

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ФІЗИКА
КОНДЕНСОВАНИХ
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ
СИСТЕМ**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного
університету

Випуск 14

РІВНЕ – 2010

ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СИСТЕМ

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету

Випуск 14. – Рівне: РДГУ, 2010. – 68 с.

Збірник містить публікації, в яких розглядаються питання теоретичних і експериментальних досліджень, моделювання фізичних процесів, що характерні для конденсованого стану речовини. Опубліковані матеріали можуть бути використані науковцями, аспірантами, інженерними працівниками, які ведуть дослідження в цих наукових напрямках. Цілий ряд публікацій можна використати для навчально-виховного процесу в університетах та інститутах.

Головний редактор:

д.х.н., професор, академік МАПСН та АВО України **Б.С. Колупаєв**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

Заступник головного редактора:

к.ф.-м.н., професор **М.А. Бордюк**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

Члени редколегії:

д.т.н., професор **А.Я. Бомба**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., професор **О.М. Волошин**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., професор **Б.П. Дем'янюк**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **Ю.Ф. Забашта**
(Київський національний університет ім. Тараса Шевченка)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **В.В. Кленко**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., професор **Ю.А. Куницький**
(Технічний центр НАН України, м. Київ)

д.х.н., професор, академік НАН України **Є.В. Лебедєв**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **Є.П. Мамуля**
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

к.ф.-м.н., професор **В.А. Сідлецький**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., доцент **В.А. Мащенко**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., доцент **Б.І. Муха**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **В.Я. Прохоренко**
(Національний університет “Львівська політехніка”)

д.ф.-м.н., професор **О.П. Руденко**
(Полтавський державний педагогічний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент НАН України **В.І. Слісценко**
(Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ)

д.т.н., професор **А.О. Сяський**
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент АПН України **М.І. Шум**
(Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, м. Київ)

Друкується за рішенням Вченої Ради Рівненського державного гуманітарного університету
(протокол № 6 від 29 січня 2010 року)

Адреса редакції:

33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31
Рівненський державний гуманітарний університет
каб. 115
e-mail: fkvs_ua@ukr.net
ISBN 966-7281-03-7

УДК534.514:536.6

АСПЕКТИ ТЕОРІЇ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ І ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ В ЛІНІЙНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ

Б.Б. Колупасв*, В.В. Клепко*, В.В. Кривцов, А.А. Свінціцький, І.О. Ткачук

*Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, UA-02160, м. Київ, Харківське шосе, 48
Рівненський державний гуманітарний університет, UA-33000, м. Рівне, вул.Остафова, 31.

Запропоновано, в залежності від дії різномірних факторів, теоретичний підхід та дослідження величини коефіцієнта теплопровідності λ гетерогенних полімерних систем на основі аналізу їх поведінки в динамічному механічному полі. Результати розрахунку λ порівняно з експериментальними даними, виходячи із значень динамічних модулів та дисипації енергії при періодичному (синусоїдальному) навантаженні матеріалу.

Показано, що амплітудну і частотну залежності шуканих величин при $293\text{K} \leq T \leq T_g + 10\text{K}$ можна пояснити на основі зміни рухливості структурних елементів системи та ступеня їх автономності.

Вступ

Теорія перенесення та дисипації теплової енергії є одним із важливих розділів фізики полімерів [1]. Це обумовлено тим, що вивчення процесів теплопереносу має вирішальне значення для енергетичної, металургійної, хімічної та інших галузей промисловості [2]. Ці процеси відрізняються значною різномірністю та складністю. Їх дослідження тісно пов'язане з розвитком термодинаміки, теплофізики, молекулярної фізики полімерних систем [3]. В кінцевому результаті це дозволяє дослідити будову полімерної матриці та особливості протікання молекулярно-кінетичних процесів на різних рівнях структурної організації композицій [4].

