

УДК: 678.6/7.002.25

Л.Г. Кучма, НИИСП, г. Киев

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

АННОТАЦИЯ

В статье дан анализ существующей нормативной документации, определены понятия и толкования показателей эксплуатационной надежности полимерных материалов строительного назначения.

Показаны ограничения и методы усовершенствования техники измерения цветоустойчивости полимерных строительных материалов.

Рассмотрены теоретические концепции и их развитие по определению эксплуатационной долговечности полимерных материалов под воздействием климатических факторов и силовых внешних воздействий.

Представлено практическое применение теории термофлуктуационного разрушения полимеров во время их эксплуатации на примере “Методики определения долговечности рулонных и листовых кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов”.

Ключевые слова: долговечность, цветоустойчивость, методы определения, нормирование, оценка и анализ, показатели эксплуатационной надежности, полимерные строительные материалы, понятия и определения, стойкость к внешним воздействиям, стойкость к климатическим факторам, теории разрушения полимеров, техника измерений.

1. Общие положения

Рынок строительных полимеров - это разнообразная продукция по своему назначению, форме поставки к потребителю, внешнему виду, техническим характеристикам и технологиям применения на объекте.

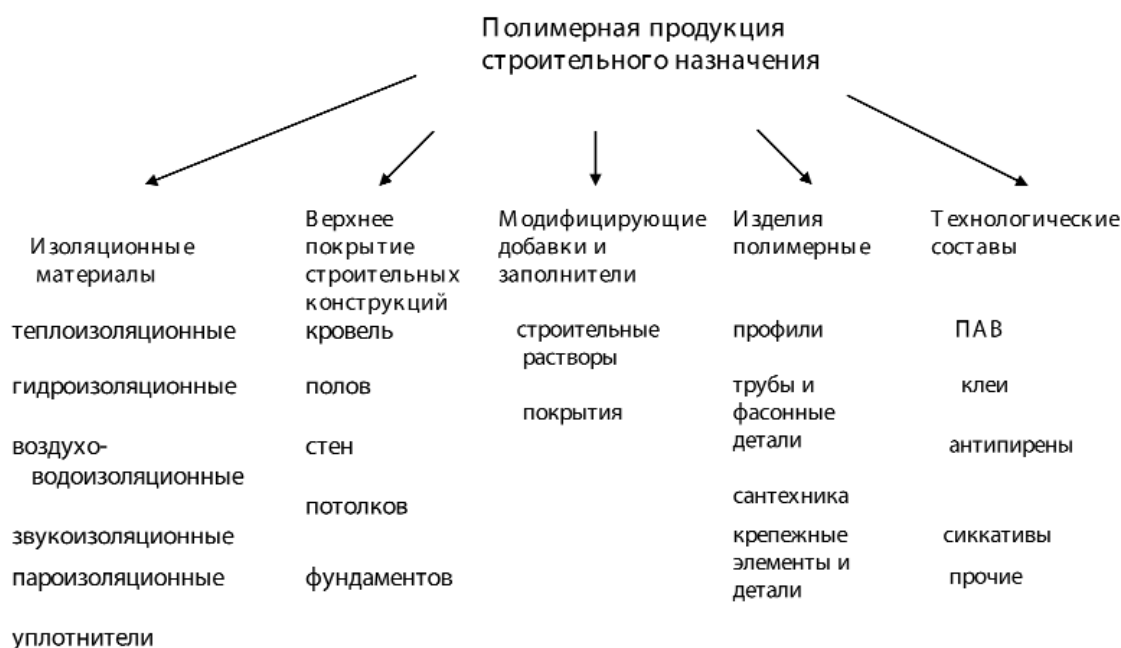
Полимерная продукция строительного назначения по своим функциям строго классифицирована нормативными документами.

Показатели эксплуатационной надежности входят в критерии технического уровня и стабильности того или иного вида полимерного материала и, как правило, это показатели:

- стойкость к климатическим факторам;
- цветоустойчивость;
- долговечность или срок службы.

В ГОСТ эти показатели часто вводили в ранг перспективных, иногда рекомендуемых по причине отсутствия методик, которые определяли реальные значения этих показателей.

Распределение рынка полимерной продукции



Эти показатели не новые, они постоянно востребованы, и есть определенное количество стандартов (на лакокрасочную продукцию, на кровельные материалы, на полимерные строительные материалы), которые посвящены нормированию показателей эксплуатационной надежности:

— ГОСТ 9.045-75 ЕСЗК. Покрытия лакокрасочные. Ускоренные методы определения светостойкости

— ГОСТ 9.401-91 ЕСКЗКС Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

— ГОСТ 9.707-81 ЕСЗК. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение

— ГОСТ 9.708-83 ЕСЗКС. Пластмассы. Методы испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов

— ГОСТ 6992-68 ЕСКЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод испытания на стойкость в атмосферных условиях

— ГОСТ 11583-74 Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты

— ISO 2440:91 Матеріали полімерні пористі, еластичні і жорсткі. Випробування на прискорене старіння

— ГОСТ 18956-73 Материалы рулонные кровельные. Методы испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов

— ГОСТ 9.710-84 ЕСКЗКС. Старение полимерных материалов. Термины и определения

— ГОСТ 21964-76 Внешние воздействующие факторы. Номенклатура показателей

— ГОСТ 26883-86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения

— ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах

2. Основные понятия и определения

Долговечность. В стандартах или технических условиях закладывается определенная норма, которая бы характеризовала надежность материала по таким показателям, как “гарантийный срок службы”, “условная долговечность”, “ресурс мате-

риала”, “срок эффективной эксплуатации”.

