

МОДЕЛЮВАННЯ ДИМОУТВОРЕННЯ ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПИТОМОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ ТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ НАПОВНЮВАЧІВ-АНТИПІРЕНІВ

Чулєєва О.В.¹, Плаван В.П.²

¹ Приватне акціонерне товариство «ЗАВОД ПІВДЕНКАБЕЛЬ», м. Харків, Україна

² Київський національний університет технологій та дизайну

The change in the light transmittance of smoke during combustion of polymer compositions with different quantitative and qualitative composition depending on the specific heat and thermal conductivity of fillers-flame retardants was investigated. Determined that at the same level of filling of polymer compositions the best performance in smoke-forming capacity (light permeability) have trihydrates of aluminum oxide, whose specific heat is in the range 5,625-6,584 J/g·K, and thermal conductivity $(4,8-6,3) \times 10^{-1}$ W m·K.

Вступ. Застосування неорганічних наповнювачів-антипіренів, дозволяє підвищити вогнестійкість пожежобезпечних полімерних композицій на основі поліолефінів за рахунок поглинання великої кількості тепла, нейтралізації кислих газів, зниження димоутворення [1-3].

Мета роботи. Метою даної роботи є дослідження впливу питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів на димоутворення пожежобезпечних полімерних композицій.

Матеріали та методи. Використовували тригідрати оксиду алюмінію, дигідрати оксиду магнію, гідромагnezити як наповнювачі-антипірени та як полімерну матрицю – кополімери етилену з вінілацетатом.

Дим являє собою аерозоль часточок, які можуть бути охарактеризовані як функція їх гравіметричних параметрів, або як функція характеристик послаблення світла, або у вигляді поєднання обох функцій. Під час вимірювання густини диму використовували функцію характеристик послаблення світла, яка є функцією кількості і розміру часточок на шляху проходження світла. Якщо вважати, що часточки не прозорі, то здатність диму

послаблювати світло залежить від суми поперечних перерізів часточок на шляху проходження світла [4, 5].

Дослідження оптичних характеристик диму (світлопроникність), під час згорання полімерних композицій, проводили на випробувальному обладнанні до складу якого входить: випробувальна камера, фотометрична система і стандартне джерело полум'я.

Фотометрична система показана на рис. 1.

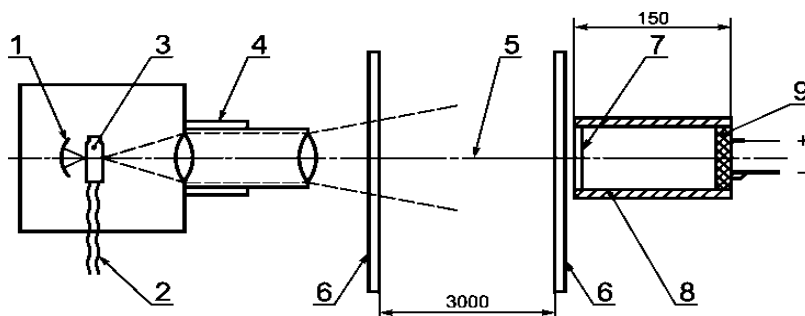


Рисунок 1. Фотометрична система: 1 – рефлектор; 2 – подача стабілізованої напруги (12,0 + 0,1) В (з граничними відхиленнями стабілізації $\pm 0,01$ В); 3 – галогенова лампа з кварцовою колбою; 4 – система лінз; 5 – світловий потік; 6 – вікна камери; 7 – пілозахисне скло; 8 – трубка з внутрішньої матовою поверхнею; 9 – фотоелемент

Питому теплоємність (ΔC_p) визначали за даними досліджень методом TGA/DSC [6] та розраховували за формулою:

$$\Delta C_p = \frac{\dot{H}}{\beta \cdot m}, \quad (1)$$

де ΔC_p – питома теплоємність Дж/г·К; β – швидкість нагрівання, К/хв; m – маса, г; \dot{H} – ентальпія, Дж/моль (визначають як найкоротшу відстань між двома горизонтальними лініями, які проведено через точки початку та закінчення ефекту).

Коефіцієнт теплопровідності λ розраховують за формулою:

$$\lambda = tg\alpha \cdot k \cdot h / S, \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м×К; α – кут нахилу лінійної ділянки експериментальної кривої плавлення в координатах «тепловий потік

(Вт) – температура (К)», град.; k – постійна осередка, що визначається під час калібрування приладу; h – товщина зразка, м; S – площа поверхні зразка, м².

