

**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. Слісенко**  
(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

УДК 536.2:539.199

## КОЛИВАЛЬНО-ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ В ГЕТЕРОГЕННИХ ПОЛІМЕРНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ.

**В.В. Левчук<sup>1</sup>, Є.В. Лебедєв<sup>2</sup>, В.В. Клепко<sup>2</sup>, Б.Б. Колупаєв<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Рівненський державний гуманітарний університет, UA-33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31

<sup>2</sup>Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, UA-02160, м. Київ, Харківське шосе, 48

В рамках динамічної моделі дисперсного композиту досліджено коливально-хвильові процеси в гетерогенних полімерних системах. Визначено величини власної частоти коливань включень, коефіцієнтів трансляційної пружності, в'язкості, коефіцієнта затухання, фазової швидкості поширення механічних коливань в полімерних композитах на основі ПВХ.

Within the dynamical model of dispersed composite investigated vibrational-wave processes in heterogeneous polymer systems. The size of the natural frequency of vibration of inclusions, of translation coefficients of elasticity, viscosity, attenuation coefficient, phase velocity of propagation of mechanical vibrations in polymer composites based on PVC.

Акустичні властивості високомолекулярних сполук широко досліджуються в зв'язку з інтенсивним їх науково-практичним використанням [1-2]. При цьому, особливий інтерес становить вивчення процесу релаксації в'язкопружних властивостей лінійних гнучколанцюгових полімерів [3-4]. Отримані при цьому результати по швидкостях поширення і коефіцієнтах поглинання ультразвукових хвиль дозволяють при аналізі явища використати молекулярно-кінетичні та феноменологічні теорії в'язкопружних середовищ. Деформації стиску і зсуву, які виникають при поширенні пружних хвиль, викликають структурні зміни в досліджуваному об'єкті, а відповідно, і зміни всіх структурно чутливих властивостей, які носять релаксаційний характер. Значний інтерес представляють динамічні моделі композитних матеріалів, в яких, як встановлено експериментально, має місце резонансна дисперсія пружних хвиль стиску. В дослідженнях коливально-хвильової динаміки композитів часто використовується модель взаємопроникаючих середовищ з урахуванням процесів інерційної, пружної і в'язкої взаємодії компонентів [5-6].

В даній роботі використано динамічну модель дисперсного композиту, утвореного мало стисливою матрицею і твердими включеннями помірної об'ємної концентрації [7].

Досліджували аморфний лінійний полімер полівінілхлорид (ПВХ) з  $MM = 1,4 \cdot 10^5$  і константою Фікінтчера 65, отриманий суспензійною полімеризацією і очищений переосадженням з розчину, а також композиції на його основі, що містили як наповнювачі високодисперсну мідь (Cu) з розміром частинок 7 мкм. Зразки ПВХ-композицій готували методом механічного змішування з наступним пресуванням в  $T-p$  режимі при тиску  $10^7$  Па і температурі 403 К [3].

Акустичні властивості систем – швидкість поширення поздовжньої  $v_l$  і поперечної  $v_t$  хвиль, а також відповідні їм коефіцієнти поглинання ( $\alpha_l, \alpha_t$ ) досліджували на частоті 0,4 МГц імпульсним методом з прохідним сигналом сумісно з методом обертової пластини. Концентраційну і температурну

залежність густини ( $\rho$ ) визначали згідно роботи [8].

Розглянемо композит, що складається із мало стисливої в'язкопружної матриці і рівномірно розподілених в ній твердих включень (частинки наповнювача). Оскільки при зміщенні включень від рівноважного положення, у випадку  $\varphi \leq \varphi_{кр}$ , на них з боку матриці діє сила опору, при цьому частинки високодисперсного наповнювача мають деяку власну частоту трансляційних коливань [9-10]. Резонансні коливання частинок наповнювача відносно матриці реалізуються у вигляді динамічної густини і трансляційної в'язкості.