Стойкость к климатическим факторам включает определение теплостойкости, морозостойкости, водопоглощения, сорбционного увлажнения, циклической смены температур (циклы «замораживание/оттаивание»). Методики определения этих показателей известны и они входят в перечень физико-механических характеристик.

В основном соблюдаются принципы, предъявляемые к методам контроля показателей физических характеристик. Есть нюансы, неточности, неопределенности, что решается в процессе испытаний для конкретного вида материала.

Теплостойкость и морозостойкость принимают в НД как температурные условия эксплуатации полимерного материала, а циклы «замораживание/оттаивание» — как стойкость материала к многократным изменениям температуры «минус» — «плюс».

Стойкость к климатическим факторам носит регламентированный характер. Правильно для потребителя этот важный показатель называть как долговечность к воздействию климатических факторов. Но на материал в процессе эксплуатации влияют и другие воздействия: солнечное излучение, осадки, ветер, кислород, озон, силовые воздействия, агрессивные среды.

При определении цветоустойчивости полимерных материалов в нормативных документах на конкретный вид полимерной продукции (в основном для отделочных и облицовочных материалов) закладывается норма не менее 30 часов при их облучении ксеноновыми лампами в соответствии с методикой, регламентированной ГОСТ 11583-74 «Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты».

3. Оценка существующих методик по определению показателей надежности полимерных материалов

а) долговечность

— необходимость выполнения предварительных испытаний, оценивающих разными критериями пригодность материала для выполнения сложных дальнейших испытаний;

— необоснованность принятых жестких условий испытаний;

— перегрузка стандартов сложными формулами высшей математики обработку результатов и изменене направлений исследований в зависимости от промежуточных результатов;

— обобщенный характер положений и требований стандартов усложняет выбор методики под конкретное назначение того или иного полимерного материала без учета особенностей его эксплуатации;

— стандарты не предусматривают корреляции между результатами испытаний при воздействии природных и искусственно созданных климатических факторов и др.;

— в целом проанализированные существующие нормативные документы можно использовать для сравнительных тестовых оценок стойкости полимерных материалов к старению под воздействием природных или искусственно созданных климатических факторов. При этом нужна существенная детализация, уточнения и дополнения для каждого отдельного случая в зависимости от применения на объекте строительства, т.е. даже в этом случае нужно разрабатывать отдельные методики под конкретные виды материалов.

б) стойкость к климатическим факторам (климатическое старение)

Полимерные материалы, эксплуатирующиеся на воздухе, подвергаются климатическому старению, что влияет на их надежность и срок службы.

В нормативных документах и стандартах нужно уходить от многообразия понятий одного и того же термина «долговечность». Только его нужно придерживаться при разработке нормативного документа на полимерную продукцию. От термина «старение полимеров» тоже нужно уходить, а правильнее говорить о потере или стойкости эксплуатационных показателей при тех или иных климатических воздействиях, например, физико-технические характеристики кровельных материалов до и после длительного воздействия повышенной температуры.

Термин «старение» — это причина, в результате чего полимерный материал снизил свои первоначальные показатели. Таким образом, в нормативных документах следует апеллировать факторами климатического воздействия и результатами этого воздействия на материал.

Относительно стойкости к климатическим факторам правильно было бы называть долговечность полимерного материала при воздействии

климатических факторов и внешних воздействий (дождь, ветер, снег, температура, кислород, озон, туман, солнечное излучение).

в) цветоустойчивость

Среди наиболее распространенных дефектов, возникающих со временем в полимерных материалах и изделиях для отделки, облицовки, в конструкциях пластмассовых окон, — это изменение цвета поверхности светлых тонов под воздействием солнечного излучения в совокупности с другими климатическими факторами.

Это связано с изменением цветовых характеристик пигментов, а фотохимическая деструкция полимеров проходит в более позднее время, учитывая стабилизационные добавки, которые обязательно вводятся в технологические рецептуры при производстве продукции.

Если принять, что изменение свойств полимерных материалов во время эксплуатации в естественных условиях в той или иной климатической зоне в основном обусловлены действием солнечного излучения, а остальные факторы (дождь, ветер, снег, температура, кислород, озон) усиливают фотохимические превращения, то выбор источника светового излучения для искусственных испытаний приобретает большое значение.

Цветоустойчивость полимерных материалов обычно определяют экспериментальным путем, используя при этом аппараты искусственной погоды: везерометры, феодеометры, ксенотесты (в зависимости от типа лампы освещения) типов: ИП-1-2, ИП-1-3, АИПСТ-2-4-2, АВК-2, ЧПК-2.

Все эти аппараты работают на искусственных источниках света: дуговые ртутные трубчатые лампы (ДРТ), ртутно-кварцевые лампы (ПРК), ксеноновые лампы, угольные дуговые лампы закрытого типа.

Эти лампы для проведения искусственных испытаний полимерных материалов не удовлетворяют основному требованию — идентичности спектрального состава естественному свету от природного источника излучения солнца.

Корректировку состава излучения в лампе достигают, применяя соответствующие светофильтры или комбинацию ламп. Но даже в этом случае результаты желают лучшего.

