

Технічні науки

УДК 538.9:536.6

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, професор
Кафедра фізики і математики
Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Physics and Mathematics
V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник*

Інститут технічної теплофізики НАН України

Meranova Nataliia

Candidate of Technical Sciences (PhD),

Senior Scientific Researcher, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Прокопов Віктор Григорович

доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Prokopov Viktor

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher

of Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Навродська Раїса Олександрівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Navrodska Raisa

Candidate of Technical Sciences (PhD),

Senior Scientific Researcher, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Полозенко Ніна Петрівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Кутняк Ольга Миколаївна

*науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Kutnyak Olha

*Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Малецька Ольга Євгенівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Maletska Olha

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Пархоменко Олександр Юрійович

*кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики і математики
Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського*

Parkhomenko Oleksandr

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics
V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv*

**ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ
НАНОКОМПОЗИТУ НА ВЕЛИЧИНУ ЙОГО ТЕПЛОЄМНОСТІ**

INFLUENCE OF THE MIXING DURATION OF NANOCOMPOSITE COMPONENTS ON ITS HEAT CAPACITY

Анотація. Для нанокмползитів на основі поліпропіленової матриці, наповненої вуглецевими нанотрубками, проведено аналіз залежності питомої теплоємності композиту від тривалості процесу змішування компонентів у розплаві полімеру. Досліджено вплив на особливість перебігу процесу таких факторів, як температура нанокмползиту та масова частка наповнювача.

Ключові слова: полімерні композити, вуглецеві нанотрубки, поліпропілен, питома теплоємність нанокмползиту.

Summary. For nanocomposites based on a polypropylene matrix filled with carbon nanotubes, an analysis was made of the dependence of the composite specific heat capacity on the mixing process duration of the components in the polymer melt. The influence of such factors as the temperature of the nanocomposite and the mass fraction of the filler on the process features has been studied.

Key words: polymer composites, carbon nanotubes, polypropylene, nanocomposite specific heat capacity.

Вступ. Дедалі ширше використання нанокмползитних матеріалів стимулює проведення поглибленого вивчення їх фізичних властивостей – механічних, електричних, оптичних та інших. Велика кількість робіт (див. наприклад, [1-11]) присвячена дослідженню теплофізичних властивостей нанокмползиційних матеріалів на основі полімерних сполук.

Мета даної роботи полягає у вивченні залежності однієї з важливих термодинамічних властивостей нанокмползитів – їхньої питомої теплоємності – від тривалості процесу змішування компонентів у розплаві полімеру.

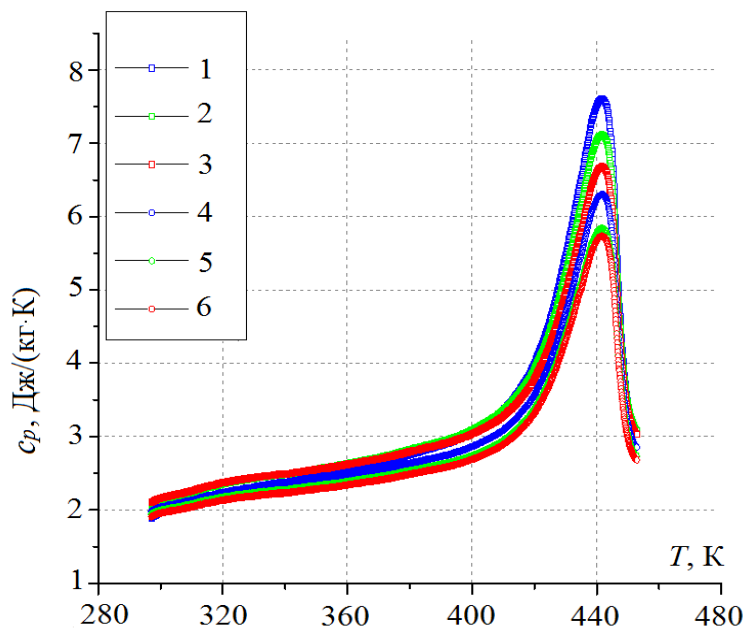
Результати та дослідження. Розглядаються наноконпозиційні матеріали на основі поліпропілену. Як наповнювач використовуються вуглецеві нанотрубки, масова частка яких ω змінювалася в межах від $\omega = 0,3 \%$ до $\omega = 10 \%$. Дослідження впливу тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру проводилося в широкому діапазоні зміни температури T наноконполітів, $T = 300 \text{ К} \dots 450 \text{ К}$. Тривалість змішування варіювалася τ від 5 до 50 хвилин.

