

Г.О. Сіренко¹, І.В. Сулима¹, Л.М. Солтис¹, В.П. Свідерський²

Вплив природи та параметрів розподілу за розмірами частинок графітів на фізико-механічні властивості полімерних композитів на основі ароматичного поліаміду

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна

²Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016, Україна

Приведені результати досліджень впливу природи та параметрів розподілу за розмірами частинок графітів на фізико-механічні властивості полімерних композитів на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2. Розміри частинок наповнювача і полімеру за параметрами теоретичного гамма-розподілу (периметром, шириною і діаметром) мають різні значення. Знайдено вплив наповнювачів (природних графітів різних марок), які відрізнялися вмістом золи (5-15% і 0,05-2,5%), вологи і тонкістю мливу (дисперсністю) на зносостійкість зразків полімерного композиту. Між інтенсивністю зношування і параметрами розподілу частинок графітів є нелінійний зв'язок.

Ключові слова: полімерний композит, наповнювач, зольність, дисперсність, дискретний розподіл, ймовірнісний розподіл, зносостійкість, інтенсивність зношування.

Стаття поступила до редакції 10.08.2016; прийнята до друку 05.12.2016.

Вступ

Під час розробки технології та складу композиційних полімерних матеріалів, проектування та переробки їх у виробі, рекомендацій для певних умов експлуатації необхідно знати залежності фізико-механічних, фізико-хімічних, теплофізичних, трибологічних тощо властивостей композитів від природи, типу, форми і розподілу за розмірами частинок дисперсних та волоконних наповнювачів [7, 34, 35, 39, 41] та полімера – матриці. Результати досліджень впливу природи та розподілу частинок на фізико-механічні [34, 35, 38-41], трибологічні [11, 14, 16, 23, 33, 36], теплофізичні [9-11, 15-23, 29, 32, 36, 40, 44, 49, 53, 54, 56-58] властивості тощо зайвий раз підтверджують на необхідність вирішувати ці завдання дослідження та технології. Особливо розв'язання цих проблем важливо під час створення антифрикційних полімерних матеріалів на основі термостійких, термостійких та температуростійких полімерів [2, 8, 12, 27, 31, 45-47, 50, 52] та вуглецевих наповнювачів – дисперсних графітів та вуглецевих волокон [1, 30, 55].

Зв'язок антифрикційних та теплофізичних властивостей полімерних композитів у залежності від складу наповнювачів приводиться у [16, 36, 37], а антифрикційні властивості полімерних композитів на

основі термостійких полімерів, графіту та вуглецевих волокон під час тертя без або при обмеженому мащенні у [3-6].

Мета роботи полягає у вивченні залежності фізико-механічних (переважно трибологічних) властивостей полімерних композитів на основі термостійкого полімеру-матриці – ароматичного поліаміду від природи, типу та параметрів ймовірнісного розподілу частинок наповнювачів – графітів.

I. Матеріали та методи дослідження

1.1. Матеріали: полімерні композити на основі термостійкого ароматичного поліаміду (АПА) фенілон С-2 (продукти поліконденсації метафенілендіаміна і дихлорангідридів ізофталевої (60%) і терефталевої (40%) кислот, [2, 31, 50]), і зразки якого, мали наступні фізико-механічні, теплофізичні та фізико-хімічні властивості (у порівнянні з політетрафторетиленом (ПТФЕ) фторопласт-4 [12, 52] та поліімідом ПМ-69 [8] (табл. 1).

Наповнювачами АПА були природні графіти різних марок (табл. 2), які відрізнялися вмістом золи, вологи і тонкістю мливу (дисперсністю). Параметри дискретного розподілу приведені в табл. 2.

Таблиця 1

Фізико-механічні, теплофізичні та фізико-хімічні властивості зразків ПТФЕ, ароматичного поліаміду фенілон С-2 та полііміду ПМ-69 за кімнатних температур, отриманих методом пресування та прес-лиття [2, 3, 8, 12, 27, 31, 45-47, 50, 52]

Характеристика	ПТФЕ фторопласт-4	Ароматичний поліамід фенілон С-2	Поліімід ПМ-69
Густина, кг/м ³	2150–2220	1330	1370–1420
Міцність (МПа):			
• під час розтягу	14–35	120	118–183
• під час згину	14–18	200	210–229
• під час стиску	10–12	220	210–220
Подовження під час розриву, %	250–500	6,6	4-7
Модуль пружності (МПа):			
• під час стиску	700–800	3000–3200	2060–2260
• під час згину	470-850	–	2414-4415
Питома ударна в'язкість, (кДж/м ²):			
• без надрізу	> 100	35	110
Твердість НВ, МПа	30–40	220	200–270
Теплостійкість за Віка, К	373–383	563	> 663
Температура (К):			
• крижкості	< 4	193	–
• склування	153	543	470–630
• топлення	590	703	> 673
• початку хімічного розкладу	> 688	>703	> 695
Коефіцієнти:			
• лінійного термічного розширення, ($\times 10^{-5}$) К ⁻¹	25	3,2	2,3–5
• теплопровідності, Вт/(м К)	0,24	0,25	0,30
• питомої теплоємності, кДж/(кг К)	1,05	1,34	1,12

Зразки полімерних композитів для дослідження діаметром 10 мм і висотою 15 мм були виготовлені за технологією [2, 31, 50] пресуванням порошку композиції з полімеру і графіту.

1.2. Методи дослідження.

Трибологічні властивості зразків полімерного композиту досліджували на машині тертя ХТІ- 72 [13] за двома схемами фрикційного контакту:

- схема 1 (режим сталих питомих навантажень): три зразки діаметром $10 \pm 0,5$ мм і висотою $15 \pm 0,5$ мм контактували з поверхнею сталі 45 термообробленою (НВ $4,5 \pm 0,18$ ГПа, $Ra_0 = 0,22 \pm 0,02$ мкм), при нормальному навантаженні на зразок $N_i = 235,5$ Н, питомому навантаженні $p = 3$ МПа, швидкості ковзання $v = 0,5$ м/с, за температури поверхні сталі 45 $T = 237 \pm 2$ К, шлях тертя 60 км.
- схема 2 (режим змінних граничних навантажень): три зразки діаметром $10 \pm 0,5$ мм і висотою $15 \pm 0,5$ мм з кінцівкою у вигляді напівсфери з радіусом 6,35 мм контактували сферами з поверхнею сталі 45 термообробленою (НВ $= 4,5 \pm 0,2$ ГПа, $Ra = 0,20 \pm 0,3$ мкм), при нормальному навантаженні на зразок $N_i = 100$ Н, швидкості ковзання $v = 0,3$ м/с, за температури поверхні сталі 45 $T = 323 \pm 1$ К. Шлях тертя першого етапу $S_1 = 0 \dots 4$ км (питоме навантаження змінювалося від $p_0 \approx НВ^*$ (пружна твердість за Бринеллем) полімерного зразка до $p_1 \approx 30-40$ МПа) і другого етапу

$S_2 = 4-16$ км (питоме навантаження змінювалося від $p_1 \approx 30-40$ МПа до $p_2 \approx 20-25$ МПа). Шорсткість поверхні визначали за Ra за допомогою профілометра–профілографа ВЭН «Калибр» моделі 201.