Источники излучения, в которых используется электрический разряд в ксеноне, приобрели наибольшую популярность (в сравнении с угольными

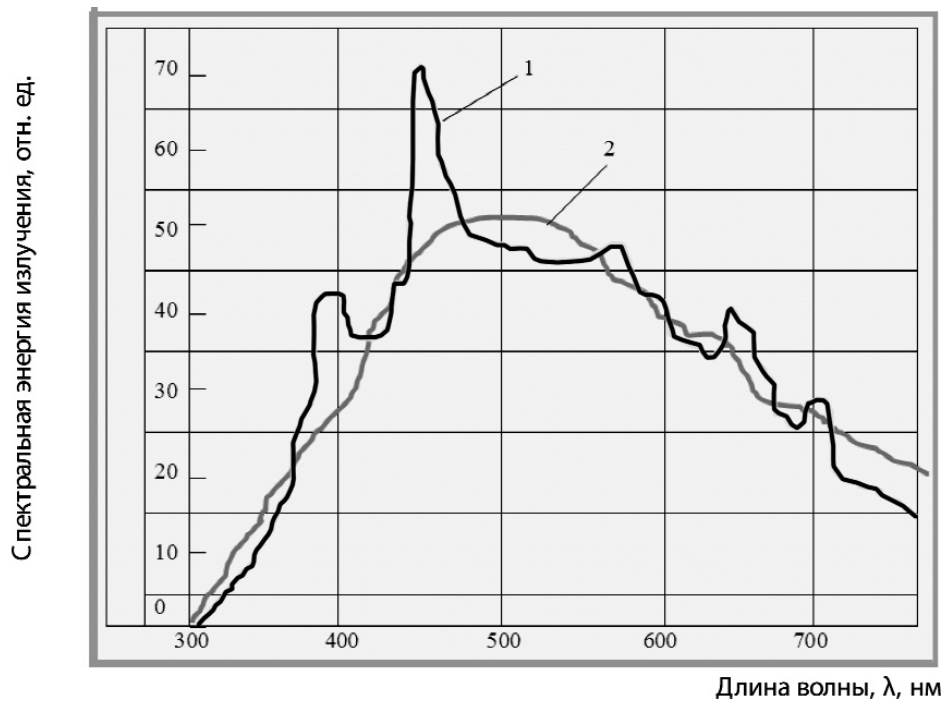


Рис. 1. Спектральное распределение энергии в излучении:

1-ксеноновая лампа после системы фильтров аппарата Ксенотест-450; 2-солнце и небо на широте Европы

ми, ртутно-кварцевыми, флуоресцентными лампами) как наиболее приблизившиеся по характеру распределения энергии светового излучения к световому излучению солнца.

На рисунке 1 видны участки в ксеноновых лампах, которые не достигают уровней спектральной

энергии солнечного излучения, а другие выходят за ее пределы.

К основным характеристикам солнца как источника излучения относятся его угловые размеры, энергетические и спектральные характеристики и степень их изменения по поверхности.

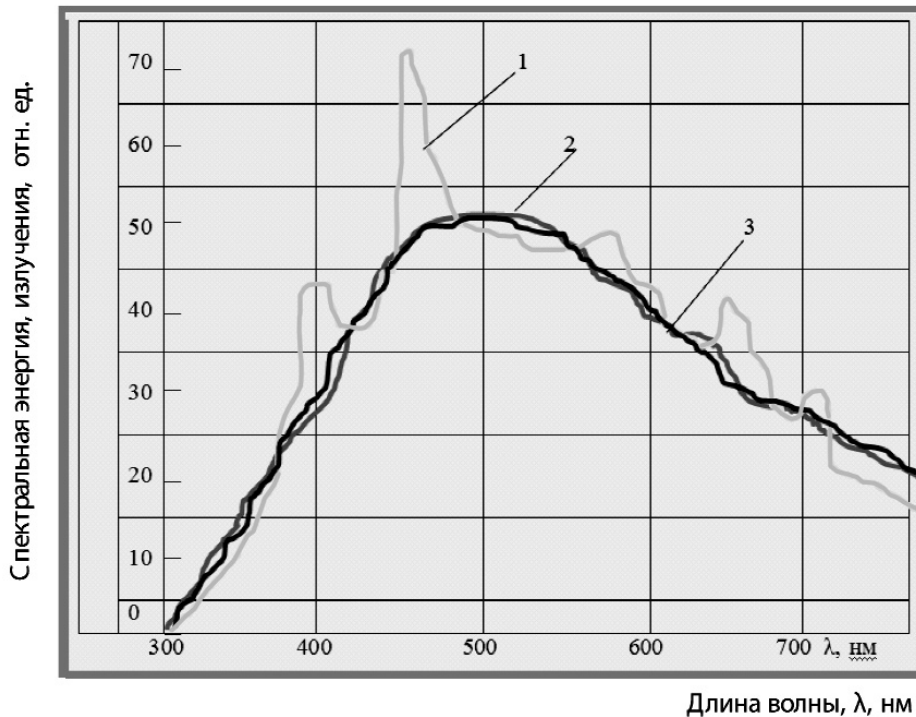


Рис. 2. Спектральное распределение энергии в излучении:

1-ксеноновая лампа после системы фильтров аппарата Ксенотест-450; 2-солнца и небо на широте Европы; 3-прибор по определению цветоустойчивости полимеров с газоразрядной лампой

В зависимости от характера излучаемой энергии у солнца различают фотосферу, обращающий слой, хромосферу и корону. Фотосфера является основным источником солнечного излучения с непрерывным спектром (рисунок 3). В ней с увеличением глубины растет температура, что обуславливает потемнение диска к краю.