В основу уявлень про структуру органічних полімерів покладені твердження про «щільне пакування молекул, які оточені міжмолекулярними радіусами» [5]. Це дозволило застосувати схеми атом-атомних потенціалів [6] до аналізу структури і властивостей полімерів. Однак залишається ще до кінця нез'ясованим вплив величини енергії між- та внутрішньомолекулярної взаємодії на молекулярну рухливість в полімерах. Характерно, що вона знаходить свій прояв у величині модуля втрат та коефіцієнта внутрішнього тертя, як і λ , полімеру [7]. Проведені дослідження показали [8], що внутрішнє тертя являється однією із найбільш структурно-чутливих властивостей матеріалу. При цьому існує декілька типів джерел внутрішнього тертя для різних частот коливань [9]. Як правило, внутрішнє тертя залежить також і від інших параметрів, таких, як амплітуда деформації, температура, наявності інгредієнтів [8].

Однак авторам не відомі дослідження, пов'язані із встановленням кількісного взаємозв'язку між зміною в'язкопружних характеристик полімеру та наявністю теплових потоків, які виникають у зразку, який здійснює колильний рух у поперечному напрямі. Відповідно, мета роботи – встановити кількісний взаємозв'язок між в'язкопружними та теплофізичними властивостями композитів на основі лінійних гнучколанцюгових полімерів, які зазнають динамі-

чної деформації в звуковому діапазоні частот в залежності від амплітуди, частоти, температури, типу і вмісту інгредієнтів.

Модель

В основу моделі покладено твердження про те, що ступінь автономності структурних елементів макромолекули залежить виключно від їх рухливості, як єдиного реального фізичного критерію [2]. Усі структурні елементи, стереохімічні характеристики яких визначаються як рівні конфігураційного порядку, і відповідні їм рівні конформаційного порядку можуть, при певних умовах, проявляти себе в якості автономних структурних елементів.

Однією із таких умов є підвищення інтенсивності їх руху за рахунок зростання енергії системи. Розглянемо, згідно [10], зміну внутрішньої енергії та кількості теплоти, яку отримує полімер в результаті виконання зовнішніми силами роботи. Нехай джерелом її виступає змінне механічне поле під дією якого відбувається деформація системи. Одним із базових понять при цьому вважаємо внутрішнє тертя, що являє собою відношення механічної енергії, ΔW , розсіяної за період коливань, до величини подвоєної енергії W коливань системи. Таким чином, декремент Δ становить величину:

$$\Delta = \frac{\Delta W}{2W}, \quad (1)$$

Показано [8], що в області малих деформацій $\Delta = \frac{\pi}{2} \text{tg}\delta$, де $\text{tg}\delta$ – тангенс кута втрат; $\text{tg}\delta = \frac{\mu''}{\mu'}$, μ'' , μ' – відповідно модуль втрат та пружний модуль системи [7].

Виділена в процесі деформації тіла енергія за рахунок процесу теплопереносу приводить до вирівнювання температури системи. При цьому в полімерах пропонують розглядати, в основному, два механізми теплопереносу [11]: дифузійний та фононний. Встановлено також [12], що при підвищенні температури за рахунок флуктуаційних про-

цесів інтенсивно зростає число структурних елементів, які досягають енергетичного рівня, достатнього для руйнування зв'язків з сусідніми елементами і здійснюють дифузійні переміщення в оточенні інших частинок. Однак природа флуктуаційних процесів ще до кінця нез'ясована [13].

Відповідно, на основі молекулярно-радіаційної теорії теплопереносу, для опису процесу перетворення енергії в досліджуваному випадку, використаємо дифузійний і фононний механізм теплопровідності, які визначають інтенсивність переносу енергії в діелектриках [12].

Встановлено, що в аморфних полімерах можуть існувати лише флуктуаційні структурні елементи – мікроблоки [14]. При періодичному (синусоїдальному) навантаженні такого полімеру максимальна нагромаджена за період енергія, у випадку деформації зсуву віднесена до одиниці об'єму, дорівнює:

$$A_i = \int_0^{\gamma_0} B \mu' \gamma d\gamma = \frac{1}{2} \mu' \gamma_0^2, \quad (2)$$

де $\gamma = \gamma_0 \sin(\omega t + \delta)$.

Нехтуючи зміною лінійних розмірів тіла в результаті деформації, маємо:

$$Q_i = \int_{T_1}^{T_2} C_V m dT, \quad (3)$$

де C_V, m – відповідно теплоємність та маса тіла; $T_i (i = 1, 2)$ – температура.

