

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**

(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 621.321

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ
ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

ГАЛУЗО О.Г., РОМАНОВ Д.В., ПОТАПОВА И.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время в строительной области широко используются изделия из современных полимерных материалов: трубы для водоснабжения и отопления, профиля для окон и дверей, теплоизоляционные материалы для оборудования и трубопроводов и др. Их применение обусловлено химической стойкостью, высокой механической прочностью и длительным сроком эксплуатации (не менее 30 лет) без существенной потери свойств.

Большое значение в обеспечении высокого качества полимерных композиционных материалов приобретают вопросы контроля и прогнозирования долговечности, а также их оценка [1].

Оценка долговечности указанных изделий является важнейшей составляющей процесса сертификации, проводимой в целях обеспечения их надежности, комфортности, экономичности, экологической безопасности эксплуатации зданий и трубопроводных систем. В связи с этим вся продукция, поступающая на строительный рынок РБ, подлежит испытаниям по показателю «долговечность», на соответствие требованиям технических нормативных правовых актов [2-5].

В основу этих документов положены экспресс-методики по определению энергии активации термоокислительной деструкции

полимеров и долговечности изделий на их основе для инженерно-технических систем, у которых изменения структуры во времени зависит от конкретных условий эксплуатации.

Определение долговечности полимерных материалов основано на взаимосвязи указанного параметра с энергией активации термоокислительной деструкции E , определяющей качество изделия и уменьшающейся под действием таких факторов, как температура, давление, агрессивность среды.

Значение энергии активации E определяется расчетным путем по данным динамической термогравиметрии, а именно: потере массы при изменении температуры нагревания. Запись такой зависимости можно осуществить на приборе фирмы MOM (г. Будапешт, Венгрия) «Дериватограф Q- 1500D». Количественная оценка E осуществляется по методу Бройдо (метод двойного логарифмирования), который обеспечивает точность $\sim 5\%$ [2].

Для проведения испытания используется навеска полимерного материала массой 200 мг, которая помещается в рабочий тигель прибора. Нагрев осуществляется в диапазоне температур от комнатной до 500 $^{\circ}\text{C}$ со скоростью 5 град/мин. Одновременно с нагреванием исходной навески исследуемого материала проводится запись термограммы, на которой фиксируется термогравиметрическая кривая ТГ при непрерывном повышении температуры нагревания Т.

Контроль за измерением температуры нагревания периодически осуществляется при помощи термоэлектрического преобразователя ТХА, который устанавливается в печь с подключением к нему измерителя – регулятора «Сосна-003».

Расшифровка полученной термограммы позволяет вычислить значение энергии активации E , кДж/моль. За результат измерения энергии активации термоокислительной деструкции испытуемого полимера принимается среднее арифметическое значение трех определений.

Величина энергии активации E , определяющая уровень долговечности полимера, приводится для каждого класса полимеров в нормативных документах на методы определения долговечности конкретного изделия для инженерно-технических систем [3-6], таблица 1.

Таблица 1. Энергия активации термоокислительной деструкции полимеров

№ п/п	Наименование полимера	E, кДж/моль	Инженерно-техническая система
1.	Полипропилен	133	Отопление и горячее водоснабжение
	Сшитый полиэтилен высокой плотности	131	
	Сшитый полиэтилен средней плотности	133	
2.	Полиэтилен низкого давления	91	Холодное водоснабжение
	Полиэтилен высокого давления	93	
3.	Полипропилен	87	Канализация
	Полиэтилен низкого давления	109	
	Поливинилхлорид	128	
4.	ПВХ	160	Оконные и дверные проемы
5.	Пенополиуретан	114	Предизолированные трубы

С учетом конкретного значения энергии активации термоокислительной деструкции расчет долговечности изделий проводится по формуле [2]:

$$\tau_i = \left[10^{\alpha(E-\Delta E-\gamma\sigma_p)+\beta} \cdot e^{\frac{E-\Delta E-\gamma\sigma_p}{RT_i}} \right] \cdot \frac{1}{m}, \quad (1),$$

где τ_i – долговечность в годах при конкретной температуре T_i ;

E- энергия активации термоокислительной деструкции, кДж/моль;

ΔE – снижение энергии межмолекулярных взаимодействий на поверхности труб вследствие эффекта Ребиндора, кДж/моль;

γ – структурно-чувствительный коэффициент;

σ_p – напряжение в стенке трубы, создаваемое давлением воды, МПа;

R- универсальная газовая постоянная ;

T_i – температура стенки трубы, К;

α, β - эмпирические коэффициенты;
 m – переводной коэффициент в годы.

В свою очередь расчетное напряжение в стенке трубы σ_p определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{P(d-s)}{2S} \cdot K, \text{ МПа}, \quad (2),$$

где P - рабочее давление воды в трубе, МПа;

d – наружный диаметр трубы, мм;

s – толщина стенки трубы, мм

K – коэффициент запаса прочности.

Если давление воды в трубе отсутствует ($P=0$), то это случай безнапорной внутренней канализации, и долговечность труб определяется по упрощенному уравнению:

$$\tau_i = \left[(10^{\alpha(E-\Delta E)+\beta} \cdot e^{\frac{E-\Delta E}{RT_i}}) \right] \cdot \frac{1}{m}, \quad (3),$$

т.е. в случае безнапорной канализации долговечность труб не зависит от их геометрических размеров.

Расчетная долговечность изделия в годах (тобщ.) при переменных значениях температуры эксплуатации определяется по формуле:

$$\tau_i = \left[\sum_{i=1}^{i=n} \frac{m_i}{\sum m_i} \right] \cdot \tau_i, \quad (4),$$

где m_i - число часов воздействия конкретных значений температуры эксплуатации;

$\sum m_i$ - общее число часов воздействия переменных значений температуры эксплуатации;

τ_i – долговечность изделия в годах при конкретном значении температуры эксплуатации.

Долговечность изделий на основе полимерных материалов для водоснабжения и отопления согласно выше указанным нормативным документам должна быть более 50 лет.

Расчетная долговечность изделий профильных (тобщ.) при переменных температурах эксплуатации для климатических условий РБ определяется по формуле [3] :

$$\text{тобщ.} = 0,5045\tau_{20} + 0,3153\tau_{30} + 0,1126\tau_{40} + 0,0676\tau_{50}, \quad (5),$$

где τ_{20} , τ_{30} , τ_{40} , τ_{50} – расчетная долговечность τ_I при конкретных значениях температуры эксплуатации.

При энергии активации термоокислительной деструкции материала профиля не менее 160 кДж/моль его долговечность должна быть более 30 условных лет [4] .

Оценка долговечности теплоизоляционных материалов, в частности пенополиуретана ППУ, проводится по графической зависимости прогнозируемой долговечности ППУ от энергии активации [5]. Это позволяет достаточно быстро определять тобщ. в годах в отличие от расчетного метода.

Так, например, если энергия активации термоокислительной деструкции ППУ – 118 кДж/моль, то долговечность этого полимера порядка 40 лет, что соответствует требованиям, предъявляемым к изделиям из ППУ [5] .

По указанным экспресс-методикам были проведены испытания труб для горячего водоснабжения и отопления из полипропилена (Турция). Оказалось, что $E = 143$ кДж/моль. Это соответствует долговечности для горячего водоснабжения – 135 лет, для отопления – 56 лет и удовлетворяет СТБ 1333.2-2002. Далее , энергия активации E для испытуемого профиля из ПВХ (Россия) равнялась 163 кДж/моль, что соответствует долговечности изделия, согласно СТБ 1333.1-2002, более 30 условных лет

Таким образом, экспресс-анализ полимерных материалов, проводимый по данным динамической термогравиметрии, позволяет не только судить о качестве сырьевых материалов, но и прогнозировать долговечность изделий на их основе для инженерно-технических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрозд А.А., Скачкова Г.Б., Потапова И.Л. Определение долговечности полимерных изделий по энергии активации термоокислительной деструкции / Материалы Восьмой международной научно-технической конференции: «Наука – образованию, производству, экономике». – Минск: БНТУ, 2010. – 230 с.
2. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов: СТБ 1333.0-2002.
3. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности труб для инженерно-технических систем: СТБ 1333.2-2002.
4. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности изделий профильных из поливинилхлорида: СТБ 1333.1-2002.
5. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности пенополиуретана для тепловой изоляции оборудования и трубопроводов: СТБ 1333.3-2002
6. Изделия теплоизоляционные из пенополиуретана. Технические условия: СТБ 1495-2004.