Образующий слой и хромосфера образуют атмосферу солнца. Они состоят из светящихся газов, яркость которых в сотни раз меньше яркости фотосферы.

Корона представляет собой внешнюю часть солнечной атмосферы и не имеет четкой наружной границы, ее яркость в миллион раз меньше яркости фотосферы и не превышает яркости луны в полнолуние.

На характеристики излучения солнца влияют солнечные пятна, периодичность появления которых равна одиннадцати годам, взрывы и протуберанцы, появление которых аperiodично, и постоянные неравномерности в атмосфере.

Спектр излучения солнца за пределами земной атмосферы примерно совпадает со спектром излучения черного тела, имеющего температуру 6000 К. Энергетическая светимость составляет $6,2 \times 10^7 \text{ Вт/м}^2$.

До поверхности земли от солнца через атмосферу доходит в основном излучение в диапазоне длин волн 0,3-3,0 мкм с полосами поглощения, оп-

ределяемыми содержащимися в атмосфере парами воды, углекислым газом и озоном. В приземных слоях атмосферы излучение солнца эквивалентно излучению черного тела с температурой 5600 К (рисунок 3).

Энергетическая освещенность (мощность излучения), создаваемая солнцем на площадке, перпендикулярной к направлению на солнце вне земной атмосферы, составляет 1360 Вт/м^2 (в перигее 1407 Вт/м^2 и в апогее 1316 Вт/м^2). На поверхности земли мощность излучения лежит в пределах $616-913 \text{ Вт/м}^2$.

В видимой области спектра за пределами атмосферы освещенность (яркость), создаваемая солнцем, составляет $1,37 \cdot 10^5 \text{ лк}$. В приземных слоях максимальная освещенность составляет около 10^5 лк .

Очень важным обстоятельством для проведения испытаний в лабораторных условиях является то, что солнечное излучение независимо от высоты над уровнем моря носит непрерывный характер.

Основное требование к искусственным источникам излучения – максимальное совпадение по составу (спектральное распределение) и интенсивности к солнечному излучению.

Спектр, энергетическая мощность и непрерывность в спектральном распределении – вот требование к источникам излучения для проведения исследований на светостойкость полимерных материалов.



Рис. 3. Спектры излучения солнца: 1-за пределами атмосферы; 2-на уровне моря

Первыми источниками искусственного излучения для лабораторных исследований были ртутно-кварцевые лампы, у которых спектр излучения совпадает в коротковолновой ультрафиолетовой части на 55 %.

Несколько позже в 60-70 годы стали использовать для этих целей флуоресцентные лампы, но они маломощны.

Американский стандарт ASTM D1500-60 использует семь флуоресцентных ламп для проведения исследований по определению светостойкости пластмасс. Дальше стали применять дуговые угольные лампы («излучение вольтовой дугой») — стандарт ASTM D1920-65, как более мощные, но по спектру излучения сильно отличающиеся от солнечного.

При корреляции результатов экспериментальных лабораторных испытаний нужно учитывать изменение интенсивности солнечной радиации в зависимости от времени года и времени дня (рисунок 4).

Исследованиями установлено, что температура не влияет на процесс фотохимической деструкции полимерных материалов. И поэтому многие исследователи считают, что нужно проводить исследования только в ультрафиолетовой области

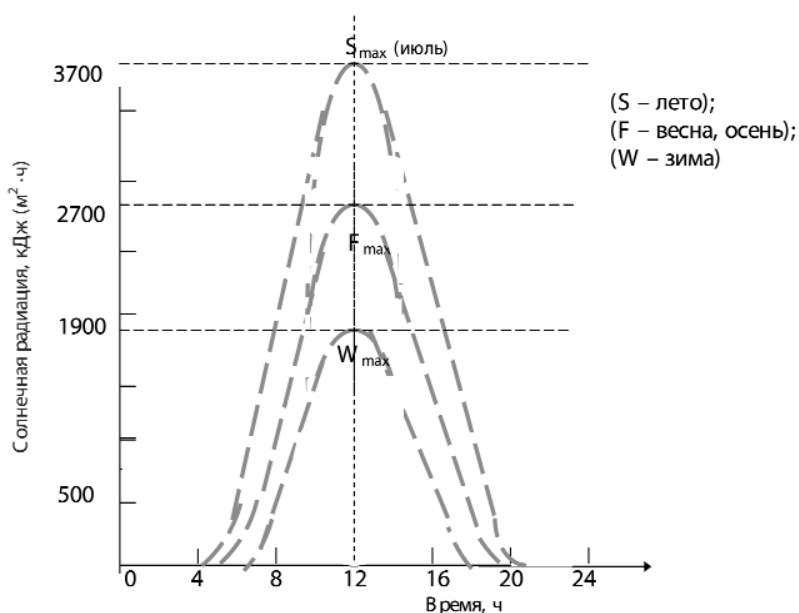


Рис. 4. Среднечасовые значения интенсивности солнечной радиации в зависимости от времени дня и времени года

излучения. Лампы, используемые для исследований цветостойкости, в первую очередь, ксеноновые, имеют узкий ультрафиолетовый диапазон излучения, который имеет дискретный характер (рисунки 5, 6).