II. Результати та їх обговорення

2.1. Ймовірнісний розподіл за розмірами частинок графітів.

Обробка результатів експериментальних даних за розподілом частинок графітів та полімеру АПА за [42, 43] показала, що вони підпорядковані теоретичному гамма-розподілу [43] за периметром, шириною і діаметром частинок графітів і полімеру АПА фенілон С-2 приведені в табл. 3.

У табл. 3 позначено [43]: λ , θ – параметри гамма-розподілу; As , Ex – показники асиметрії та ексцесу гамма-розподілу за розмірами відповідно; $M_2(x)$, $D_2(x)$ – математичне сподівання та дисперсія об'ємного (масового) гамма-розподілу за розмірами відповідно; $E_2(x)$, $\sigma_2(x)$ – математичне сподівання та дисперсія числового гамма – розподілу за розмірами відповідно.

2.2. Залежність фізико-механічних властивостей полімерних композитів на основі ароматичного поліаміду від параметрів розподілу за розмірами частинок графітів.

Зольність, вологість і параметри дискретного розподілу досліджених графітів Завальєвського родовища* (Україна)

Графіт	Марка	Вміст золи, %	Вологість, %	Дискретний розподіл		
				тонина мливу		
				залишок, мкм (%)	фракція, мкм	основна фракція, мкм (%)
Тигельний	ГТ-1	7,0	10	200(>75)	100-600	200(75)
Тигельний	ГТ-2	8,5	10	200(>70)	100-600	200(70)
Елементний	ГЕ-3	10,0	1	160(<10)	10-200	63(>45)
Елементний	ГЕ-4	14,0	1	160(<10)	10-200	63(>45)
Кристалічний ливарний	ГЛ-1 (КЛЗ)	13,0	1	160(<40)	30-400	100(>50)
Електро-вугільний	ЕУЗ-М	0,5	0,2	71(<5)	10-80	45(75-90)
Електро-вугільний	ЕУЗ-Е	5,0	0,2	160(<20)	30-400	65(60-90)
Спеціальний малозольний	ГСМ-1	0,1	0,2	200(>70)	100-600	200(>70)
Акумуляторний	ГАК-1	0,5	1	160(<50)	30-400	63(50-90)
Акумуляторний	ГАК-2	1,0	1	160(<50)	30-400	63(60-95)
Акумуляторний	ГАК-3	2,0	1	160(<50)	30-400	63(60-95)
Олівцевий	ГК-1	1,0	0,2	63(<0,5)	3-40	5-20
Олівцевий	ГК-2	3,0	0,2	63(<1,0)	3-40	5-20
Олівцевий	ГК-3	5,0	0,2	63(<1,0)	5-50	8-30
Колоїдний сухий	С-1	1,5	0,5	63(<0,5)	1-80	1-8
Колоїдний сухий	С-2	2,0	0,5	63(<0,5)	1-80	1-8
Колоїдний сухий	С-3	2,5	0,5	63(<0,5)	1-80	1-8

*за даними виробника

1. Фізико-механічні властивості полімерного композиту на основі ароматичних поліамідів сильно залежать від дисперсності, зольності і концентрації графітованих частинок дисперсної фази. Графіти із вмістом золи 5-15% відносяться до високозольних, а з вмістом 0,05-2,5% – до малозольних.

2. Зростання вмісту графіту від 5 до 10 % (за об'ємом) в композиті АПА приводить до нелінійного зменшення міцності під час розтягу, а в межах 10-25 % (за об'ємом) міцність, під час розтягу зменшується за лінійним законом. Із зростанням вмісту золи у високозольних графітах за однакової дисперсності міцність під час розтягу зразків полімерного композиту зростає, але роль першого чинника дещо більша, ніж дисперсності. Для малозольних графітів із зростанням вмісту золи від 0,1 до 1,5 % та із зменшенням розмірів частинок міцність під час розтягу зменшується. Міцність полімерних композитів наповнених малозольними графітами, в меншій мірі залежить від зміни їх зольності, а в більшій – від дисперсності частинок.

3. Така ж закономірність, але в більш строгому вигляді, спостерігається для питомої ударної в'язкості: із зростанням вмісту золи у високозольних графітах питома ударна в'язкість полімерних композитів зростає. Зменшення розмірів частинок для малозольних графітів приводить до зменшення питомої ударної в'язкості полімерних композитів. Перехід від полімеру-матриці з ударною в'язкістю 45 кДж/м² до полімеру з ударною в'язкістю 90 кДж/м² не змінює загальну закономірність зміни питомої ударної в'язкості полімерних композитів на

їх основі від концентрації графіту, при цьому зміщується тільки межа початку появи лінійного показника з 2,5-5 до 10 %. У високозольних графітів для міцності під час стиску зразків композиції спостерігається та ж закономірність, що і для параметру міцності під час розтягу. Для низькозольних графітів певної закономірності за дисперсністю чи зольністю не знайдено, що пов'язано із впливом інших поверхневих властивостей графітів. Лінійна залежність міцності під час стиску від концентрації графіту появляється з 5%-вого наповнення за об'ємом. Це можна пояснити тим, що з 5-10%-вого наповнення за об'ємом формується структура полімерного композиту, яка утворюється із появою лінійної залежності властивостей від вмісту дисперсної фази.

4. Відносно подовження під час розриву полімерних композитів змінюється із зростанням концентрації графітів аналогічно зміні показника міцності під час розтягу. Для таких показників, як міцності під час розтягу та стиску, відносно подовження під час розриву і питома ударна в'язкість, спостерігається загальна закономірність: під час переходу від малозольних до високозольних графітів показники полімерного композиту зростають.