Співвідношення (2), (3) дозволяють визначити розподіл температурного поля в системі як

$$\Delta T = \frac{1}{2} \mu' \gamma_0^2 C_V^{-1} m^{-1}, \quad (4)$$

У процесі деформації тіла дисипація енергії зростає, оскільки акумульована енергія досягає максимального значення протягом чверті періоду, тобто:

$$Q_2 = \int_0^{\gamma} D \frac{\mu'' \gamma}{\omega} d\gamma = \frac{1}{4} \pi \mu'' \gamma_0^2, \quad (5)$$

Враховуючи форму та геометричні розміри зразка і розподіл в ньому температурного поля (4), згідно основного закону теплопровідності – закону Фур'є [11], маємо:

$$\vec{j} = -\lambda \cdot \text{grad} T, \quad (6)$$

де \vec{j} – вектор густини теплового потоку; λ – коефіцієнт теплопровідності.

Після відповідних математичних перетворень, виконаних над співвідношеннями (4), (5) та (6), отримаємо:

$$\lambda = \frac{\pi}{2} \rho \nu \ell C_V \text{tg} \delta, \quad (7)$$

де ℓ – довжина вільного пробігу фононів; ν – швидкість їх поширення; ρ – густина тіла.

Співвідношення (7) дозволяє визначити умови експлуатації матеріалу при збереженні лінійності в'язкопружних властивостей. При $(\pi/2) \text{tg} \delta = 1/3$, тобто $\text{tg} \delta = 0,22$ воно перетворюється у відому рівність Дебая [7].

Експеримент, результати та їх обговорення

Зразки для експериментальних досліджень виготовляли у вигляді паралелепіпеду товщиною $d (0,5 \dots 1,0) \cdot 10^{-4}$ м., шириною $b (4 \dots 6) \cdot 10^{-3}$ м., довжиною $l (10 \dots 50) \cdot 10^{-3}$ м. методом пресування в T - p режимі при $T = T_g + 20$ К та $p = 10^7$ Па з наступним охолодженням під тиском до $T = 293$ К зі швидкістю 3 град/хв.

В'язкопружні властивості систем визначали методом вимушених резонансних коливань на звукових частотах [8].

Розрахунок параметрів (μ' та $\text{tg} \delta$) проводили згідно хвильового рівняння:

$$\rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \mu'' \chi^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0, \quad (8)$$

де $\chi = d / \sqrt{12}$.

Одержані співвідношення мають вигляд:

$$\mu' = \frac{48 \pi^2 \rho l^4}{(1.875)^4 d^2} \left[v_p^2 + \frac{(\Delta v)^2}{8} \right], \quad (9)$$

$$\text{tg} \delta = \frac{\Delta v}{v_p} \left[1 - \frac{11 \Delta v}{32 v_p} \right], \quad (10)$$

де $\Delta v; v_p$ – відповідно ширина резонансної кривої на висоті $v_p \cdot (2)^{-1/2}$ та резонансна частота зразку.

Вимірювання шуканих величин проводили на установці, схема якої наведена на рис. 1.

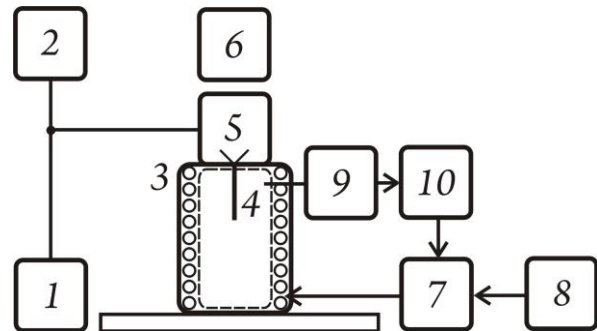


Рис. 1. Блок-схема установки для дослідження в'язкопружних властивостей полімерних матеріалів резонансним методом:

- 1 – генератор сигналів типу ГЗ-112/1;
- 2 – частотомір; 3 – вакуумна термокамера;
- 4 – досліджуваний зразок в тримачі;
- 5 – джерело механічних коливань РП-7;
- 6 – оптичний пристрій для визначення амплітуди коливання зразка;
- 7 – твердотіле реле Срудом Н12Д4825;
- 8 – автотрансформатор; 9 – термодатчик;
- 10 – регулятор температури МТР-8 («Мікрол»).

