данных, а также для проверки сплошности электрических соединений и соединений с термопарами.

8.5 Проведение испытаний с циклами изменения напряжения для стеклопакетов с ЭХ материалами в условиях повышенных температур. В то время, когда образец находится в состоянии «без цвета», включают ксеноновые лампы и регулируют температуру по сухому термометру (DBT) в обеспечение контроля температуры воздуха внутри камеры. Данная температура по сухому термометру DBT служит параметром контроля внутренней системы принудительного воздушного отопления и охлаждения, установленной при температуре менее Т в целях обеспечения температуры образца Т, которую достигают путем комбинированного теплообмена с источника конвективного теплообмена и с помощью установки под воздействие источника излучения. Температура образца зависит от конструкции уже готового покрытия ЭХ на стеклопакете, $К_ф$ во время цикла изменения напряжения, при размере образца, а также его местоположении на испытательном стенде в ходе испытаний типа AWU, а также в зависимости от того, в каком из состояний (с цветом/без цвета) находится окно с ЭХП. Если образец с ЭХ материалом в состоянии без цвета достигает искомую температуру испытаний, то начинают цикл изменения напряжения на ЭХ стеклопакета с помощью данных протокола электрических свойств такого материала при Т, полученной ранее на этапе подготовки к испытаниям в печи при ее Т. Выполняют незначительные корректировки уставки DBT для того, чтобы учесть неизбежный рост температуры образцов, который имеет место в результате адсорбции в состоянии набранного цвета. Температуры образцов допускается увеличивать или снижать на несколько градусов по шкале Цельсия в течение циклических испытаний на образце при помощи учета состояний в цвете и без цвета, соответственно. Неоднократно записывают и систематически контролируют температуры и данные об оптико-электронном циклировании посредством системы сбора данных во обеспечение надлежащей работы при испытаниях типа AWU, сопряженной с ними экспериментальной аппаратуры, а также вычислителя.

Примечание — Контрольная продолжительность воздействия напряжения — это доля от общей продолжительности цикла ($t_{цикла}$), за время которого на образец подводят и сохраняют напряжение для набора им цвета. 50%-ная продолжительность цикла относится к тому факту, что напряжение подводится и сохраняется для придания цвета на половину (50 %) общей продолжительности времени цикла. В течение оставшейся половины (50 %) времени цикла подводят и сохраняют напряжение «очистки». По причине того, что $t_{цикла} = t_c + t_b$, как указано в 8.2, с 50%-ной продолжительностью рабочего цикла $t_c = 0{,}5 \cdot t_{цикла}$. Подаваемое напряжение для набора и снятия цвета см. 8.2.

8.5.1 Программируют оптико-электрические параметры циклирования для ЭХ устройств, а также функции испытаний типа AWU для приостановки периодически после проведения предварительно установленного количества циклов набора и снятия цветности; как правило, под этим числом понимают (6000 ± 2000) циклов для испытаний ЭХП стеклопакетов. После окончания первой приостановки отсоединяют термопару и выводы электропроводников, идущих к образцу, от системы кабельной разводки, снимают образцы, проводят повторное измерение оптической пропускающей способности при комнатной температуре (около 22 °С). Проводят визуальный осмотр образцов ЭХ стеклопакетов и фотографируют все очевидные случаи ухудшения свойств покрытия с помощью цифрового фотоаппарата. Отмечают и фиксируют в протоколе все визуально заметные и очевидные случаи ухудшения свойств покрытия образцов, когда они находятся в состоянии набранного или снятого цвета. Фиксируют измерения оптических и электрических свойств, а также прочие сделанные

наблюдения, и повторно устанавливают образцы с ЭХП стеклопакетов в блок для испытаний в блоке AWU в целях проведения последующего ряда циклических испытаний, а именно: добавочно от 4000 до 10000 циклов набора и снятия цвета. Повторяют данную процедуру до того момента, пока не будет обеспечено в общей сложности 50000 циклов и не менее 5000 часов воздействия условий испытаний или пока не будет получен $К_Ф$ менее 4 в условиях комнатной температуры (около 22 °С), вне зависимости от того, какой из результатов будет более ранним. Контрольная продолжительность воздействия напряжения должна составлять 50 % в случае применения напряжения для придания цвета или в обесцвеченном состоянии, а также 50 % в случае применения напряжения для придания цвета или в состоянии с цветом. При условии достижения $К_Ф$ менее четырех до количества циклов 50000 и если выполнено условие длительности воздействия 5000 ч или если измерение показывает на наличие τ_b менее 50 %, то ЭХП стеклопакетов не проходят испытания на долговечность.