5. Для модуля пружності під час стиску полімерних композитів спостерігається зворотна закономірність: під час переходу від високозольних до малозольних графітів показник зростає. Для малозольних графітів із зростанням розмірів частинок модуль пружності полімерних композитів знижується. Одночасно із зростанням дисперсності графітів зростає в цьому ряду і вміст золи. Полімерні ком-

Таблиця 3

Параметри ймовірнісного гамма-розподілу графітів та ароматичного поліаміду фенілон С-2 за розмірами

Матеріал	Параметри гамма-розподілу							
	а) периметр, L							
	λ , мкм ⁻¹	θ	A_s	E_x	$M_2(x)$, мкм	$D_2(x)$, мкм ²	$E_2(x)$, мкм	$\sigma_2(x)$, мкм
графіт ЭУЗ-М	0,0560	5,313	0,868	1,129	112,732	2013,07	94,875	41,16
графіт КЛЗ (ГЛ-1)	0,0051	2,500	1,265	2,400	686,28	134563,63	490,196	310,03
графіт ГЭ-4	0,0071	1,819	1,483	3,299	397,04	55921,44	256,197	189,96
графіт ЭУЗ-Э	0,0157	1,680	1,543	3,571	170,701	10872,65	107,006	82,56
фенілон С-2 (партія 313)	0,0910	2,200	1,348	2,727	351,648	38642,68	241,758	162,99
фенілон С-2 (партія 299)	0,0110	1,700	1,534	3,529	245,455	22314,05	154,545	118,53
б) ефективний діаметр, D								
графіт ЭУЗ-М	0,1560	4,650	0,927	1,290	36,218	232,17	29,808	13,82
графіт КЛЗ (ГЛ-1)	0,0130	2,050	1,397	2,927	234,615	18047,34	157,692	110,14
графіт ГЭ-4	0,0186	1,530	1,617	3,922	136,022	7312,98	82,258	66,50
графіт ЭУЗ-Э	0,0490	1,531	1,616	3,919	51,633	1054,14	31,245	25,25
фенілон С-2 (партія 313)	0,0315	2,460	1,275	2,439	109,841	3487,02	78,095	49,79
фенілон С-2 (партія 299)	0,0380	1,850	1,470	3,243	75,000	1973,68	48,684	35,79
в) ширина, d								
графіт ЭУЗ-М	0,3380	4,750	0,918	1,263	17,012	50,33	14,053	6,45
графіт КЛЗ (ГЛ-1)	0,0284	2,180	1,355	2,752	111,972	3942,67	76,761	51,99
графіт ГЭ-4	0,0880	2,610	1,238	2,299	41,022	466,17	29,659	18,36
графіт ЭУЗ-Э	0,0810	1,311	1,747	4,577	28,531	352,23	16,185	14,14
фенілон С-2 (партія 313)	0,0942	2,830	1,189	2,120	40,658	431,62	30,042	17,86
фенілон С-2 (партія 299)	0,0810	1,800	1,490	3,330	34,568	426,76	22,222	16,56

позити, що містять графіти з однаковою зольністю, але різною дисперсністю, мають модулі пружності, які різко відрізняються. Така ж закономірність спостерігається і для питомої ударної в'язкості та міцності під час розриву зразків полімерних композитів під час порівняння графітів з близькою зольністю. Таким чином, для малозольних графітів дисперсність є основним чинником, що визначає властивості полімерного композиту. Для полімерних композитів з високозольними графітами на модуль пружності впливають обидва чинники (дисперсність і зольність), тому яскраво вираженої закономірності не спостерігається. Але під час порівняння графітів з близькою зольністю, із зростанням розміру частинок модулі пружностей зразків зростають. Для твердості зразків полімерних композитів спостерігається загальна закономірність: із зменшенням діаметру частинок графіту твердість композиту зростає. Змішування полімерних композитів з малозольними графітами у змішувачі з сильним диспергуючим ефектом (МРП-1, дисембратор, дезінтегратор) приводить до різкого зменшення міцності під час розтягу і стиску та відносного подовження під час

розриву із зростанням концентрації графіту до 10 % (за об'ємом). У цьому випадку зберігається загальна закономірність, яка властива малозольним графітам: із зростанням розміру частинок графіту міцність під час розтягу і стиску, а також відносне подовження під час розриву зразків композиту, зростають.

2.3. Залежність трибологічних властивостей полімерних композитів на основі ароматичного поліаміду від параметрів розподілу за розмірами частинок графітів.

1. Вплив зольності і дисперсності дисперсної фази на зносостійкість зразків полімерного композиту. Дослідження впливу зольності і дисперсності графітової дисперсної фази на фрикційну міцність АПА показали (рис. 1), що обидва чинники впливають приблизно однаково. Встановлені закономірності для міцності під час розтягу і стиску, питомої ударної в'язкості, відносного подовження під час розриву спостерігаються і для трибологічних властивостей, що виявлені в режимі граничних навантажень: із зменшенням зольності і дисперсності для малозольних графітів та із зростанням зольності і дисперсності високозольних графітів відносна зносо-

стійкість $(\frac{1}{I_K} / \frac{1}{I_{II}} = \frac{I_{II}}{I_K})$, де I_K, I_{II} – інтенсивність

зношування полімерного композиту та полімеру-матриці відповідно) зразків колоїдної системи на їх основі зростає. Мінімум фрикційної міцності спостерігається за 1,5-5% вмісту золи. За вибраним методом дослідження зносостійкість зразків полімерного композиту має міцний зв'язок з комплексом об'ємних механічних властивостей. Величини обох показників визначаються адгезійними взаємодіями на межі розділу частинок полімеру-матриці (дисперсійного середовища) і дисперсної фази, тобто поверхневими властивостями і дисперсністю дисперсної фази.

Таким чином, для створення оптимального полімерного композиту на основі АПА можливе введення двох типів графітових дисперсних фаз: високозольних низькодисперсних і малозольних високодисперсних (1:1). Кількість кожного типу графіту може бути не більше 1.

2. Перевірка цієї гіпотези (рис. 2) показала, що

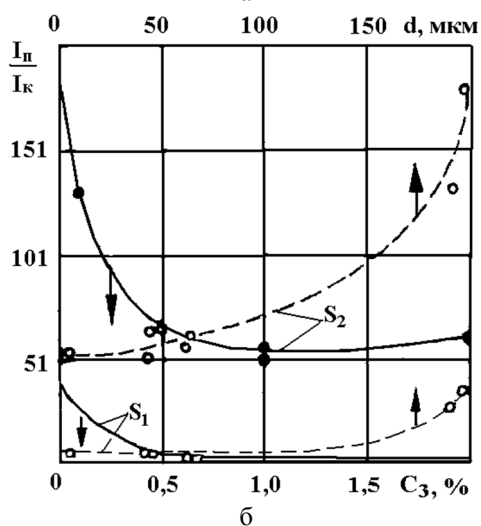
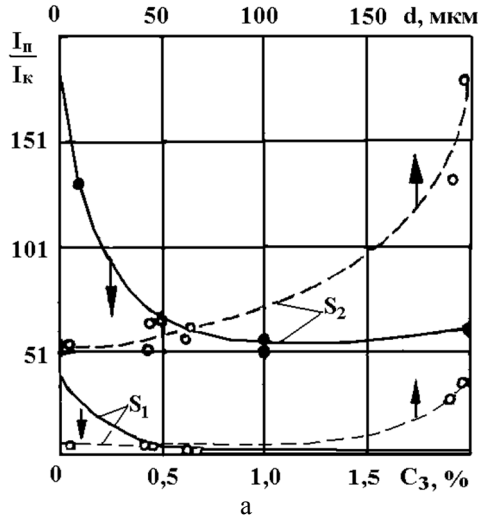


Рис. 1. Залежність відносної зносостійкості полімерного композиту на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2 і 14 % графітової дисперсної фази від вмісту золи і дисперсності малозольних (а) і високозольних (б) графітів під час трибологічних випробувань зразків системи по сталі 45 ($\{A\}$: $S_1 = 0...4$ км; $S_2 = 4...16$ км).

для сумішей графітів спостерігається синергетичний ефект зростання зносостійкості зразків полімерних композитів: зносостійкість під час введення сумішей графітів відрізняється від обчисленої за правилом адитивності у 2-5 (перша ділянка зношування) і у 2-14 (друга ділянка зношування) разів.

3. Дослідження залежності зносостійкості зразків полімерних композитів на основі АПА від об'ємного вмісту малозольних графітів показали, що для другої ділянки зношування (рис. 3 б) існує сильна залежність величини оптимального вмісту від природи, дисперсності графіту і технології змішування полімерного композиту: для графіту ГСМ-1 оптимальний вміст дорівнює 9 % (за об'ємом), для ЭУЗ-М – 13 об.%, для С-1 – 17 об.%

Для першої ділянки зношування (рис. 3 а) тип графіту і дисперсність у меншій мірі впливають на оптимальний вміст: для графіту ГСМ-1 оптимальний вміст дорівнює 12,5 об.%, для ЭУЗ-М – 14,5 об.%, для С-1 – 16,5 об.%

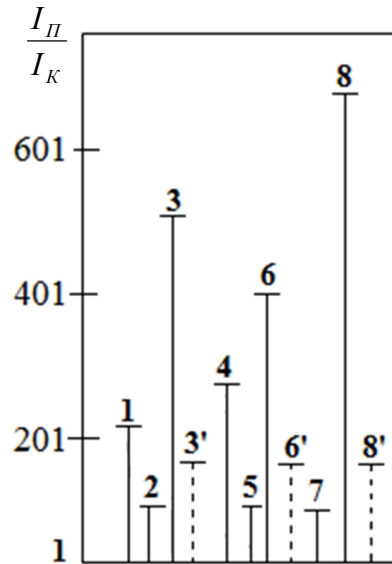


Рис. 2. Синергетичний ефект зростання зносостійкості АПА за 12 % наповнення сумішшю графітів: 1 – ГТ-2 [$C_3 = 8,5\%$; $d = 200$ мкм (70%); $\Delta d = 100...600$ мкм]; 2 – С-1 [$C_3 = 1,5\%$; $d = 4$ мкм; $\Delta d = 1...70$ мкм]; 3 – суміш ГТ-2 і С-1 у співвідношенні 7:5; 4 – ГЭ-4 [$C_3 = 14\%$; $d = 63$ мкм (45%); $\Delta d = 10...200$ мкм]; 5 – ЭУЗ-М [$C_3 = 0,5\%$; $d = 45$ мкм (80%); $\Delta d = 10...80$ мкм]; 6 – суміш ГЭ-4 і ЭУЗ-М у співвідношенні 7:5; 7 – ГК-1 [$C_3 = 1\%$; $d = 16$ мкм (80%); $\Delta d = 3...40$ мкм]; 8 – суміш ГЭ-4, ГТ-2, ГК-1 у співвідношенні 6:3, 5:2,5 (суцільні лінії). Решта – крисковані лінії (3', 6', 8') – значення зносостійкості, що обчислені за правилом адитивності; умови випробувань див. рис. 1, $S_2 = 4...16$ км).

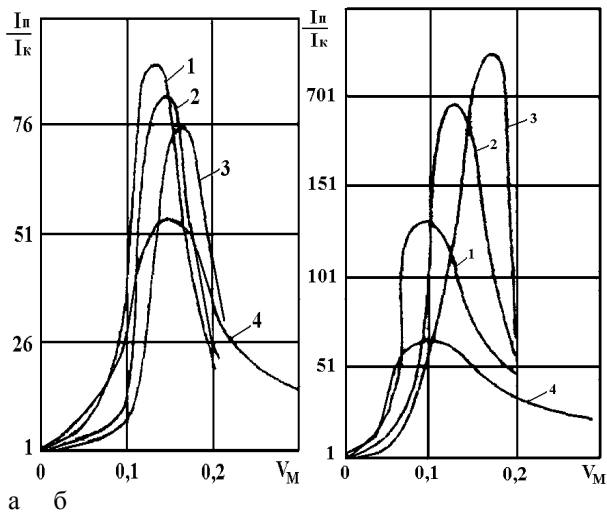


Рис. 3. Залежність відносної зносостійкості зразків полімерного композиту на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2 від об'ємної частки малозольних графітів: 1 – ГСМ-1; 2 – ЭУЗ-М; 3 – С-1; 4 – ЭУЗ-М після додаткової обробки композиції в дробарці із сильним диспергуючим ефектом; а – $S_1 = 0...4$ км; б – $S_2 = 4...16$ км.

Таким чином, зростання вмісту золи за одночасного зростання вихідної дисперсності зміщує оптимальний вміст у ділянку малих значень вмісту дисперсної фази. Тоді як для одного і того ж графіту зростання дисперсності у процесі змішування з порошком полімеру зміщує і одночасно звужує ділянку оптимального вмісту в бік більшого вмісту дисперсної фази.

2.4. Кореляційний та регресійний аналізи.

1. На основі отриманих результатів з метою прогнозування ділянки застосування і експлуатаційних властивостей полімерних композитів за [24-26, 28, 48, 51] шукали лінійний кореляційний зв'язок між відносною зносостійкістю ($y = I_{\pi}/I_{\kappa}$) на першому (S_1) і на другому (S_2) етапах тертя та параметрами θ і λ гамма-розподілу периметру (як найбільш інформативного параметру) частинок графітів у полімерних композитах.

2. У табл. 4 зведені результати розрахунків: вибіркових коефіцієнтів кореляцій r_{pi} , критичного значення коефіцієнта кореляції $r_{кр.}$. $\{\alpha = 0,05; f = N-2 = 2\} = 0,950$, ступенів лінійності $\xi_2(r)$ та нелінійності $\xi_1(r)$; z_{pi} – перетворення Фішера, добутку ($z_{табл.} \cdot \sigma_z$) = $[z_{табл.} \{p = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975\} = 1,96] \cdot 1,0 = 1,96$, ступенів

лінійності $\xi_2(z)$ та нелінійності $\xi_1(z)$ для зв'язків $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \theta_j, \lambda_j, E_2(x)_j; \sigma_2(x)_j$, де $j = 1, 2$ етапів випробувань для периметрів, ефективних діаметрів та ширини частинок графітів.

3. Як видно з табл. 4, $r_{кр.} > |r_{розр.}|$, то нульова гіпотеза H_0 (рівності нулю генерального коефіцієнта кореляції) не відкидається з $p = 0,95$ та $\alpha = 0,05$, тобто немає підстав вважати, що між I_{π}/I_{κ} і $\theta_i, \lambda_i, E_2(x)_i; \sigma_2(x)_i$ (де $i=1-8$) для периметрів частинок графітів є лінійний зв'язок, при цьому ступінь нелінійності складає:

• $\xi_1(r) = 1,3618-1,9631$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 2,2722-3,7107$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,5094-0,7343$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,2695-0,4401$ на першому етапі випробувань;

• $\xi_1(r) = 1,0041-1,3116$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 1,0931-2,1381$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,7624-0,9959$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,4677-0,9148$ на другому етапі випробувань.

Шукали нелінійний зв'язок між I_{π}/I_{κ} і $\theta_i, \lambda_i, E_2(x)_i; \sigma_2(x)_i$ для $i = 1-8$ у формі:

$$y = b_0 \ln(x) + b_1; \tag{1}$$

$$y = b_0 \cdot x^{b_1}; \tag{2}$$

$$y = b_0 \cdot \hat{a}^{b_1 \cdot x}; \tag{3}$$

$$y = b_0 + b_1 x + b_{11} x^2; \tag{4}$$

$$y = b_0 + b_1 x + b_{11} x^2 + b_{111} x^3, \tag{5}$$

де $y = I_{\pi}/I_{\kappa}$ – відношення інтенсивності об'ємного зносу полімеру I_{π} до цього ж показника полімерного композиту (відносна зносостійкість полімерного композиту);

$x = \theta_i, \lambda_i$, – параметри гамма-розподілу;

$x = E_2(x)_i; \sigma_2(x)_i$ – математичне сподівання і середнє квадратичне відхилення відповідно.

4. Для першого етапу тертя $S_1 = 0...4$ км для виду зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \theta_i R^2$ змінюється в межах 0,16-1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \lambda_i R^2$ змінюється в межах 0,50 – 1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim E_2(x)_i R^2$ змінюється в межах 0,57-1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \sigma_2(x)_i R^2$ змінюється в межах 0,60-1,0. Для другого етапу тертя $S_2 = 4...16$ км для виду зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \theta_i R^2$ змінюється в межах 0,55-1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \lambda_i R^2$ змінюється в межах 0,88-1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim E_2(x)_i R^2$ змінюється в межах 0,44-1,0; для зв'язку $I_{\pi}/I_{\kappa} \sim \sigma_2(x)_i R^2$ змінюється в межах 0,60-1,0. Самий тісний зв'язок існує між вказаними видами рівнянь, коли $R^2 \approx 1$. Рівняння (4) і (5) найбільше відповідають такій вимозі (табл. 5).

5. На рис. 4 показано залежність відносної зносостійкості I_{π}/I_{κ} від параметрів розподілу периметру частинок графіту $\theta_i, \lambda_i, E_2(x)_i; \sigma_2(x)_i$ для першого S_1 і другого S_2 етапів тертя. Як видно з рис. 4 а, відносна зносостійкість зразків полімерного композиту на першому етапі тертя (крива 1) незначно змінюється зі зміною θ , на другому етапі тертя (крива 2) відносна зносостійкість полімерного композиту зростає, проходячи через максимум ($\theta = 3-4$) і тоді різко зменшується.

Як видно з рис. 4 б, із зростанням λ відносна зносостійкість зразків полімерного композиту зменшується на обох етапах тертя (криві 1, 2). Аналіз рис. 4 в і 4 г приводить до висновків, що відносна зносостійкість зразків полімерного композиту на першому етапі тертя (крива 1) із зростанням $E_2(x)_i; \sigma_2(x)_i$ майже не змінюється, а на другому етапі (крива 2) відносна зносостійкість полімерного композиту зростає.

6. Шукали також лінійний кореляційний зв'язок між відносною зносостійкістю (I_{π}/I_{κ}) на першому (S_1) і на другому (S_2) етапах тертя та ефективним діаметром (D) частинок графітів у полімерному композиті.

Таблиця 4

Результати кореляційного аналізу відносної зносостійкості зразків полімерного композиту на основі АПА фенілон С-2 та параметрів гамма-розподілу за розмірами частинок дисперсної фази (графітів)

I. Периметр частинок графіту								
Кореляційний зв'язок	r_{p_i}	$r_{кр.}$	$\xi_2(r)$	$\xi_1(r)$	$ z_{p_i} $	$(z_{табл.} \cdot \sigma_z)$	$\xi_2(z)$	$\xi_1(z)$
а) перший етап випробувань ($S_1 = 0...4$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,48396	0,950	0,5094	1,9631	-0,5282	1,96	0,2695	3,7107
$I_{П/К} \sim \lambda$	-0,66192	0,950	0,6968	1,4351	-0,7962	1,96	0,4062	2,4617
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,61259	0,950	0,6448	1,5509	0,7131	1,96	0,3638	2,7486
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,69757	0,950	0,7343	1,3618	0,8626	1,96	0,4401	2,2722
б) другий етап випробувань ($S_1 = 4...16$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,72432	0,950	0,7624	1,3116	-0,9167	1,96	0,4677	2,1381
$I_{П/К} \sim \lambda$	-0,92899	0,950	0,9779	1,0226	-1,6510	1,96	0,8423	1,1872
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,88111	0,950	0,9275	1,0782	1,3807	1,96	0,7044	1,4196
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,94608	0,950	0,9959	1,0041	1,7930	1,96	0,9148	1,0931
II. Ефективний діаметр частинок графіту								
Кореляційний зв'язок	r_{p_i}	$r_{кр.}$	$\xi_2(r)$	$\xi_1(r)$	$ z_{p_i} $	$(z_{табл.} \cdot \sigma_z)$	$\xi_2(z)$	$\xi_1(z)$
а) перший етап випробувань ($S_1 = 0...4$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,5204	0,950	0,5478	1,8255	-0,5769	1,96	0,2943	3,3975
$I_{П/К} \sim \lambda$	-0,6911	0,950	0,7275	1,3746	-0,8501	1,96	0,4337	2,3056
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,6194	0,950	0,6520	1,5337	0,7240	1,96	0,3694	2,7072
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,7021	0,950	0,7391	1,3530	0,8714	1,96	0,4446	2,2493
б) другий етап випробувань ($S_1 = 4...16$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,7620	0,950	0,8021	1,2467	-1,1045	1,96	0,5635	1,7746
$I_{П/К} \sim \lambda$	0,9430	0,950	0,9926	1,0075	-2,7979	1,96	1,4276	0,7005
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,8767	0,950	0,9228	1,0837	1,6076	1,96	0,8202	1,2192
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,9365	0,950	0,8033	1,2449	1,1078	1,96	0,5652	1,7692
III. Ширина частинок графіту								
Кореляційний зв'язок	r_{p_i}	$r_{кр.}$	$\xi_2(r)$	$\xi_1(r)$	$ z_{p_i} $	$(z_{табл.} \cdot \sigma_z)$	$\xi_2(z)$	$\xi_1(z)$
а) перший етап випробувань ($S_1 = 0...4$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,1916	0,950	0,2017	4,9579	-0,1940	1,96	0,0990	10,1031
$I_{П/К} \sim \lambda$	-0,5256	0,950	0,5533	1,8073	-0,5840	1,96	0,2980	3,3562
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,4680	0,950	0,4926	2,0300	0,5075	1,96	0,2589	3,8621
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,4233	0,950	0,4456	2,2442	0,4517	1,96	0,2305	4,3392
б) другий етап випробувань ($S_1 = 4...16$ км)								
$I_{П/К} \sim \theta$	-0,6377	0,950	0,6713	1,4896	-0,7543	1,96	0,3849	2,5984
$I_{П/К} \sim \lambda$	-0,9039	0,950	0,951	1,0515	-1,4931	1,96	0,7618	1,3127
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	0,8214	0,950	0,8646	1,1566	1,1611	1,96	0,5924	1,6881
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	0,8436	0,950	0,8880	1,1261	1,2335	1,96	0,6293	1,5890

Таблиця 5

Результати кореляційного аналізу для поліноміальної моделі третьої степені

Вид зв'язку	Рівняння	R^2
$S_1 = 0-4$ км		
$I_{П/К} \sim \theta$	$I_{П/К} = 62,459\theta^3 - 598,78\theta^2 - 1690,4\theta - 1443,5$	1
$I_{П/К} \sim \lambda$	$I_{П/К} = 2 \cdot 10^7\theta^3 - 10^7\theta^2 - 17414\theta - 44,686$	1
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	$I_{П/К} = -4 \cdot 10^{-6}\theta^3 + 0,0027\theta^2 - 0,4317\theta - 22,275$	1
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	$I_{П/К} = -1 \cdot 10^{-5}\theta^3 + 0,0047\theta^2 - 0,4619\theta - 1443,5$	1
$S_2 = 4-16$ км		
$I_{П/К} \sim \theta$	$I_{П/К} = 196,52\theta^3 - 1890,7\theta^2 - 5349,6\theta - 4456,9$	1
$I_{П/К} \sim \lambda$	$I_{П/К} = 5 \cdot 10^7\theta^3 - 4 \cdot 10^6\theta^2 - 52983\theta - 13,194$	1
$I_{П/К} \sim E_2(x)$	$I_{П/К} = 6 \cdot 10^{-5}\theta^3 - 0,0542\theta^2 + 13,763\theta - 801,15$	1
$I_{П/К} \sim \sigma_2(x)$	$I_{П/К} = -1 \cdot 10^{-6}\theta^3 - 0,005\theta^2 + 1,9805\theta - 4,1166$	1

У даному випадку також $r_{кр.} > |r_{розр.}|$, то нульова гіпотеза H_0 (рівності нулю генерального коефіцієнта кореляції) не відкидається з $p = 0,95$, тобто немає

підстав вважати, що між $I_{П/К}$ і θ , λ , $E_2(x)$; $\sigma_2(x)$ (де $i=1-8$) є лінійний зв'язок, при цьому ступінь нелінійності складає:

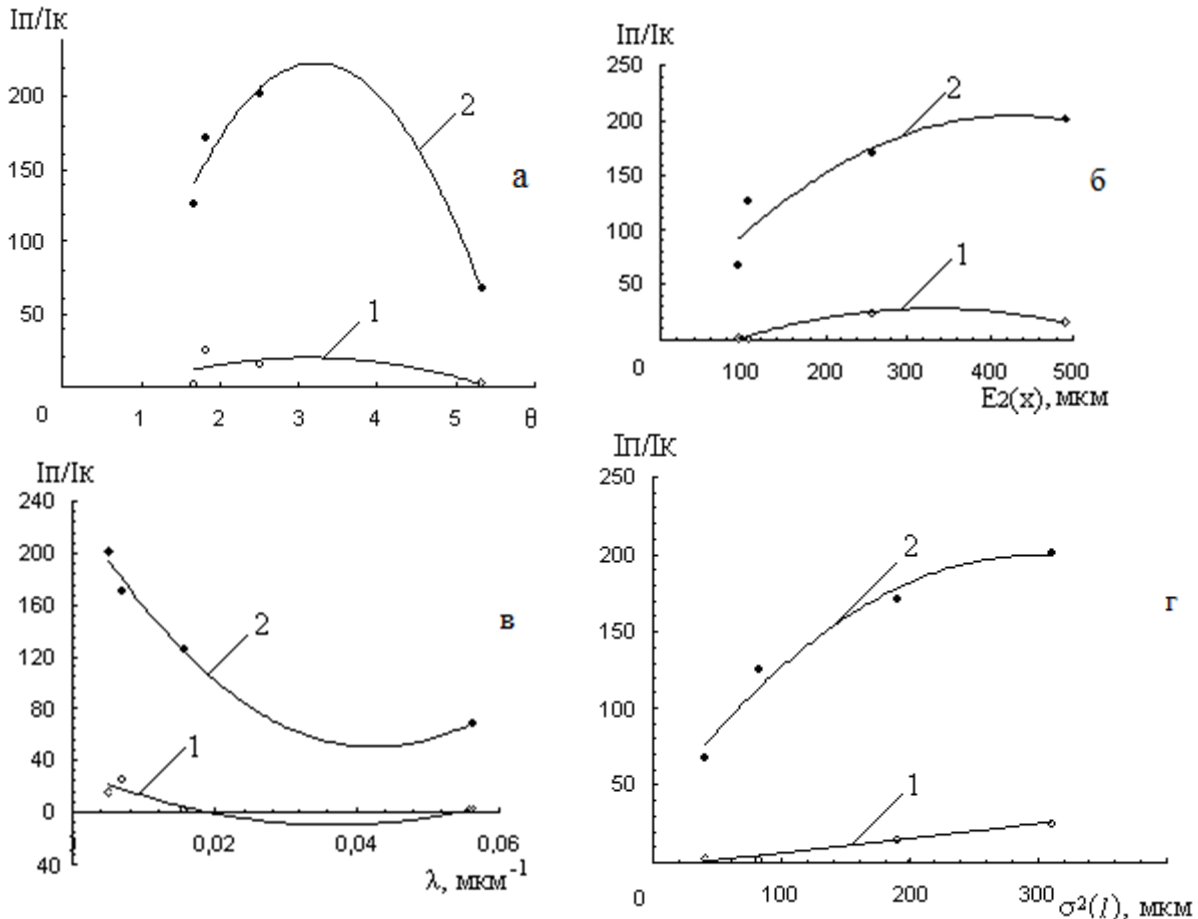


Рис. 4. Залежність відносної зносостійкості ($I_{п}/I_{к}$) зразків полімерного композиту на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2 від параметрів розподілу частинок графітів θ_i , λ_i , $E_2(x)_i$; $\sigma_2(x)_i$ для першого $S_1 = 0 \dots 4$ км (крива 1) і другого $S_2 = 4 \dots 16$ км (крива 2) етапу тертя.

- $\xi_1(r) = 1,3530 - 1,8255$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 2,2493 - 3,3975$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,5478 - 0,7391$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,2943 - 0,4446$ на першому етапі випробувань;

- $\xi_1(r) = 1,0075 - 1,2467$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 0,7005 - 1,7746$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,8021 - 0,9926$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,5635 - 1,4276$ на другому етапі випробувань.

Шукали лінійний кореляційний зв'язок між відотною зносостійкістю ($I_{п}/I_{к}$) на першому (S_1) і на другому (S_2) етапах тертя і шириною (d) частинок графітів у полімерному композиті. Так як $|z_{пор.}| < (z_{табл.} \cdot \sigma_z)$, то приймаємо гіпотезу про те, що немає лінійного зв'язку між інтенсивністю зношування і шириною частинок графітів, що повністю відповідає першому методу дослідження лінійного зв'язку, при цьому ступінь нелінійності складає:

- $\xi_1(r) = 1,8073 - 4,9579$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 3,3562 - 10,1031$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,2017 - 0,5533$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,0990 - 0,2980$ на першому етапі випробувань;

- $\xi_1(r) = 1,0515 - 1,4896$ та $\xi_1(\dot{Z}) = 1,3127 - 2,5984$ із залишками ступеня лінійності в нелінійному зв'язку $\xi_2(r) = 0,6713 - 0,9510$ та $\xi_2(\dot{Z}) = 0,3849 - 0,7618$ на другому етапі випробувань.

Висновки

1. Частинки графітів за периметром мають близькі значення з частинками ароматичного поліаміду, розподіл частинок якого залежить від технологічної партії синтезу фенілону С-2.

2. Частинки графітів і ароматичного поліаміду за ефективним діаметром приблизно мають однакові середні значення, що визначає композиційність цих матеріалів.

3. Ароматичний поліамід будь-якої партії та всі графіти мають малі розміри за шириною.

4. Встановлено за результатами кореляційного аналізу, що між інтенсивністю зношування і параметрами гамма-розподілу за розмірами частинок графітів немає лінійного зв'язку.

Сіренко Г.О. – заслужений діяч науки і техніки України, академік АТНУ, професор, доктор технічних наук, професор кафедри неорганічної та фізичної хімії;

Сулима І.В. – магістр, аспірант кафедри неорганічної та фізичної хімії;

Солтис Л.М. – член-кореспондент АТНУ, кандидат хімічних наук, викладач кафедри неорганічної та фізичної хімії;

Свідерський В.П. – кандидат технічних наук, доцент кафедри зносостійкості та надійності маши.

- [1] М.А. Авдеенко, В.Д. Белогорский, Г.Н. Багров и др., Конструкционные материалы и изделия на основе углерода (Металлургия, Москва, 1970).
- [2] Г.А. Сиренко, В.П. Свидерский, В.Д. Герасимов, В.З. Никонов, Антифрикционные термостойкие полимеры (Техніка, Київ, 1978).
- [3] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, О.В. Кузишин, В.П. Свидерський, Фізика і хімія твердого тіла 11 (1), 224 (2010).
- [4] Л.В. Базюк, Наукові дослідження – теорія та експеримент ‘2008: Матеріали четвертої міжнародної науково-практичної конференції, 9 том (ІнтерГрафіка, Полтава, 2008), с.84.
- [5] Л.В. Базюк, В.П. Свидерський, Вісник Прикарп. нац. ун-ту. ім. В. Стефаника. Сер. Хімія, (V), 47 (2008).
- [6] Л.В. Базюк, Л.Я. Мідак, Тези допов. XI Української конференції з високомолекулярних сполук: (Інститут хімії високомолекулярних сполук, Дніпропетровськ, 2007), с. 74.
- [7] Л.В. Базюк, Л.Я. Мідак, Тези допов. VI Відкритої української конференції молодих вчених з високомолекулярних сполук «ВМС-2008» (Інститут ВМС НАН України, Київ, 2008), с. 74.
- [8] М.И. Бессонов, М.М. Котон, В.В. Кудрявцев, Л.А. Лайус, Полиимиды – новый класс термостойких полимеров (Наука, Ленинград, 1983).
- [9] М.Ю. Волощук, Л.В. Базюк, Тези допов. IX Всеукраїнської конференції «Сучасні проблеми хімії» (Київський національний ун-т імені Т. Г. Шевченка, Київ, 2008), с. 196.
- [10] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, В.П. Свидерський, С.М. Тараненко, Полімерний журнал, 28 (3), 214 (2006).
- [11] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, О.В. Кузишин, В.П. Свидерський, Матеріали V Міжнародної науково-технічної WEB-конференції «Композиційні матеріали» (НГУУ «КП», Київ, 2010), с. 91.
- [12] А.В. Горяинова, Г.К. Божков, М.С. Тихонова, Фторопласты в машиностроении (Машиностроение, Москва, 1971).
- [13] Р.В. Гриневич, В.В. Цасюк, А.С. Смирнов, Специализированные машины трения: Применение синтетических материалов (Карта Молдовеняскэ, Кишинев, 1975).
- [14] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, О.В. Кузишин, В.П. Свидерський, Наукові дослідження – теорія та експеримент’2010: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції, 5 том (ІнтерГрафіка, Полтава, 2010), с. 84.
- [15] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, В.П. Свидерський, С.М. Тараненко, Фізика і хімія твердого тіла, 6(3), 486 (2005).
- [16] Г.О. Сиренко, Л.В. Базюк, В.П. Свидерський, Л.Я. Мідак, Фізика і хімія твердого тіла, 7 (2), 357 (2006).
- [17] Л.В. Караванович, В.П. Свидерський, Тези доповід. X Української конференції з високомолекулярних сполук (Інститут хімії ВМС, Київ, 2004), с. 207.
- [18] Л.В. Караванович, Тези допов. V Регіональної конференції молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії (Дніпропетровський національний ун-т, Дніпропетровськ, 2003), с. 77.
- [19] Л.В. Караванович, Тези допов. V Української конференції молодих вчених з високомолекулярних сполук (НАНУ, Київ, 2003), с. 127.
- [20] Л.В. Караванович, Тези допов. IV Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» (Київський національний ун-т імені Т. Г. Шевченка, Київ, 2003), с. 26.
- [21] Л.В. Караванович, Тези допов. Звітної наукової конференції викладачів, аспірантів кафедр та студентів Прикарпатського ун-ту імені Василя Стефаника за 2002р. (Прикарпатський ун-т імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, 2003), с. 37.
- [22] Л.В. Караванович, Вісник Прикарп. ун-ту. Сер. Хімія, (4), 67 (2004).
- [23] Л.В. Караванович, С.М. Тараненко, Тези допов. I Міжнародної науково-технічної конференції студентів і аспірантів «Хімія і сучасні технології» (Український державний хіміко-технологічний ун-т, Дніпропетровськ, 2003), с. 110.
- [24] Г.О. Сиренко, Л.Я. Мідак, О.Г. Сиренко, О.В. Кузишин, Л.В. Базюк, Наукові дослідження – теорія та експеримент’2010: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції, 5 том (ІнтерГрафіка, Полтава, 2010), с. 21.
- [25] П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм, Таблицы по математической статистике (Финансы и статистика, Москва, 1982).
- [26] В.В. Налимов, Н.А. Чернова, Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов (Наука, Москва, 1965).
- [27] Ю.А. Паншин, С.Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская, Фторопласты (Химия, Ленинград, 1978).
- [28] К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шеффер и др., Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов (Мир, Москва, 1977).
- [29] В.П. Свидерський, Л.В. Караванович, Вісник Прикарп. ун-ту. Сер. Хімія, (2), 70 (2002).
- [30] В.П. Соседа, Свойства конструктивных материалов на основе углерода: Справочник (Металлургия, Москва, 1975).
- [31] Г.А. Сиренко, Антифрикционные карбопластики (Техніка, Київ, 1985).
- [32] Г.О. Сиренко, О.С. Дробот, В.П. Свидерський, Композиційні полімерні матеріали, 22(1), 43 (2000).

- [33] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, Фізика і хімія твердого тіла, 8(2), 397 (2007).
- [34] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, Математичні методи в хімії і біології, 1(1), 165 (2013).
- [35] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, О.В. Шийчук, Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Хімія, 6(3), 36 (2008).
- [36] Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський, Л.В. Караванович, Тези допов. Міжнародної науково-технічної конференції «Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ-2003)» (Технологічний ун-т Поділля, Хмельницький, 2003), с. 27.
- [37] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, Л.Я. Мідак, Вопросы химии и химической технологии (3), 107 (2006).
- [38] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, Наукові дослідження – теорія та експеримент '2008: Матеріали четвертої міжнародної науково-практичної конференції, том 7 (ІнтерГрафіка, Полтава, 2008), с. 99.
- [39] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, О.В. Шийчук, Фізика і хімія твердого тіла, 8(3), 601 (2007).
- [40] Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський, Л.В. Караванович, Фізика і хімія твердого тіла, 5(3), 557 (2004).
- [41] Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, Фізика і хімія твердого тіла, 9 (4), 541 (2008).
- [42] Г.О. Сіренко, О.В. Шийчук, Композиційні полімерні матеріали, 25(1), 49 (2001).
- [43] Г. О. Сіренко, Л. М. Солтис, Вісник Прикарп. нац. ун-ту ім. В. Стефаника. Серія Хімія, (XX), 52 (2016).
- [44] Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський, Л.В. Базюк, Полімерний журнал, 27(4), 272 (2005).
- [45] С.В. Шуцко, А.В. Голубева, К.Н. Власова и др., Справочник по пластическим массам (Химия, Москва, 1967).
- [46] В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина, Справочник по пластическим массам. В 2-х т. (Химия, Москва, 1975).
- [47] М.И. Гарбара, М.С. Акутина, Н.М. Егорова, В.М. Катаева, Справочник по пластическим массам. У 2-х томах (Химия, Москва, Т.1, 1967; Т.2, 1969).
- [48] М.Н. Степнов, Статистическая обработка результатов механических испытаний (Машиностроение, Москва, 1972).
- [49] Г.А. Сиренко, В.П. Свидерский, В.Ф. Вельбой, Л.М. Кириченко, Композиционные полимерные материалы, 14, 43 (1992).
- [50] Л.Б. Соколов, В.Д. Герасимов, В.М. Савинов, В.К. Беляков, Термостойкие ароматические полиамиды (Химия, Москва, 1975).
- [51] В.Б. Тихомиронов, Планирование и анализ эксперимента (Легкая индустрия, Москва, 1974).
- [52] Д. Чегодаев, З.К. Наумова, Ц.С. Дунаевская, Фторопласты (Госхимиздат, Ленинград, 1960).
- [53] Н.И. Чепель, А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев, Вести АН БССР. Сер. физ.-энерг. н., (3) 109 (1991).
- [54] Л.Н. Черкасова, Журнал физической химии, 33(9), 63 (1959).
- [55] С.В. Шулепов, Физика углеграфитовых материалов (Металлургия, Москва, 1972).
- [56] H. Sirenko, L. Baziuk, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (8(65)), 52 (2013).
- [57] Yong-Ji Song, Shuang-He Meng, Fu-Dong Wang, Cai-Xia Sun, Zhi-Cheng Tan, Thermochim. acta, 389(1-2), 19 (2002).
- [58] Н.О. Sirenko, L.V. Baziuk, V.P. Sviderskiy, В.О. Talankin, Сб. научн. тр. Междунар. научн. - практ. конф. «Актуальные проблемы инженерных наук в области промышленности, экологии и охраны водных ресурсов» (ПГУАС, Пенза, 2012), с. 47.

Н.О. Sirenko¹, I.V. Sulyma¹, L.M. Soltys¹, V.P. Svidersky²

The Effect of Nature and Parameters of Particle Size Distribution of Graphite on Physical and Mechanical Properties of Polymer Composites based on Aromatic Polyamide

¹Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

²Khmelnitsky National University, 11, Instytutska Str., Khmelnytsky, 29016, Ukraine

The results of studies of the effect of nature and parameters of particle size distribution of graphite on physical and mechanical properties of polymer composites based on aromatic polyamide fenilon C-2. The particle size of the filler and polymer for the theoretical gamma-distribution parameters (perimeter, thickness and diameter) have different values. Found the influence of fillers (natural graphite different bands), which differed ash content (5-15% and 0,05-2,5%), moisture and grinding fineness (dispersion) on the wear resistance of the samples of the polymer composite. There is non-linear connection between the intensity and parameters graphite particles distribution.

Key words: polymer composite, filler, ash, fineness, discrete distribution, possible distribution, wear-resistance, wear rate.