Точність вимірювання складає $\pm 2,0$ %. Резонансна частота коливної системи на порядок перевищувала v_p , а відношення $l/d \geq 10$.

Величину ν визначали згідно [7] як $\nu = (\mu/\rho)^{1/2}$, де $\mu = (\mu'^2 + \mu''^2)^{1/2}$; ρ – методом гідростатичного зважування матеріалу [14]. Числові значення l та C_V при $293 \text{ К} \leq T \leq T_g + 10$ К взяті з роботи [15].

На рис. 2 представлені результати температурної залежності величини μ' ПС марки Styron 678E, УПС 825A та ПСВ, отримані резонансним

методом на звукових частотах. У всіх досліджених ПС – системах спостерігається релаксаційний перехід в області 333÷373 К.

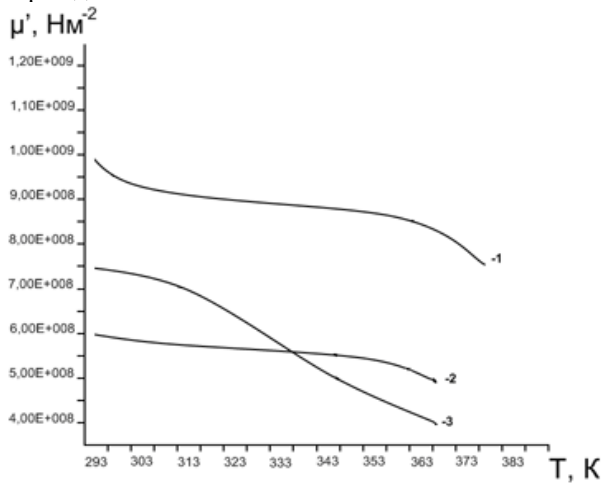


Рис. 2. Температурні залежності величини μ' ПС марки: 1 – Styron 678E; 2 – УПС 825А; 3 – ПСВ.

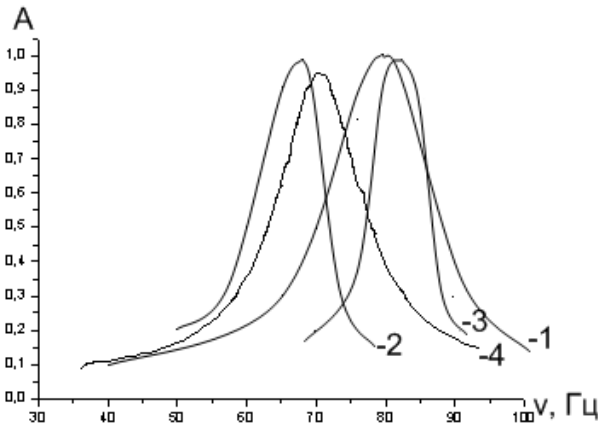


Рис. 3. Температурні залежності величини $tg\delta$ ПС- та ПБХ-систем:

- 1 – ПС – УПС 825А; 2 – ПБХ марки С-6359-М;
- 3 – ПБХ з 5 об. % ДБФ; 4 – ПБХ з 5 мас. % каоліну.

Одержані результати добре узгоджуються з даними температурної залежності величини $tg\delta$ (рис.3). Характерно, що в області T_g має місце максимальне значення величини $tg\delta$ систем. При цьому введення інгредієнтів (пластифікатора, високодисперсного наповнювача) зміщує криву $tg\delta-T$ по температурній шкалі. Так, у випадку систем ПБХ – С – 6359 – М + 5% ДБФ спостерігається антипластифікуючий ефект, що приводить до збільшення величини максимуму $tg\delta$ в область більш високих температур. Введення в ПБХ 5,0 мас % каоліну (крива 4, рис.3) теж підвищує T_g системи. Аналогічні зростання величини μ' також мають місце при введенні в ПБХ малих вмістів ДБФ (5,0 мас %) та каоліну (5,0 мас %).

На рис.4 представлені результати розрахунку, згідно співвідношення (7), та дані експерименту температурної залежності λ розглянутих систем.