Но воздействие температуры приводит к снижению прочностных свойств полимерных материалов.

Нужно проводить исследования и в области инфракрасных длин волн, охватывая весь спектр солнеч-

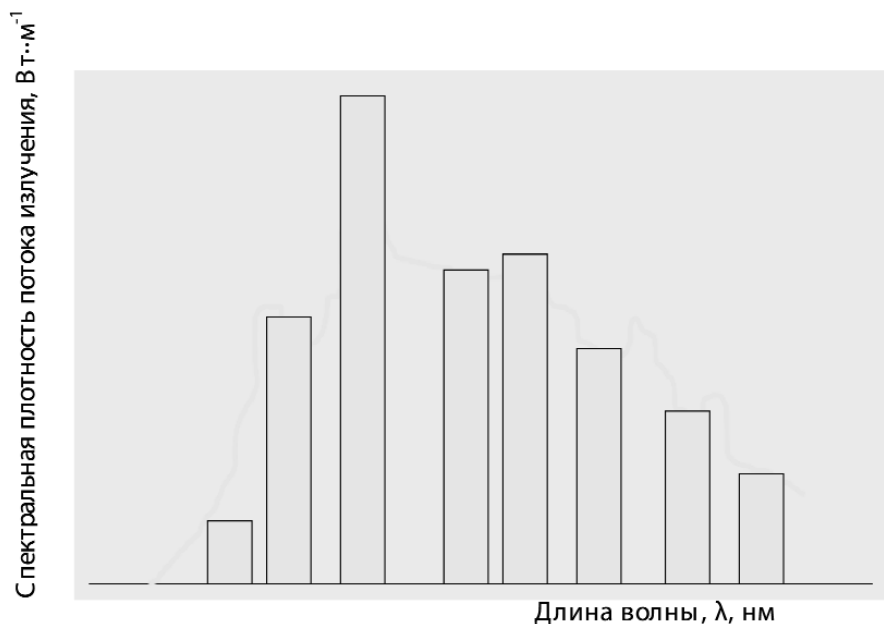


Рис. 5. Дискретный (линейный) характер спектра излучения ксеноновой лампы

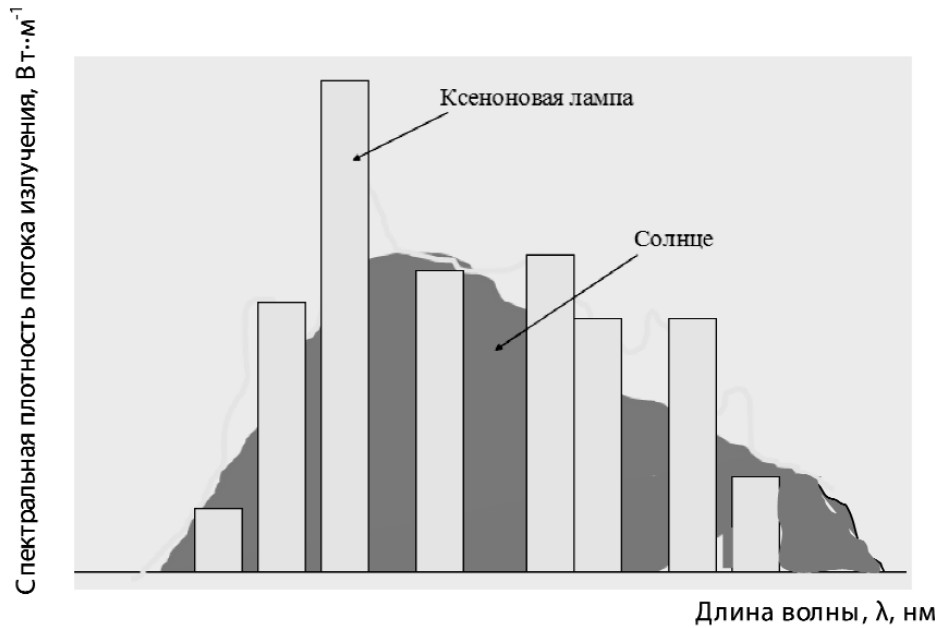


Рис. 6. Дискретный характер спектра излучения ксеноновой лампы в сравнении с солнечным излучением, имеющий сплошной (непрерывный) характер

ного излучения (рисунок 7). Примеры эксплуатации объектов подтверждают эту необходимость.

Непрерывно совершенствуются источники света, и показателем качества лампы в светотехнике служит, прежде всего, ее световая отдача: сколько люменов дает она на ватт расходуемой мощности (лм/Вт). Именно по этому признаку ксеноновые лампы, как морально устаревшие, ушли с рынка на замену более совершенным.