Примечания

1 По той причине, что ЭХП стеклопакетов подвергаются старению под воздействием ускоренного испытания на атмосферостойкость (8.5), то периоды набора цвета и обесцвечивания зачастую становятся более длительными (рис. 5). Путем жесткого соблюдения периодов набора и снятия цвета применительно к новому устройству на основе данных полученных от устройства, подвергшегося старению, можно в итоге получить КФ менее 4, однако устройство может оставаться пригодным для сохранения энергии в зданиях. До того момента, когда окно с ЭХП расценивают как не прошедшее испытание, надлежит увеличить периоды набора и снятия цвета до получаса или до того времени, которое требуется для того, чтобы изменился коэффициент пропускной способности до менее чем или приблизительно 0,4 % от пропускной способности в минуту в состояние «с цветом» или в обесцвеченном состоянии, соответственно, вне зависимости от того, что будет на выходе за меньший период набора или снятия цвета. В случае, если до сих пор получают $К_Ф$ менее 4, если используют промежутки времени до получаса в целях набора или снятия цвета, то устройство в таком случае не удовлетворяет данному критерию, предъявляемому к его эксплуатационным характеристикам.

2 Визуальный осмотр однородности надлежит проводить, если стеклопакет с ЭХП выдерживают при постоянном коэффициенте пропускания. Для установления заданного состояния при конкретном коэффициенте пропускания в целях определения однородности ЭХ материала у стеклопакетов надлежит запросить у заводов-изготовителей сведения для контроля (значения напряжения, силы тока, длительности), которые в итоге приведут к получению постоянного коэффициента пропускной способности применительно к электрохромным стеклопакетам, в состоянии «без цвета» и «в цвете», а также эти сведения используют для контроля.

8.6 Документирование видеосъемкой. По окончании завершающего ряда циклических испытаний, как указано в 8.5, заносят в протокол динамические характеристики ЭХП стеклопакетов в условиях комнатной температуры (около 22 °С). Монтируют все стеклопакеты с материалом ЭХ, которые подверглись старению, как указано в 8.5, рядом с образцом-свидетелем, взятым из той же партии, что и испытуемые образцы. Фиксируют динамические характеристики, соотносящиеся с 5 циклами набора и снятия цвета, при помощи видеокамеры

8.7 Окончательный визуальный осмотр. По окончании завершающего ряда циклических испытаний, как указано в 8.5, проводят окончательный осмотр, фотографируют, а также фиксируют все признаки визуально заметных случаев ухудшения свойств.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.8).

ДБ.7 **9 Анализ случаев снижения эксплуатационных свойств**

9.1 *Эффективность придания цвета.* Эффективность придания цвета может быть полезным параметром в качестве индикатора ухудшения эксплуатационных характеристик. $К_Ф$ типового ЭХП стеклопакета рассчитывают на основании спектров пропускания, например, указанных на рис.4. Данные коэффициенты приведены на рис.6 в виде функции количества циклов (см. незаштрихованные квадраты). Изменение в эффективности придания цвета (η) в любой момент времени t у стеклопакетов с ЭХП также определяют на основании упомянутых коэффициентов и заряда (Q), который проходит по окну с ЭХП в ходе процесса набора цвета, в соответствии с указанным в следующем уравнении:

$$\Delta\eta(t) = \frac{\Delta O.D.}{Q} = \frac{\log(\frac{\tau_b}{\tau_c})}{\int_0^{t_c} i(t)dt},$$

Где *O.D.* — оптическая плотность;

i — ток, обусловленный ионной проводимостью;

t — период времени;

τ_c — время придания цвета ЭХП стеклопакета.

Типовой тренд для эффективности набора цвета ЭХП стеклопакета является функцией количества циклов, указанных на рис. 6 в виде кубов. Как $К_Ф$, так и эффективность придания цвета сокращаются по мере завершения циклов, указанных для устройства.

Примечание — Может оказаться сложной оценка эффективности придания цвета в части полупроводниковых приборов, в которых измеряемый ток является суммой ионных и электронных токов, а не только тока, обусловленного ионной проводимостью, i.

9.2 Коэффициент фотопического пропускания. Расчет данного $К_ф$ проводят на основании данных об оптическом коэффициенте пропускной способности в случаях состояний с набранным и снятым цветом. Данное положение является особенно значимым по причине эффектов интерференции, которые могут искажать фактическое изменение $К_ф$ в случаях, когда используется только одна длина волны. Для расчета коэффициента фотопического пропускания при обесцвечивании, $\tau_b(p)$, можно использовать следующее уравнение

$$\tau_b(p) = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \tau_b(\lambda) I_p(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} I_p(\lambda) d\lambda},$$

где λ_{max} = 730 нм;
λ_{min} = 400 нм;
$\tau_b(\lambda)$ —коэффициент пропускания в состоянии обесцвечивания при любой длине волны;
λ и $I_p(\lambda)$- функция интенсивности свечения.