Результати комплексного дослідження в'язкопружних і теплофізичних властивостей типових представників гнучколанцюгових полімерів вка-

зують на асиметрію релаксації як результат різної форми кінетичних кривих підведення механічної енергії до системи, її трансформація в тепло з прагненням матеріалу до рівноважного стану (рис. 2, 3, 4). При цьому залежність $tg\delta-T$ (рис. 3) вказує на існування низькочастотних локалізованих мод в ПС, ПБХ-системах. Крім цього, дослідження області α -переходу показує, що сегментальна рухливість обмежується за рахунок взаємодії кінетичних елементів з поверхнею наповнювача ($\leq 0,5$ мас % каоліну) та антипластифікацію ($\leq 0,5$ мас % ДБФ) ПБХ. Виявилось, що при $293\text{ K} \leq T \leq T_g$ в ПС та ПБХ нагромаджується надлишкова внутрішня енергія, яка становить значну частину затраченої на деформування механічної роботи. При цьому (рис. 3) на початку динамічної деформації йде нагромадження енергії зовнішніх сил (рис. 4), яка починає реалізовуватися у вигляді локальної рухливості структурних елементів. При $T \geq T_g$ зростання нагромадження механічних збурень та теплової енергії у зразках зменшується за рахунок виникнення пластичних деформацій матеріалу.

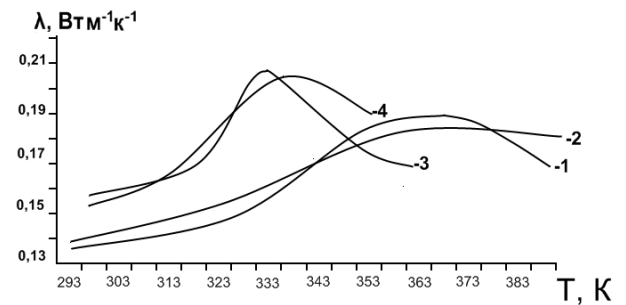


Рис. 4. Температурна залежність λ систем:

- 1 – ПС (за 7); 2 – ПС [11];
- 3 – ПБХ+5,0 мас. % ДБФ (за 7);
- 4 – ПБХ+5,0 мас. % ДБФ [14].

Висновки

Показано, що між в'язкопружними та теплофізичними властивостями гнучколанцюгових полімерів існує кількісний взаємозв'язок. В результаті динамічного механічного навантаження гетерогенних полімерних систем виникає градієнт температурного поля, який релаксує завдяки процесу теплопереносу. При цьому деформація композиту при $T \geq T_g$ не приводить до значного нагромадження енергії в матеріалі.

Результати дослідження можуть бути використані при прогнозуванні в'язкопружних та теплофізичних властивостей матеріалів.

Література:

1. Френкель С.Я. В кн. Физика сегодня и завтра. – Л.: Наука, 1976.
2. Френкель С.Я. Макромолекула // Энциклопедия полимеров. – М.: СЭ. – Т.2, 1974.
3. Френкель С.Я., Цыгельный И.М., Колупаев Б.С. Молекулярная кибернетика. – Львов: Свит, 1990.
4. Гросберг Л.Ю., Хохлов А.Р. О нерешённых проблемах статической физики полимеров. – М.: Наука, 1989.