Величина λ вимірюється методом диференційної скануючої калориметрії за певного значення температури, що відповідає вузькому діапазону температур (5–10) К близько точки плавлення метала-індикатора, який використано.

Результати досліджень. Досліджували зміну світлопроникності диму під час згорання полімерних композицій з різним кількісним та якісним складом в залежності від питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів. Результати досліджень представлені на рис. 2-4.

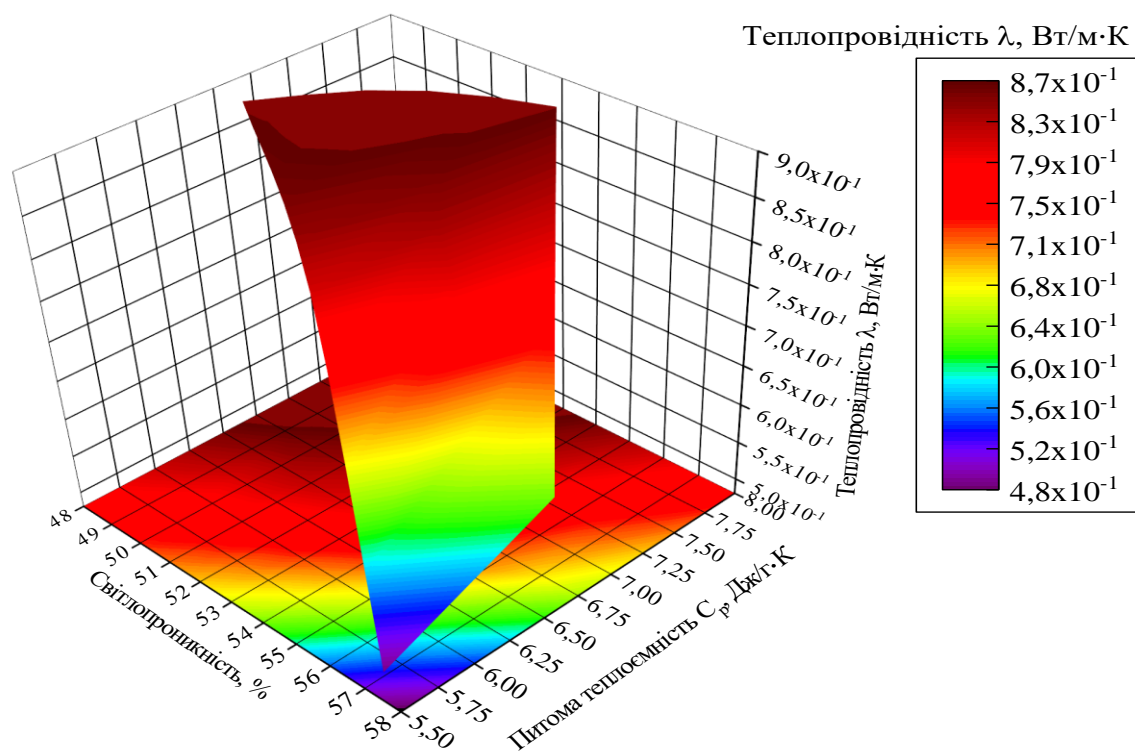


Рисунок 2. 3D-діаграма зміни світлопроникності диму полімерних композицій в залежності від питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів за рівня наповнення 40 %

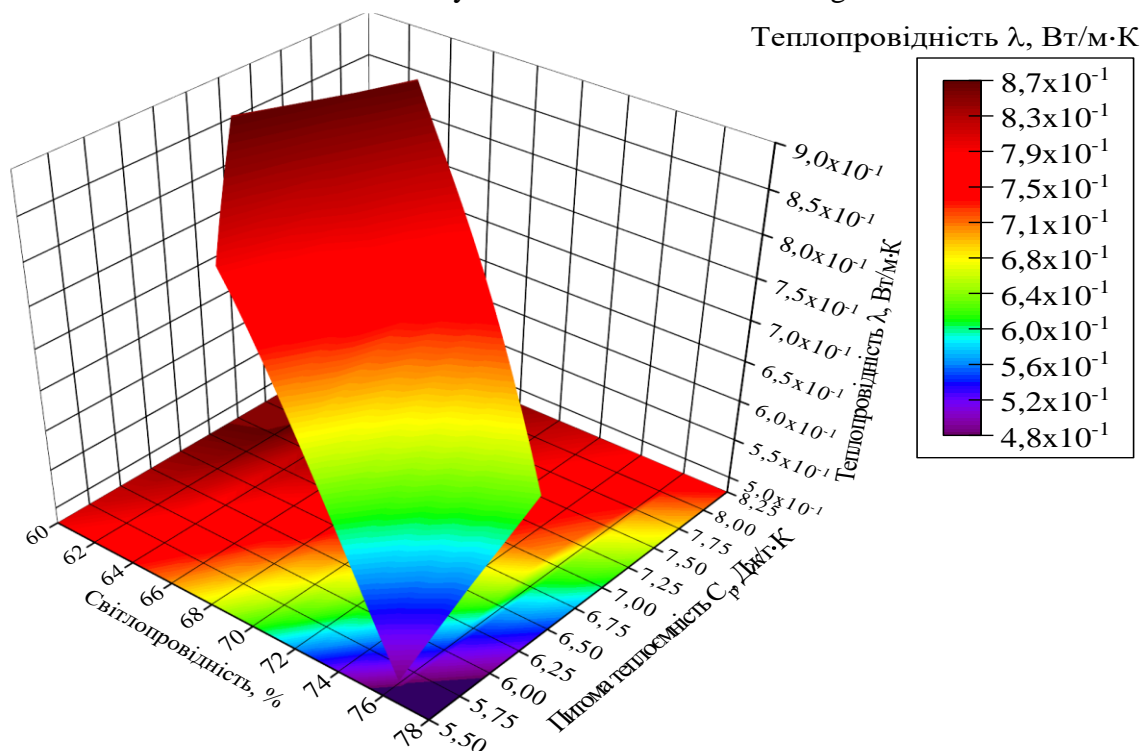


Рисунок 3. 3D-діаграма зміни світлопроникності диму полімерних композицій в залежності від питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів за рівня наповнення 50 %

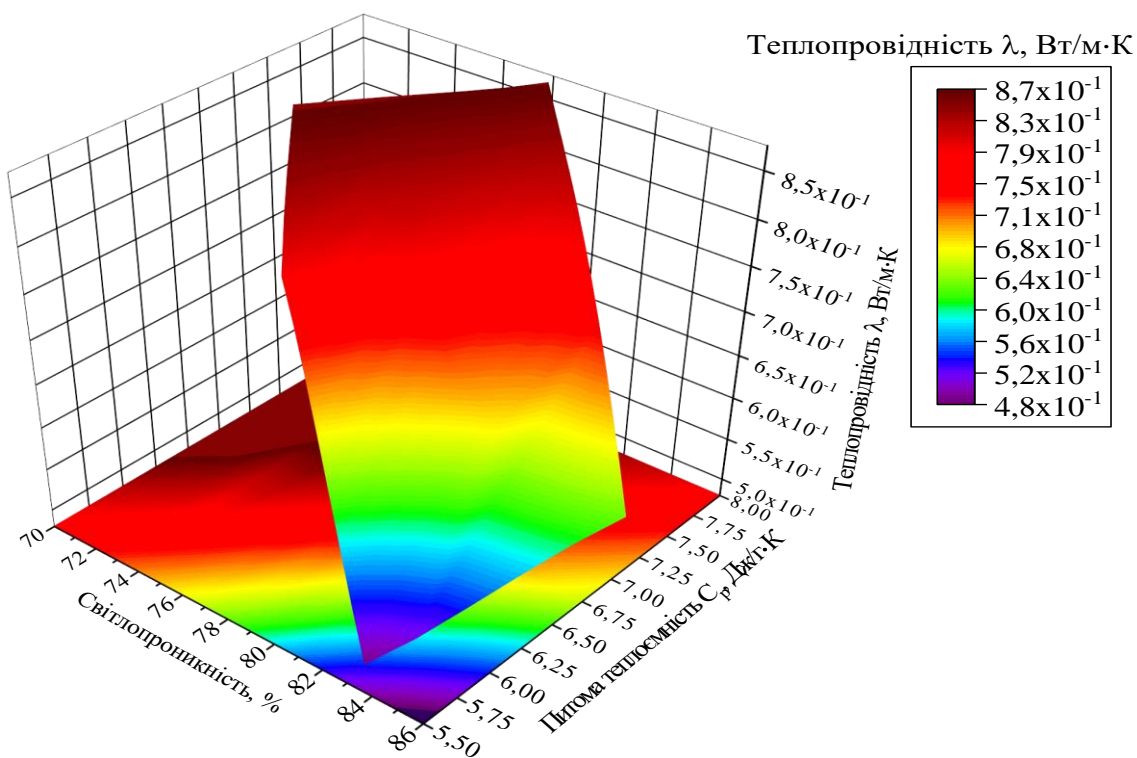


Рисунок 4. 3D-діаграма зміни світлопроникності диму полімерних композицій в залежності від питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів за рівня наповнення 60 %

Одержані експериментальні дані пов'язують світлопроникність пожежобезпечних полімерних композицій з показниками питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів.

З підвищенням питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів світлопроникність знижується. Під час наповнення полімерної композиції 40 % не досягається нормоване значення світлопроникності. У разі наповнення полімерної композиції антипіренами на 50 %, світлопроникність (60 %) досягається під час використання наповнювачів-антипіренів навіть з високими значеннями питомої теплоємності – 7,96 Дж/г·К і температуропровідності – $8,7 \times 10^{-1}$ Вт/м·К. Світлопроникність полімерних композицій, які наповнено тригідратами оксиду алюмінію становить 76-77 %; дигідратами оксиду магнію – 64-65 %; гідромагнезитами – 61 %.

За умови наповнення полімерної композиції на 60 %, світлопроникність значно перевищує нормовані (60 %) показники. Світлопроникність полімерних композицій, які наповнено тригідратами оксиду алюмінію становить 83-88 %; дигідратами оксиду магнію – 77-78 %; гідромагнезитами – 73 %.

Висновки. Таким чином показники питомої теплоємності та теплопровідності можуть розглядатися як критерії, які опосередковано впливають на димоутворення (світлопроникність) пожежобезпечних композицій.

За однакового рівня наповнення полімерних композицій кращі показники за димоутворювальною здатністю (світлопроникністю) мають тригідрати оксиду алюмінію, питома теплоємність яких знаходиться в межах 5,625-6,584 Дж/г·К, а теплопровідність $(4,8-6,3) \times 10^{-1}$ Вт/м·К.

Результати досліджень використано задля прогнозування димоутворювальної здатності полімерних композицій в залежності від питомої теплоємності та теплопровідності наповнювачів-антипіренів.

Література

1. Laoutid, F., Lorgouilloux, M., Lesueur, D., Bonnaud, L., Dubois, P. Calcium-based hydrated minerals: Promising halogen-free flame retardant and fire resistant additives for polyethylene and ethylene vinyl acetate copolymers // *Polymer Degradation and Stability*. – 2013. – Vol. 98, Issue 9. – pp. 1617-1625. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2013.06.020.
2. Lujan-Acosta, R., nchez-Valdes, S. S., Ram rez-Vargas, E., Ramos-DeValle, L. F., Espinoza-Martinez, A. B., Rodriguez-Fernandez, O. S. et. al. Effect of Amino alcohol functionalized polyethylene as compatibilizer for LDPE/EVA/clay/flame-retardant nanocomposites // *Materials Chemistry and Physics*. – 2014. – Vol. 146, Issue 3. – P. 437-445. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2014.03.050.
3. Chulieieva O. Effect of fire retardant fillers on thermophysical properties of composite materials of ethylene-vinyl acetate copolymer // *Eastern-European journal of enterprise technologies*. – 2017. – No. 6/12 (90). – P.58-64. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.119494).
4. ДСТУ EN 61034-2:2015 (EN 61034-2:2005, EN 61034-2:2005/A1:2013, IDT) Вимірювання густини диму, що утворюється під час згоряння кабелів у певних умовах. Частина 2. Метод випробування та вимоги // Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Чинний від 2017-01-01]. – Київ: «УкрНДНЦ», 2015. – 14 с.
5. Ландсберг Г. С. Оптика Учеб. Пособие: Для вузов – 6 изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2003 – 848 с.
6. Nakvoort, G.; van Reijen, L. L.; Aartsen, A. J. Measurement of the thermal conductivity of solid substances by DSC // *Thermochim. Acta* – 1985. – № 93 – pp. 317-320. DOI: [10.1016/0040-6031\(85\)85081-4](https://doi.org/10.1016/0040-6031(85)85081-4).