4. Методы определения долговечности полимерных материалов

4.1 Основные, краткие концептуальные положения в вопросе исследования долговечности твердых тел и полимеров в частности

Исследование проблемы разрушения твердых тел и полимерных материалов, в частности, ведутся по двум фундаментальным направлениям:

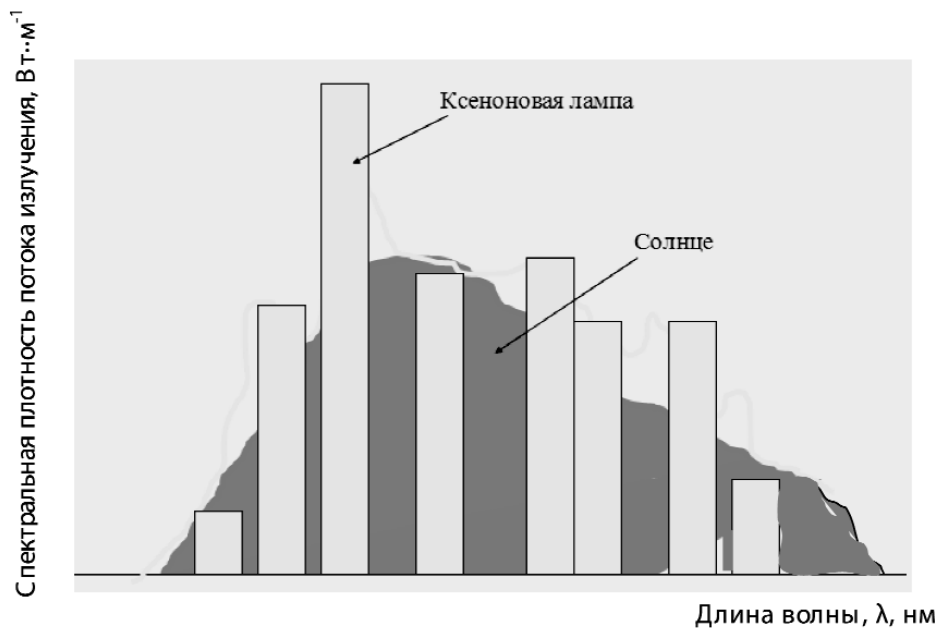


Рис. 7. Спектры излучения ксеноновой лампы, солнца и газоразрядной лампы высокого давления ртутно-галогидной

механо-статический подход как более ранний и кинетический термофлуктуационный подход как более поздний.

Первое направление – общепринятые классические представления о разрушении тел как критическое событие, наступающее при достижении в теле напряжения некой критической величины.

Вводится понятие предельного состояния материала: предела прочности, предела текучести, предела упругости и др. Считается, что материал будет долговечен, пока нагрузка не достигнет предела прочности.

Механический подход – исходит из необходимости определить те предельные критические условия, при которых происходит разрушение материала. Теория предельного состояния базируется на поиске критериев разрушения.

Статический подход к проблеме прочности материалов использовался длительное время и сохранил свою распространенность в том или ином виде и сегодня.

Экспериментально наблюдаемые случаи преждевременного разрушения конструкций и сооружений при напряжениях, меньших указанных пределов, явились прямым доказательством недостаточности развитых теорий предельного состояния.

Второе важное направление – учет влияния теплового движения атомов в твердом теле на развитие разрушения, т.е. в статике нужно будет учитывать кинетику теплового движения атомов. Такой подход был связан с накоплением экспериментальных данных о влиянии температуры на предельное состояние тел. С внешней силой взаимодействует уже не статическая система атомов, а система частиц, каждая из которых находится в колебательном тепловом движении.

При этом важную роль в межатомных взаимодействиях в теле играет неравномерность теплового движения – энергетические флуктуации (приобретение кинетической энергии, превышающей во много раз среднюю). Именно тепловые флуктуации составляют основное физическое содержание нового кинетического подхода к проблеме прочности твердых тел.

Внешнее разрывное напряжение лишь увеличивает вероятность разрыва связей (межатомных и межмолекулярных) и уменьшает вероятность их восстановления (рекомбинации).

В кинетическом подходе основное внимание уделяется атомно-молекулярному процессу разру-

шения, и разрыв рассматривается как конечный результат постепенного развития и накопления микроразрушений (микротрещин).

Фактической основой кинетической теории разрушения твердых тел явились экспериментальные данные о влиянии времени и температуры на прочность тела.

Зависимость прочности от времени наблюдается у большого числа различных видов материалов: резин, пластмасс, стекол, бетонов, металлов, фарфора и многих других.

Влияние окружающей среды на прочность, несомненно, имеет место, однако универсальность влияния времени на прочность позволяет утверждать, что воздействие среды не может быть их общей причиной разрушения. Это подтверждается прямыми опытами, в которых временная зависимость прочности обнаружена и при испытаниях в вакууме и инертных средах. Материалы разрушаются в этих случаях во времени, исключая какие-либо внешние воздействия.

Разрушение тел является термофлуктуационным процессом, который нельзя характеризовать, используя понятие о “пределе прочности”.

В соответствии с этой концепцией долговечность тела под нагрузкой принимается как фундаментальная основополагающая величина, определяющая прочность материала, его эксплуатационную надежность и нашла свое отражение в известном уравнении академика С.Н. Журкова.

Основное уравнение долговечности $\tau = \tau(\sigma, T)$ является общим для всех видов твердых тел, в том числе и для полимеров, и описывается экспоненциальной зависимостью с тремя величинами, со своей физической сущностью и имеет общий вид:

$$\tau = \tau_0 \exp(U_0 - \gamma \sigma) / kT, \quad (1)$$

где

τ_0 – период тепловых колебаний атомов (для полимеров $\tau_0 = 10^{-12}$ с - 10^{-13} с, реже – 10^{-14} с);

U_0 – энергия активации самопроизвольного разрыва полимерной цепи при $\sigma = 0$, кДж/моль;

γ – структурно – чувствительный коэффициент, не зависящий от физического состояния и надмолекулярной структуры полимера, кДж/МПа моль;

k – постоянная Больцмана = $1,380662 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;

σ – напряжение, МПа;

T – температура тела, К.