5. *Китайгородский А.И.* Порядок и беспорядок в мире атомов. – М.: Физматгиз, 1959.
6. *Колупаев Б.Б.* Исследование вязкопружних свойств металонаполненного ПВХ на основе потенциала меж-и внутримолекулярного взаимодействия // Инженерно-физический журнал. – 2007. – Т.80. – №1. – С. 178–185.
7. *Перепечко И.И.* Введения в физику полимеров. – М.: Химия, 1978.
8. *Мэзон У.* Физическая акустика. Т.2, ч.Б. – М.: Мир, 1969.
9. *Малкин А.Я.* Применения непрерывного релаксационного спектра при описании вязкоупругих свойств полимеров // Высокомолек. соед., 2006. А. – Т. 48. – №1. – С. 49–56.
10. *Вольнский А.Л., Бакеев Н.Ф.* Структурная самоорганизация аморфных полимеров. – М.: Физматлит, 2005.
11. *Новиченок Л.Н., Шульман З.П.* Теплофизические свойства полимеров. – М.: Наука и техника, 1971.
12. *Никитенко Н.И.* Исследование механизмов теплопроводности в диэлектриках и металлах на базе молекулярно-радиационной теории переноса // Инженерно-физический журнал. 2010. – Т.83. – №2. – С. 284–293.
13. *Klepko V.V., Kolupaev B.B., Lebedev E.V.* Energy Dissipation and Mogulus Defect in Heterogeneous System Based on Flexible.
14. *Колупаев Б.С.* Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем / Под ред. С.Я.Френкеля/. – Львов: Вища школа, 1980.
15. *Кленко В.В., Колупаев Б.Б., Колупаев Б.С., Лебедев Е.В.* Фенонная релаксация и внутреннее трение в гетерогенных системах на основе поливинилхлорида // Высокомолек. соед. А, 2010. – Т.52. – №2. – С. 249–253.

УДК 534.21÷537.228

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПАРАМЕТРАМИ СТРУКТУРИ І АКУСТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПВХ ТА ПВБ-СИСТЕМ

В.В. Кленко, Б.Б. Колупаєв, Є.В. Лебедєв

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, UA-02160, м. Київ, Харківське шосе, 48

На основі аналізу поведінки ділянки закріпленої макромолекули лінійного полімеру, яка перебуває в механічному полі ультразвукової частоти, встановлено кількісний взаємозв'язок між мікрохарактеристиками та акустичними властивостями гетерогенних систем на основі ПВХ та ПВБ. Показано, що в залежності від релаксаційного стану композиту реалізується рухливість структурних елементів певних лінійних розмірів, величину яких можна напрямлено регулювати інгредієнтами різної фізико-хімічної природи.

Важливу інформацію про будову речовини, внутрішньо- і міжмолекулярну взаємодію між її структурними елементами можна отримати, аналізуючи результати експериментальних досліджень швидкості поширення та поглинання ультразвукових коливань в системі. Це обумовлено тим, що [1]:

1) мають місце нерівноважні процеси в тілі при поглинанні ультразвуку (УЗ) (з розрахунку на довжину хвилі);

2) довжина хвилі ультразвуку досить велика у порівнянні з розмірами структурних неоднорідностей, перш за все, з інтер- та інтрамолекулярними відхиленнями структурних елементів від положення рівноваги, мікроблоками (суперсітками);

3) виконується умова – амплітуда ультразвукових коливань незначна, тобто не існує руйнівних процесів у системі під дією механічної енергії.

При цьому, враховуючи, що об'єктом дослідження є типові представники лінійних гнучколанцюгових полімерів: ПВХ та ПВБ і гетерогенні системи на їх основі при вмісті (ϕ) інгредієнтів $0 \leq \phi \leq \phi_{кр}$ (де $\phi_{кр}$ – критичний вміст дисперсного наповнювача), зробимо попередні

припущення:

1. Вважаємо макромолекулу закріпленою, якщо закріплена хоч одна з її ланок.

2. Всі ланцюги мікроблоку (або суперсітки [2]) деформуються аналогічно.

3. Деформація ланцюгів макромолекули під дією УЗ-коливань незначна та не існує їх відриву від закріплених вузлів.

Якщо до гетерогенної полімерної системи (ГПС) прикласти зовнішню механічну напругу УЗ-частоти, тоді, в композиті будуть поширюватись поздовжні (l) і/або поперечні (t) коливання з швидкістю [3]:

$$v_i(\omega) = v_{0i} \left[1 - \frac{4aE(\mu)}{\pi^3 K} \frac{(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega d)^2} \right], \quad (1)$$

де $i = l, t$; $E(\mu)$ – модуль Юнга або зсуву; ρ – густина; a – лінійні розміри кінетичного структурного елементу системи; K – ефективна маса сегменту на одиницю довжини; ω_0 – власна частота коливань структурного елементу ГПС; ω – частота дії УЗ-коливань; v_{0i} – швидкість, що відповідає модулю пружності.