Типові результати одержаних експериментальних досліджень ілюструють рис. 1, 2. На рис. 1 показано зміну теплоємності наноконполітів c_p зі зростанням його температури T при різних значеннях масової частки наповнювача ω і часу змішування τ компонент у розплаві полімеру.

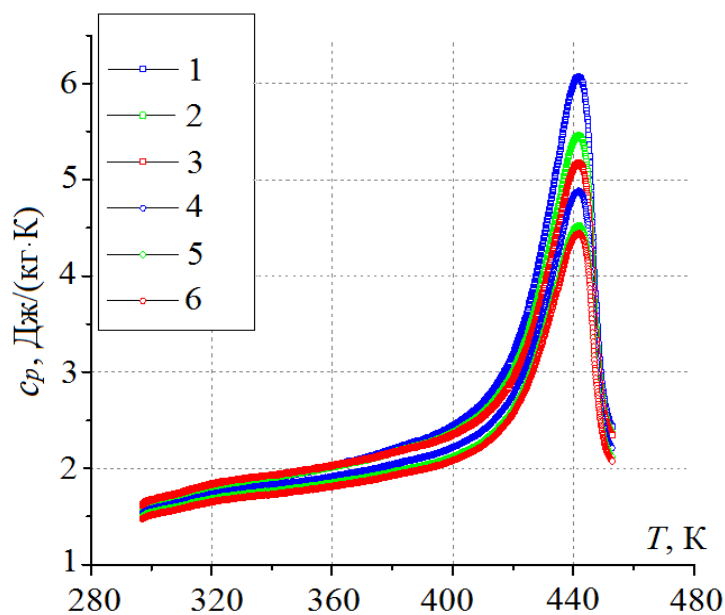
Як видно з представлених даних, характер залежності теплоємності наноконполіту від його температури істотно змінюється зі збільшенням T .

При невисоких температурах (від 300 до 400 К) спостерігається полого зростання теплоємності, близьке до лінійного і не значно залежить від часу змішування компонентів у розплаві полімеру. При цьому збільшення теплоємності зі зростанням температури T невелике і становить 0,6...0,7 Дж/(кг·К) для всіх розглянутих значень масової частки наповнювача від $\omega = 0,3 \%$ до $\omega = 10 \%$.

У діапазоні температур від 400 К до 450 К зміна теплоємності має яскраво виражений екстремальний характер. При цьому для всіх значень досліджуваних параметрів максимум теплоємності наноконполіту досягається за температури $T = 442 \text{ К}$, яка відповідає температурі плавлення пропілену.



а)



б)

Рис 1. Залежність теплоємності нанокompозитів від температури T для різних значень масової частки наповнювача ω та часу змішування τ :
а) $\omega = 0,3\%$; б) $\omega = 10\%$; 1 – $\tau = 5$ хв., 2 – 10 хв., 3 – 16 хв., 4 – 20 хв., 5 – 27 хв., 6 – 52 хв

Найбільш швидко зростання теплоємності зі збільшенням температури має місце в інтервалі температур від 420 К до 440 К. Причому це зростання тим вище, чим менше масова частка наповнювача. Так, для $\tau = 50$ хв воно становить 1,83 Дж/(кг·К) при $\omega = 10\%$; 2,11 Дж/(кг·К) при $\omega = 3\%$ та 2,35 Дж/(кг·К) при $\omega = 0,3\%$. Слід підкреслити, що швидкість зростання теплоємності в діапазоні температур 420 К...440 К у багато разів вища, ніж у інтервалі $T = 300\text{...}400$ К. А саме: при $\omega = 10\%$ – у 15 разів, при $\omega = 0,3\%$ – у 17 разів.

Вплив часу змішування компонентів у розплаві полімеру на величину теплоємності нанокompозиту для діапазону температур 420 К...440К, що відповідає зазначеній вище швидкій зміні величини c_p , наведено на рис. 2.