В логарифмических координатах это уравнение имеет вид прямых линий.

Уравнение справедливо для всех видов материалов (металл, стекло, пластмасса всех видов — твердые изделия, пленки, волокна и др., резиновые изделия, бетон и др.

4.2 Универсальность уравнения долговечности полимеров

Кинетическая теория термофлуктуационного механизма разрушения твердых тел справедлива для всех видов нагрузок (растяжение, сжатие, кручение, сдвиг) и разных режимов их воздействий (статическая, динамическая, циклическая и др.) в воздушной среде и вакууме. Она справедлива также при воздействии внешних факторов под влиянием солнечной радиации, водных и химически агрессивных сред.

В условиях непрерывного изменения температуры и напряжения при эксплуатации, а также исходя из предполагаемой необратимости разрушающего действия нагрузки, для расчета долговечности используем критерий Бэйли — принцип суммирования нарушений.

Если напряжение σ действовало в течение времени Δt_i , то соответствующее относительное уменьшение долговечности можем быть равным $\Delta t_i/\tau$. В следующий период Δt_2 действия той же нагрузки σ доля уменьшения долговечности составит $\Delta t_2/\tau$ и т.д.

Разрыв ожидается тогда, когда сумма относительных уменьшений долговечности станет равной единице. Если образец подвергнут действию произвольной последовательности напряжений σ_i , каждому из которых соответствует долговечность $\tau(\sigma_i)$, а время действия равно Δt_i , то разрыв произойдет при условии:

$$\sum_i \frac{\Delta t_i}{\tau(\sigma_i)} = 1$$

Или для $\sigma = \sigma(t)$

$$\int_0^{\tau_p} \frac{dt}{\tau[\sigma_i(T)]} = 1$$

где τ_p — время до разрушения образца под действием переменного во времени напряжения $\sigma(t)$;

$\tau[\sigma_i(T)]$ — долговечность полимерного материала при действии постоянного напряжения при действии температуры $T = \text{const}$;

dt — время разрушения образца полимерного материала на определенную долю, равную $\Delta t_i/\tau_i$, где τ_i — долговечность при действии напряжения $\sigma_i = \text{const}$.

Это важное уравнение для практических расчетов долговечности полимерного материала в условиях сложного режима воздействий при эксплуатации.

4.3 Практическое применение кинетической термофлуктуационной теории разрушения полимерных материалов

Методологически концепция кинетической термофлуктуационной теории разрушения полимерных материалов нашла свое отражение в нормировании при сохранении своих нормативных показателей в условиях эксплуатации согласно ГОСТ 9.045-75,

ГОСТ 9.707-81 на резиновые изделия. В этих стандартах заложена экспоненциальная зависимость времени, напряжения и температуры. О недостатках этих стандартов уже говорилось выше.

НИИСП на протяжении нескольких лет занимался всесторонним изучением и анализом научно-технической литературы, посвященной вопросам прочности и долговечности полимерных материалов. Особенности структуры полимеров, наличие надмолекулярных структур, физико-механика полимеров, наличие множества релаксационных процессов, наличие кристаллической фазы и трех аморфных состояний полимеров (стеклообразное, высокоэластичное, вязко-текучее) выделяют полимеры в особый самостоятельный класс материалов с ярко выраженными специфическими физико-механическими свойствами.

На основе всей совокупности теоретических обоснований современных представлений и теорий прочности полимеров проанализированы существующие методологические подходы, которые дают возможность наиболее объективно, достоверно и научно обоснованно определять долговечность полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов. Была составлена программа исследований и выполнены научно-исследовательские работы по разработке методики определения долговечности строительных полимерных материалов.

1 Методика [8] устанавливает правила проведения испытаний и математической обработки полученных результатов по определению долговечности

ти полимерных материалов строительного назначения.

2 Методика предназначена для разработчиков, изготовителей и потребителей рулонных и листовых (плиточных) кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов, а также для специалистов научно-исследовательских институтов, которые выполняют исследования и испытания полимерных строительных материалов, и может быть полезной для специалистов, использующих полимерные материалы другого назначения.

Преимущества новой методики:

- она позволяет определять долговечность (эксплуатационную надежность) на основании выполненных экспериментальных исследований и дальнейшей их корреляции к изменяющимся реальным условиям эксплуатации полимерных материалов;

- в ее основу положены прогрессивные доминирующие сегодня научные теоретические положения прочности твердых тел и разрушения полимерных материалов в условиях воздействия климатических факторов;

- построенные графоаналитические зависимости распространяются и на действие минусовых температур, т.е. нет необходимости и это экономически целесообразно провести испытания в течение как минимум нескольких суток при действии температуры ниже 0 ° С;

- она характеризует изменение во времени не только одного значимого показателя для определенного класса материалов (теплопроводности или цветоустойчивости), но для всех показателей, заложенных в нормативном документе на полимерный материал.