ЗМІСТ

<i>Б.Б. Колупаєв, В.В. Клепко, Б.С. Колупаєв, В.В. Кривцов, А.А. Свінцицький, І.О. Ткачук.</i> Аспекти теорії теплопереносу і внутрішнього тертя в лінійних полімерних матеріалах.....	3
<i>В.В. Клепко., Б.Б. Колупаєв, Є.В. Лебедев.</i> Взаємозв'язок між параметрами структури і акустичними властивостями ПВХ та ПVB-систем. 6	6
<i>Е.П. Мамуня, М.М. Нищенко, Е.А. Цанко, В.В. Левченко, Е.В. Лебедев.</i> Электропроводность и позитронная спектроскопия нанокомпозитов поливинилхлорид - углеродные нанотрубки 9	9
<i>Е.А. Лисенков, Ю.П. Гомза, В.В. Давиденко, В.В. Клепко.</i> Структура та властивості полімерних електролітів на основі ПEG300 та карбонанотрубок	15
<i>В.В. Клепко, Е.А. Лисенков, М.М. Міненко, О.М. Жигір, М.А. Рехтета.</i> Вплив монтморилоніту на діелектричні властивості та провідність полімерних електролітів на основі ПEG та LiClO ₄ . 21	21
<i>Ю.Б. Муха, М.Р. Костецький, Б.І. Муха, Малиновський Є.В.</i> Вплив природного старіння на величину питомої теплоємності наповненого полівінілбутиралу	24
<i>М.С. Панченко, І.М. Панченко, О.С. Мосієвич, А.Л. Панасюк, Н.В. Поліщук, І.М. Карпович.</i> Вплив вологовмісту та пористої структури на магнітну проникність гідрофільних неорганічних полімерів	28
<i>О.П. Руденко, С.А. Стеценко, О.В. Хорольський, А.М. Гетало.</i> Дослідження швидкості поширення ультразвуку у фторпохідних метоксibenзолу на лінії насичення.....	31
<i>О.П. Руденко, А.М. Гетало, С.А. Стеценко.</i> Механізм в'язкої течії деяких фторзаміщених аліфатичних спиртів	34
<i>О.П. Руденко, О.В. Хорольський, В.В. Прокопенко.</i> Акустичні дослідження розчинів деяких галоїд-1-нафтоїних кислот	36
<i>Ю.Р. Максимцев, Б.Б. Колупаєв, О.М. Волошин, Ляшук Т.Г.</i> Вплив зовнішнього електричного поля на теплофізичні властивості пластифікованого полівінілхлориду.....	39
<i>М.О. Волошин.</i> Структурно-об'ємні та фізико-механічні властивості ПVB-металонанокомпозитів	42
<i>В.В. Левчук, Є.В. Лебедев, В.В. Клепко, Б.Б. Колупаєв.</i> Коливально-хвильові процеси в гетерогенних полімерних системах на основі полівінілхлориду.....	47
<i>Т.М. Шевчук, М.А. Бордюк, Дем'янюк Б.П.</i> Оцінки параметрів рухливості структурних елементів макромолекул лінійних аморфних полімерів на основі наноструктурного підходу	50
<i>М.І. Шут, П.М. Малежик, Т.Г. Січкач, А.М. Шут, Н.М. Зазимко.</i> Механічні властивості нанокомпозиту на основі епоксидного полімеру ED-20.....	55
<i>В.О. Сідлецький, В.Б. Демчук, Б.С. Колупаєв.</i> Вплив гнучкості макромолекул на інкремент теплоємності полімерів при температурі склування.....	58
<i>О.Є. Сергєєва, С.Н. Федосов.</i> Піроелектрична активність сегнетоелектричних полімерів і її зв'язок з перемкнutoю поляризацією	62
<i>В.М. Гудь.</i> Дослідження оптичних властивостей полімерних композиційних матеріалів методом ІЧ-спектроскопії	64

**ФІЗИКА
КОНДЕНСОВАНИХ
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ
СИСТЕМ**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету
Випуск 14.

Відповідальний за випуск *Бордюк М.А.*
Випуск підготував *Сідлецький В.О.*
Підписано до друку 29.01.2010 р. Тираж 100 прим.

Рівненський державний гуманітарний університет
33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31.