Аналогичное выражение применяют для определения коэффициента фотопического пропускания при состояние в цвете, $\tau_c(p)$. Далее находим коэффициент $К_ф$ согласно простому соотношению $\tau_b(p)/\tau_c(p)$. График (см. рис. 6) $К_ф$ в зависимости от уже пройденных циклов также является полезным для того, чтобы удостовериться в ухудшении эксплуатационных параметров ЭХП остеклений.

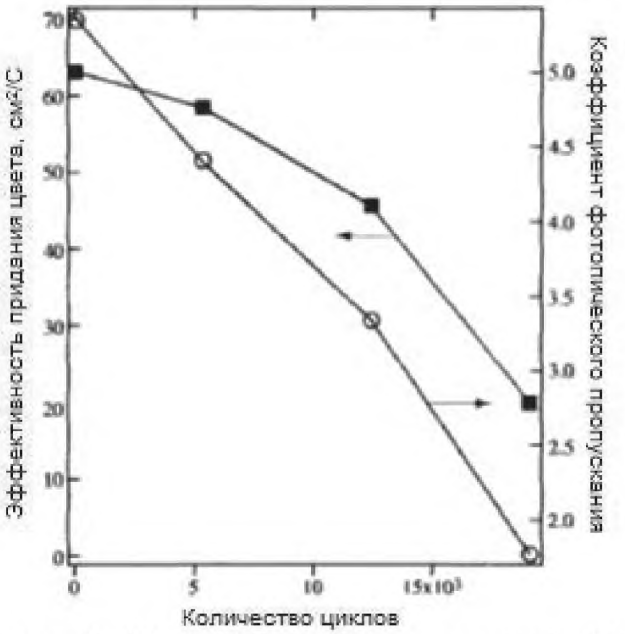


Рисунок 6 — Коэффициент фотопического пропускания и эффективность придания цвета в виде функции количества циклов применительно к типовому ЭХП стеклопакетов.

9.3 *Дополнительные анализы.* Соотношение конкретного t_c к приведенному $\tau_c(p)$ или τ_b к исходному или максимальному $\tau_b(p)$ также может оказаться полезным для оценки ухудшения эксплуатационных параметров. Для оценки ухудшения эксплуатационных параметров могут быть нелишними измерения $К_ф$ в различных точках расположения образцов, а именно: в центре, на углах, а также между центром и краем ЭХ материала стеклопакета. Вариации на боковых поверхностях в отношении $К_ф$ также в результате могут иметь старение электрохромных устройств. Любой $К_ф$ менее четырех считают недопустимым.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.9).

ДБ.8 10.1 Необходимо проводить наблюдения и документально фиксировать нижеследующее:

10.1.1 разрушение образца;

10.1.2 разрыв на образце, который указывается в случае $К_ф$ менее четырех;

10.1.3 ухудшение свойств образца, которое визуально заметно в обесцвеченном состоянии;

10.1.4 ухудшение свойств образца, которое визуально заметно в состоянии с набранным цветом;

10.1.5 ухудшение свойств образца, которое подтверждают фотографии, отражающие обесцвеченное состояние;

10.1.6 ухудшение свойств образца, которое подтверждают фотографии, отражающие состояние с набранным цветом;

10.1.7 ухудшение свойств образца, которое подтверждают видеоматериалы, отражающие обесцвеченное состояние;

10.1.8 ухудшение свойств образца, которое подтверждают видеоматериалы, отражающие состояние с набранным цветом.

11 Протокол

11.1 Протокол испытаний должен содержать:

11.1.1 полное описание образца(ов) для испытаний;

11.1.2 выполненные испытания на образце(ах), а также результаты тех испытаний, как до так и после момента проведения ускоренных испытаний;

11.1.3 тип проведенных ускоренных испытаний;

11.1.4 количество динамических циклов, которые были завершены до момента проявления разрушения;

11.1.5 количество часов, которые прошли перед проявлением разрешения.

11.2 Дополнительные сведения, как, например, технические схемы, а также видеоматериалы могут быть учтены в составе протокола испытаний.