Визначимо величину в'язкості зсуву, яка характеризує взаємозв'язок швидкості деформації зсуву з тангенціальною напругою, згідно [11-12]:

$$\eta = \frac{\rho v_t^2 \tau}{6}, \quad (1)$$

де  $\tau$  – час релаксації структурних елементів композиції, згідно моделі Максвела для деформації зсуву становить:

$$\tau = \frac{\omega^2 - \alpha_t^2 v_t^2}{2\alpha_t v_t \omega^2}, \quad (2)$$

Обчислення модуля зсуву системи проводили, знаючи дійсну і уявну його частини [3]:

$$\mu' = \frac{\rho v_t^2 (1 - \alpha_t^2 v_t^2 / \omega^2)}{(1 + \alpha_t^2 v_t^2 / \omega^2)^2} \quad (3)$$

$$\mu'' = \frac{2\alpha_t \rho v_t / \omega}{(1 + \alpha_t^2 v_t^2 / \omega^2)^2}. \quad (4)$$

Тоді

$$\mu = \sqrt{(\mu')^2 + (\mu'')^2}. \quad (5)$$

Для гетерогенних полімерних систем з твердими сферичними частинками наповнювача радіусом  $a$  власну частоту коливань включень визначимо як [7]:

$$\omega_0 = \left[ \frac{3k^*}{4\pi a^3 \rho (\Delta + \gamma)} \right]^{1/2}, \quad (6)$$

де коефіцієнт трансляційної пружності:

$$k^* = 6\pi a \zeta \left[ \frac{1 + (2/3)\varphi^{5/3}}{1 - (3/2)\varphi^{1/3} + (3/2)\varphi^{5/3} - \varphi^2} \right]. \quad (7)$$

При цьому коефіцієнт приєднаної маси матриці визначається її кінетичною енергією і енергією коливального руху включень. Це дозволяє отримати аналітичний вираз, який апроксимується співвідношенням [13]:

$$\gamma \approx \left( \frac{1 + 2\varphi}{2(1 - \varphi)} \right) \left( \frac{0,55}{\varphi + 0,01} + 1 \right)^{2/3}. \quad (8)$$

Як свідчать результати розрахунків, коефіцієнт приєднаної маси матриці становить 10,39 для систем ПВХ+0,5 об. % Cu, 5,63 для систем ПВХ+1,5 об. % Cu та 3,85 для систем ПВХ+3 об. % Cu. Величина коефіцієнту трансляційної пружності (таблиця) лежить в межах від  $3,25 \cdot 10^5$  Па·м до  $2,29 \cdot 10^5$  Па·м і залежить від об'ємного вмісту наповнювача та температури системи. Характерно, що величина  $k^*$  зменшується з ростом температури для всіх досліджених композицій. При цьому величина власної частоти коливаний включень вища від частоти діючих ультразвукових коливаний.

У процесі коливного руху частинки високодисперсного наповнювача зазнають з боку матриці сили в'язкого опору, величина якого з врахуванням пограничного шару становить [9]:

$$\zeta_t = 6\pi\eta \frac{a^2}{\delta(1 - \varphi)^2}, \quad (9)$$

де  $\delta$  – товщина пограничного шару:

$$\delta = \left( \frac{\eta}{\rho\omega} \right)^{1/2}.$$

Отримані результати дозволяють визначити коефіцієнт затухання коливаний включень у в'язкопружній матриці [7]:

$$h = \frac{\zeta_t}{m}, \quad (10)$$

де  $m$  – приєднана маса матриці. Як видно з результатів розрахунків (табл. 1) величина коефіцієнта затухання коливаний включень має нелінійну залежність від температури зовнішнього теплового поля, набуваючи максимальних значень при 303–323 К.

Тоді, співвідношення для визначення резонансної залежності ефективної динамічної густини композиту матиме вигляд:

$$\frac{\rho^*}{\rho} = 1 + \frac{\left( \frac{\omega_0^2}{\omega^2} + \frac{1 + \gamma}{\Delta + \gamma} \right) \left( \frac{\omega_0^2}{\omega^2} - 1 \right) + \left( \frac{2h}{\omega} \right)^2}{\left( \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \right)^2 + \left( \frac{2h}{\omega} \right)^2} (\Delta - 1)\varphi, \quad (11)$$

де  $\Delta = \frac{\rho_1}{\rho}$  – відносна густина включень. Результати розрахунків показують, що динамічна густина композиту та густина гетерогенних полімерних систем співмірні.

Таблиця 1.

Температурна залежність власної частоти, коефіцієнтів трансляційної пружності, затухання та в'язкості полімерних систем.

$T, K$	$\omega_0 \cdot 10^{-7}, c^{-1}$	$k^* \cdot 10^{-5}, Pa \cdot m$	$h \cdot 10^{-8}, c^{-1}$	$\eta^* \cdot 10^{-5}, kg/(m^3 \cdot c)$
ПВХ+0,5 об. % Cu				
293	3,63	3,52	2,78	3,59
303	3,41	3,10	3,52	2,84
313	3,30	2,90	3,11	3,22
323	3,26	2,82	3,43	2,92
333	3,22	2,76	3,05	3,28
343	3,21	2,73	2,45	4,10
353	3,05	2,47	2,39	4,21
ПВХ+1,5 об. % Cu				
293	3,93	3,01	3,21	9,23
303	3,93	3,00	3,35	8,85
313	3,89	2,93	3,19	9,32
323	3,89	2,93	3,18	9,34
333	3,67	2,61	2,73	10,9
343	3,58	2,48	2,69	11,1
353	3,54	2,42	2,55	11,7
ПВХ+3 об. % Cu				
293	4,57	3,48	2,88	20,5
303	4,47	3,33	2,85	20,7
313	4,47	3,32	2,84	20,8
323	4,42	3,24	2,79	21,2
333	4,06	2,74	2,71	21,9
343	3,96	2,60	2,67	22,2
353	3,71	2,29	2,53	23,5

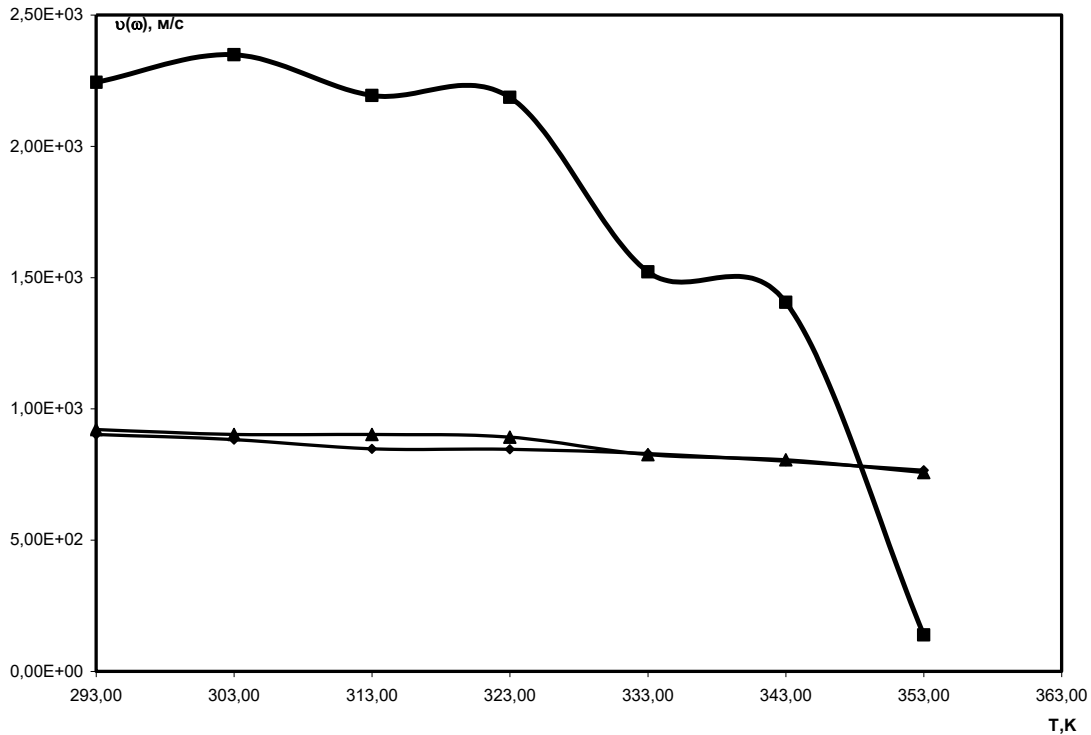


Рис. 1. Температурна залежність фазової швидкості полімерних систем:  
 ◆ – ПВХ+0,5 об.% Cu, ■ – ПВХ+1,5 об.% Cu, ▲ – ПВХ+3 об.% Cu.

Трансляційна в'язкість гетерогенних полімерних матеріалів (коефіцієнт об'ємного в'язкого опору) при коливному русі включень визначається дисипативними втратами [14]:

$$\eta^* \approx \frac{2h\rho\phi(\Delta-1)^2}{(\Delta+\gamma)\left[\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega}\right)+\left(\frac{2h}{\omega}\right)^2\right]} \quad (12)$$

Розрахунки показали (таблиця), що величина трансляційної в'язкості для досліджуваних систем лежить в діапазоні  $3,59 \cdot 10^5 \div 4,21 \cdot 10^5$  кг/(м<sup>3</sup>·с) для ПВХ+0,5 об. % Cu,  $9,23 \cdot 10^5 \div 1,17 \cdot 10^6$  кг/(м<sup>3</sup>·с) для ПВХ+1,5 об. % Cu,  $2,05 \cdot 10^6 \div 2,35 \cdot 10^6$  кг/(м<sup>3</sup>·с) для ПВХ+3 об. % Cu.

Знання залежності динамічної густини і трансляційної в'язкості дозволяє визначити фазову швидкість та коефіцієнт просторового затухання ультразвуку в системі[7]:

$$v(\omega) = v_t \sqrt{\frac{\rho}{\rho^* + \eta^{*2}/\omega^2}} \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^* + \eta^{*2}/\omega^2} + \rho^*}{2}} \quad (13)$$

$$\alpha(\omega) = \frac{\omega}{v_t} \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^* + \eta^{*2}/\omega^2} - \rho^*}{2\rho}} \quad (14)$$

Виявилось, що величина фазової швидкості (рис.1) залежить від об'ємного вмісту наповнювача та температури композиту. Проведені розрахунки показали, що  $\alpha(\omega)$  збільшується зі зростанням температури.

Таким чином, величиною вмісту високодисперсного наповнювача можна напрямлено регулювати колиально-хвильові процеси в гетерогенних полімерних системах. При розрахунку акустичних

параметрів ГПС необхідно враховувати власну частоту коливань включень, коефіцієнти трансляційної пружності та в'язкості систем.

**Література:**

1. Клепко В.В., Колупасв Б.Б., Лебедев Е.В., Колупасв Б.С.. Механизм диссипации акустических волн в линейных гибкоцепных полимерах. // Акуст. вісн. – 2010. – Т.13. – №4. – с. 36–48.
2. Клепко В.В., Колупасв Б.Б., Куницкий Ю.А., Леонов Д.С. Подвижность элементов структуры аморфных полимерных систем под действием ультразвукового поля. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнології.- 2008. – Т. 6. – № 2. – С. 1001–1011.
3. Колупасв Б.С. Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем. – Львов: Вища школа, 1980. – 204 с.
4. Колупасв Б.С., Бордюк Н.А.. Влияние силовых и температурных полей на релаксацию структурных элементов композиционных полимерных материалов // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. – Вип. 5. – 1998. – С. 3–11.
5. Викторова Р.Н., Тютекин В.В. Экспериментальное исследование искусственной акустической среды с комплексной плотностью. // Тр.6-й Всерос. акуст. конф. – М.,1968.
6. Ерофеев В.И., Родюшкин В.М.. Наблюдение дисперсии упругих волн в зернистом композите и математическая модель ее описания. // Акуст. Журн. – 1992. – Т.38. – №6. – С. 1116–1117.
7. Федотовский В.С., Верещагина Т.Н.. Резонансная дисперсия продольных волн в дисперсных композитах. // Акуст. журн. – 2010. – Т.56. –

- №4. – С. 497–504.
8. Бордюк Н.А., Колупаев Б.С., Левчук В.В., Касаткин В.Г. Влияние фосфогипса на акустические свойства поливинилхлоридных композиций // Высокомолек. соед. – А. – 1996. – Т.38. – № 6. – С. 1–6.
  9. Федотовский В.С., Верещагина Т.Н. Колебания и волны в гетерогенных средах. // Тр. Математ. центра им. Н.И. Лобачевского. Казань: Изд-во Казанского математ. Общества. – 2004. – Т.22. – С.133–161.
  10. Пирс А.Д. Колебания сферических включений в упругих твердых телах // Акуст. журн. – 2005. – Т.51. – №1. – С. 9–23.
  11. Михайлов И.Г., Соловьев В.А., Сырников Ю.П. Основы молекулярной акустики. – М.: Наука - 1964. – 514 с.
  12. Бордюк М.А. Процеси взаємодії звукових фоновів з елементами структури гетерогенних полімерних систем // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. – Вип. 2. – 1997. – С. 33–36.
  13. Федотовский В.С. О динамике гетерогенных сред при виброакустических воздействиях. // Тр. Математ. Центра им. Н.И. Лобачевского. Казань: Изд-во Казанского математ. Общества. – 2002. – Т.16. – С.75-91.
  14. Федотовский В.С., Верещагина Т.Н., Прохоров Ю.П. Резонансная дисперсия продольных волн в дисперсно-армированных композитных материалах. // Сб. трудов XIX сессии Российского акустического общества. – 2007. – Т.1. – С.19-25.

УДК 678.01:536+678.743.22.

## ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ РУХЛИВОСТІ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАКРОМОЛЕКУЛ ЛІНІЙНИХ АМОРФНИХ ПОЛІМЕРІВ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУРНОГО ПІДХОДУ

**Т.М. Шевчук, М.А. Бордюк, Б.П. Дем'янюк**

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

У роботі на основі розгляду лінійного аморфного полімера як нанокompозиту, визначені параметри кластерної моделі, проведені оцінки пружних модулів міжкластерних областей. Визначення фрактальних розмірностей нанотворень аморфних полімерів дозволило проаналізувати процеси дифузії структурних елементів макромолекул в рамках теорії самоподібних стохастичних систем.

The research, based on the consideration of a linear amorphous polymer nanocomposite as defined by the parameters of the cluster model, the estimation of elastic moduli mizhklasternyh areas. Determination of fractal dimensions nanotvoren amorphous polymers allowed to analyze structural elements of the diffusion of macromolecules within the theory of stochastic systems samopodibnyh.

### Вступ

Більш високий рівень методів дослідження матеріалів за допомогою електронної мікроскопії високої здатності, зондової скануючої електронної мікроскопії, високоселективної мас-спектроскопії, удосконалення підготовки зразків дало можливість детектувати самотні молекули, вивчати поведінку малих ансамблів атомів [1].

Аналіз і систематизація таких досліджень різноманітних малих об'єктів дала можливість виявити принципово нові закономірності поведінки малих ансамблів, асоціатів атомів і молекул, що виявляється в зміні їх властивостей і реакційної здатності в порівнянні з індивідуальними атомами і молекулами, так і з аналогічними системами, що утворюють фазу чи макросистему (контініум). Це дало можливість класифікувати хімічні об'єкти в залежності від числа чи розмірів виникаючих асоціатів чи систем як наноструктури [2].

Виходячи з особливості будови макромолекул полімерів, слід зауважити можливість формування наноструктур в таких системах. Макромолекули можуть бути лінійними з гнучкою чи жорсткою структурою, розгалужені з відгалуженнями різної

природи, зшиті з різною густиною сітки і дендриміри [3].

Структурні особливості макромолекул характеризуються конфігурацією, конформацією, молекулярною упаковкою ланцюгів, яка визначається характером і енергією міжмолекулярних взаємодій і характеризує впорядкованість макромолекул у просторі і між собою. Для полімерів особливістю є те, що їх структуроутворення можна охарактеризувати на основі підсистемного підходу: атомна група – сегмент, ділянка ланцюга – клубок, глобула, кристаліт – надмолекулярні утворення. Це вказує на те, що для полімерів розміри наночастинок можуть змінюватися в межах  $1=100$  нм і більше.

Молекулярні утворення в полімерних системах завжди є наноструктурними системами. Прикладами таких структуроутворень є аморфні полімерні системи, які можна описувати кластерною моделлю [4].

Мета цієї роботи полягає в тому, щоб на основі наноструктурного підходу до надмолекулярної організації аморфних лінійних полімерів проаналізувати особливості дифузії структурних елементів макромолекул і визначити мікроструктурні та макропараметри кластерної моделі.

## 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 ПВБ-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 ПЕГ300 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 ПЕГ та LiClO <sub>4</sub> . 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 ПВБ-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 ЕД-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 перемкненою 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.