- она базируется на фундаментальной кинетической термофлуктуационной теории разрушения твердых тел и полимеров, а также принципах суммирования нарушений в виде критерия Бэйли. Этот подход взят многими учеными и специалистами, в том числе и в области строительства, для практического прогнозирования долговечности кровельных, гидроизоляционных и теплоизоляционных материалов, внешних систем утепления фасадов, пленочных материалов.

- методологические подходы по определению долговечности в соответствии с этой методикой

меняют стереотипные традиционные подходы определения долговечности кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов, которые базировались на циклических испытаниях по определению изменения значений характерных показателей материалов и искажали реальное значение долговечности материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартенев Г.М. и др. /Релаксационные свойства полимеров. М.; Химия, 1992. 384 с.
2. Бартенев Г.М., и др./Физика полимеров. – Л.; Химия, 1990. 430 с.
- 3 Бартенев Г.М., Зуев Ю.С./Прочность и разрушение высокоэластичных материалов. – М.; Химия, 1964. — 387 с.
4. Бондарь В.В./Современные представления кинетической термофлуктуационной теории прочности полимеров, М., 1991, 112 с.
5. Журков С.Н., Корсуков В.Е/Атомный механизм разрушения полимеров под нагрузкой, ФТТ, 1973, т. 15, № 7.
6. Каминский А.А. и др. /Длительное разрушение полимерных и композиционных материалов. – К.; 1992. — 248 с.
7. Карташов Е.М./Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. – М.; Химия, 2002. — 735 с.
8. “Методика визначення довговічності рулонних та листових покрівельних та гідроізоляційних полімерних матеріалів”, Мінрегіонбуд, НДІБВ, 2008, — 30с.
9. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.В. /Кинетическая природа прочности твердых тел/, издательство «Наука», главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1974. — 560 с.
10. Павлов Н.Н. “Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях”. М.; “Химия”, 1982. 224 с.
11. Пивоваров З.И., Стадник В.В. /Климатическая характеристика солнечной радиации как источник энергии на территории СССР. – М.; Гидрометцентр, 1981. — 300с.
12. ГОСТ 11583-74 Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты

АНОТАЦІЯ

В статті висвітлено аналіз існуючої нормативної документації, визначені поняття та тлумачення показників експлуатаційної надійності полімерних матеріалів будівельного призначення.

Відмічені обмеження та методи вдосконалення техніки вимірювання кольоростійкості полімерних будівельних матеріалів.

Розглянуті теоретичні концепції та їх розвиток з визначення експлуатаційної довговічності полімерних матеріалів під впливом кліматичних факторів та силових зовнішніх дій.

Представлено практичне застосування теорії термофлуктуаційного руйнування полімерів під час їх експлуатації на прикладі “Методики визначення довговічності рулонних та листових покриттєвих та гідроізоляційних полімерних матеріалів”.

Ключові слова: довговічність, кольоростійкість, методи визначення, нормування, оцінка і аналіз, показники експлуатаційної надійності, полімерні будівельні матеріали, поняття та визначення, стійкість до зовнішніх дій та впливів, стійкість до кліматичних факторів, теорії руйнування полімерів, техніка вимірювань

ANNOTATION

The article provides an analysis of existing normative documents, the concepts and presentation of operational reliability of polymeric materials of construction applications.

Showing limitations and methods to improve measurement techniques color stability of polymeric building materials.

Consider the theoretical concepts and their development to determine the life durability of polymer materials under the influence of climatic factors and the power of external influences.

Presented by the thermal-fluctuation theory of the practical application of fracture of polymers during their operation on the example of “Method’s of determining durability of roll and sheet metal roofing and waterproofing polymeric materials.”

Keywords: durability, color stability, methods of determination, valuation, evaluation and analysis, indicators of operational reliability, polymeric building materials, concepts and definitions, resistance to external influences, resistance to climatic factors, theories of fracture of polymers, measurement technique.

УДК 625.7/8;691.1/6.

А.И. Гармаш, НИИСП;

А.Н. Костенко, Киевгипротранс, г. Киев

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

АННОТАЦИЯ

Изложены основные положения новой технологии укрепления щебеночного балласта железнодорожного полотна. При пропитке щебня полиуретановой композицией резко возрастает прочность и устойчивость щебеночного балласта к динамическим воздействиям, что важно при расширении сети скоростных поездов в Украине.

Ключевые слова: щебень, балласт, пропитка, полиуретан, устойчивость.

В Украине введены первые скоростные поезда, сеть которых должна быть расширена. В результате исследований английского института "Rendell" Украина получила высший балл коэффициента транзитности своей территории. Если посмотреть на карту Европы, то легко можно убедиться, что основные транспортные потоки Россия-Балканы, Балтика-Черное море, Балтика-Каспий, Европа-Восток проходят по территории Украины. Разработанная в Минтрансвязи Украины "Концепция развития транспортно-дорожного комплекса Украины на среднесрочный период и до 2020 года" предусматривает создание ряда транспортных коридоров в Украине.

В то же время высокая скорость движения поездов предъявляет повышенные требования к качеству укладки и долговременной прочности балластной призмы железнодорожного полотна. Проблемы устойчивости пути актуальны для железных дорог всех стран мира, и по мере увеличения осевых нагрузок и скорости движения подвижного состава они проявляются во все большей степени.

Одна из основных причин нарушения геометрии железнодорожного пути — снижение несущей способности земляного полотна. Без применения защитных мер путь, уложенный на слабом грунте,