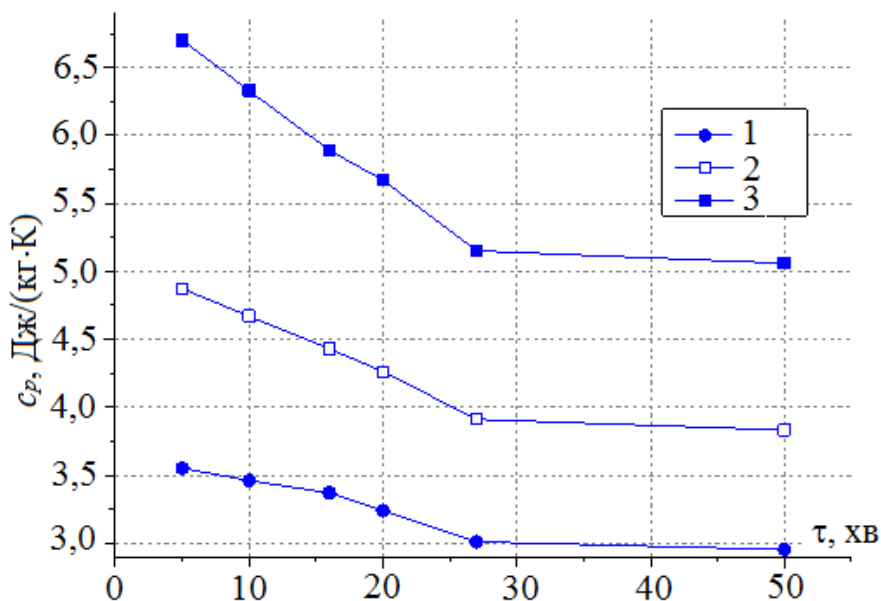


Рис. 2. Зміна теплоємності нанокompозиту зі збільшенням тривалості змішування при масовій частці наповнювача $\omega = 3\%$ та різних значеннях температури композиту T : 1 – $T = 420$ К, 2 – 430 К, 3 – 440 К

З аналізу отриманих даних випливає, що у всьому досліджуваному діапазоні зміни параметрів, залежність теплоємності від часу змішування має аналогічний характер. Зокрема, зі збільшенням часу змішування від 5 хв до 27 хв спостерігається досить різке зниження теплоємності нанокompозиту. При

подальшому збільшенні часу змішування (від 27 хв до 50 хв) теплоємність продовжує знижуватися, але величина цього зменшення незначна. Кількісне вираження зазначених тенденцій залежить від конкретних значень визначальних параметрів. Наприклад, для $T = 430 \text{ K}$ і $\omega = 3 \%$ при зміні часу змішування від 5 до 27 хвилин теплоємність знижується на $0,96 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, а в інтервалі τ від 27 до 50 хвилин – на $0,08 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, тобто значно менше. В цілому для досліджуваного діапазону параметрів швидкість зміни теплоємності зі збільшенням часу змішування від 27 до 50 хв у 12–16 разів нижче, ніж у початковий період (від 5 до 27 хв), що свідчить про недоцільність збільшення тривалості змішування вище 27 хвилин.

Висновки. На основі аналізу результатів виконаних експериментальних досліджень питомої теплоємності нанокompозитів при реалізації технології їх одержання змішуванням компонентів у розплаві полімеру, запропоновано раціональне значення одного з режимних параметрів технології – часу змішування компонентів, що значною мірою визначає її енергетичну ефективність.

Література

1. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Навродська Р.О. Теплофізичні властивості і структуроутворення полімерних мікро- і нанокompозиційних матеріалів. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2020. 142 с.
2. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Навродская Р.А. Влияние типа полимерной матрицы на теплофизические свойства и структурообразование полимерных нанокompозитов. Технологические системы. 2016. №3(76). С. 49-60.

3. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Шевчук С.І., Меранова Н.О., Гнедаш Г.О. Ефективність використання полімерних мікро- і наноконпозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2020. 128 с.
4. Дінжос Р.В., Лисенков Е.А., Фіалко Н.М. Вплив технології виготовлення та типу наповнювача на теплофізичні властивості наноконпозиту на основі поліпропілену. Вопросы химии и химической технологии. 2015. 5. С. 56-61.
5. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Меранова Н.О., Шевчук С.І. Ефективність використання полімерних мікро- і наноконпозитів для теплообмінних апаратів газо-газового типу. Промышленная теплотехника. 2017. №5. С. 12-18.
6. Дінжос Р.В., Лисенков Е.А., Фіалко Н.М., Клепко В.В. Вплив методу введення наповнювача на теплофізичні властивості систем на основі термопластичних полімерів та вуглецевих нанотрубок. Фізика інженерії поверхні. 2014. Т.12. №4. С. 446-453.
7. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В. Теплофизические основы создания полимерных микро- и наноконпозитов для элементов энергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2015. №7. С. 172-176.
8. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Study of the temperature regime effect of obtaining nanocomposites on their heat-conducting properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4 №5 (112). P. 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236915>
9. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Навродская Р.А. Полимерные микро- и наноконпозиты как объекты теплофизических исследований для

элементов теплоэнергетического оборудования. Промышленная теплотехника. 2017. №2. С. 36-45.

10. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Aloshko S., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Mankus I., Nedbaievskia L. Establishment of regularities of influence on the specific heat capacity and temperature conductivity of polymer nanocomposites of a complex of defining parameters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 6 №12 (114). P. 34-39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274>
11. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Влияние методов получения полимерных микро- и нанокомпозитов на их теплофизические свойства. Промышленная теплотехника. 2015. №4. С. 5-12.