11.3 Подготавливают протокол для каждого комплекта стеклопакетов с ЭХП по завершении всех комплексов циклов и определении оптической характеризации. В протоколе указывают $К_ф$ после каждого комплекса циклов, а также суммарную продолжительность испытаний в часах, а также учитывают указание исходного и конечного значения $К_ф$. В протоколах указывают таблицы с соответствующими значениями для исходных данных характеризации, а также те же данные по окончании циклов изменения напряжения в оптико-электрическом отношении, как указано в смоделированных данных, приведенных в табл. 1. Данные о фотопическом коэффициенте пропускания предоставляют только в заключительном отчете (заключении). Графики линейно-возрастающих характеристик напряжения, которые аналогичны указанным на рис. 3, изменения коэффициента пропускания в ходе набора и снятия цвета, те, что идентичны указанным на рис. 4 (но построенные в виде отдельных графиков), пропускание в ходе набора и снятия цвета, как аналогично приведено на рис. 5, а, также $К_ф$, идентичный данным рис. 6, предусматривают для каждого комплекса ЭХП стеклопакетов, которые были подвергнуты испытаниям. Для такого применения указан промежуток времени между графиками спектров пропускания, аналогичных указанным на рис. 4. В итоге пользоваться более длительным периодом набора и снятия цвета, т.е. от 5 до 10 раз длительнее, чем использованные периоды во время циклических испытаний для характеризации при комнатной температуре в целях определения времени, требуемого для достижения коэффициентов $К_ф = 5$ по окончании всех рядов циклов.

11.3.1 Как и в случае с количественными показателями, представляют в сводном виде, а также учитывают все наблюдения, сделанные при осмотре, в отношении стеклопакетов с ЭХ материалом, а для каждого поставщика подготавливают отдельный отчет. Если возможно, сводно представляют информацию о сделанных наблюдениях в общем виде применительно ко всем ЭХ материалам стеклопакетов, а на следующем этапе уже снабжают каждый образец дополнительными комментариями. По окончании последнего циклического испытания и определения характеризации свойств оптических и электрических параметров помещают каждый открытый для воздействия стеклопакет с ЭХ материалом на одной линии с контрольным образцом (который не подвергается воздействию в блоке AWU), а также проводят видеофиксацию для того, чтобы установить и отметить видимые влияния на любое ухудшение свойств в течение цикла набора/снятия цвета при помощи данных из протоколов оптико-электрического метода набора и(или) снятия цвета при температуре около $t = 22°C$.

Таблица 1 — Результаты испытаний оптико-электронных параметров при 22 °C до и после выдержки образца в блоке AWU

Устройство, №	V_c (V)	V_b (V)	t_c /(8)	t_b/8	% t_A макс	% t_A	$К_ФA$	% $\tau_{макс}$	% $\tau_{мин}$	$К_ФA$	Циклы при 85±5 °C % τ_A	Длительность пребывания в условиях испытаний, в часах
D-1	w	y	x	z	aa	bb	aa/bb	ee	ff	ee/ff	0	ZZZZ
D-1	w	y	x	z	cc	dd	cc/dd	gg	hh	gg/hh	V.VVV	YYYY
A = $К_ф$ - фотопический коэффициент пропускания, в % tb/% tc												

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5 (п. 7.9.10).

Приложение ДВ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта ASTM

Таблица ДВ.1

Структура настоящего стандарта	Структура стандарта ASTM E2141—12
1 Область применения (1)	1 Область применения
[1)]	2 Нормативные ссылки
2 Термины и определения (3)	3 Терминология
3 Сущность метода (4)	4 Значение и применение
[2)]	5 Вводная информация
4 Оборудование (6)	6 Аппаратура
5 Подготовка к проведению испытаний (7)	7 Образцы для испытаний
6 Проведение испытаний (8)	8 Процедура
7 Обработка результатов (9)	9 Анализ случаев снижения эксплуатационных свойств
8 Протокол испытаний (10 и 11)	10 Наблюдения
	11 Протокол
[3)]	12 Дополнительные требования
[4)]	13 Прецизионность и систематическая погрешность
[5)]	14 Ключевые слова
[3)]	Приложение
Приложение ДА Оригинальный текст невключенных структурных элементов	
Приложение ДБ Оригинальный текст модифицированных структурных элементов	
Приложение ДВ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ	

[1)] Данный раздел исключен в соответствии с ГОСТ Р 1.7 (п. 7.6.5).

[2)] Данный раздел исключен, т. к. носит поясняющий характер.

[3)] Данный раздел (приложение) исключен, т. к. носит справочный характер.

[4)] Данный раздел исключен, т. к. в нем отсутствуют требования к точности, не указаны нормы по погрешности и ее составляющих данного метода испытаний.

[5)] Данный раздел приведен в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5 (п. 5.6.2).

Примечание — После заголовков разделов настоящего стандарта в скобках приведены номера аналогичных им разделов стандарта ASTM.

УДК 666.247.2 ОКС 83.120

Ключевые слова: композиты, ускоренное испытание на старение, электрохромные покрытия герметичных стеклопакетов

Редактор *В.М. Костылева*

Корректор *Е.А. Дульнева*

Компьютерная вёрстка *Е.К. Кузиной*

Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 3,72. Тираж 35 экз. Зак. 191.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru