

## **РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЙ ПОЛІЕТИЛЕН/ПОЛІАНІЛІН ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ЕКСТРУЗІЇ**

**Д. С. НОВАК, В. В. КОЗЛОВ, М. В. МУСІЄНКО**

*Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська, 2,  
Київ, 01011, [novak.knutd@gmail.com](mailto:novak.knutd@gmail.com)*

Досліджено механічні, реологічні та електрофізичні особливості поліетиленових композицій, наповнених поліаніліном. Збільшення об'ємного вмісту поліаніліну в поліетиленовій матриці призводить до монотонного зниження міцності на розрив, відносного подовження при розриві та показника текучості розплаву та питомого об'ємного опору.

### **Вступ**

Струмопровідні полімери привернули велику увагу завдяки численним потенційним застосуванням [1]. Прямим застосуванням цих матеріалів є виготовлення струмопровідних пластмас з хорошою електропровідністю та механічними властивостями. Це непросте завдання, оскільки механічні властивості струмопровідних полімерів погані.

Вирішенням цієї проблеми є приготування струмопровідних полімерних сумішей з низьким порогом перколяції з використанням промислових полімерів. Змішування струмопровідних полімерів є складним процесом, оскільки в переважній більшості вони нерозчинні та неплавкі, але є успішні спроби [2-4].

Загалом обробка розчинів полімерів незручна і малотехнологічна задача, тому значні зусилля були спрямовані на термічну обробку струмопровідних полімерних сумішей [5, 6].

Щоб зробити поліанілін струмопровідним, сульфонові кислоти повинні використовуватися як протонуючі агенти. Існує, однак, інше сімейство протонуючих агентів, що індукують технологічність, діефіри фосфорної кислоти. Для обробки поліаніліну можна використовувати як аліфатичні, так і ароматичні діефіри [7-9].

У цьому дослідженні ми проводили термічну обробку сумішей на основі поліаніліну, але відомо, що фосфорна кислота термічно розкладається приблизно при 130-150 °С [10]. Щоб уникнути цього

розкладання, ми вибрали поліетилен низької щільності (LDPE) як матричну, оскільки температура його обробки не перевищує 150 °С.

Мета роботи – отримати струмопровідні поліетиленові (ПЕ) композиції з поліаніліном (ПАНІ) та вивчити вплив вмісту наповнювача на механічні, реологічні та електричні властивості.

### Матеріали та методи

Об'єктами дослідження є композитні плівки на основі ПЕ 16803-070 з ПАНІ від 5 до 30% об. Вибрані композиції наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рецептурний склад ПЕ композицій

Компоненти	Вміст компонентів у композиції, % об.					
	1	2	3	4	5	6
РЕ	95	90	85	80	75	70
ПАНІ	5	10	15	20	25	30

Композиції змішували за допомогою лабораторного екструдера при температурі ~ 150 °С. Використання екструзійного обладнання забезпечило рівномірний розподіл компонентів композиції [11].

Дослідження міцності на розрив і відносного подовження проводили стандартними методами на розривній машині РТ-250. Вплив ПАНІ на реологічні властивості композицій вивчали методом капілярної віскозиметрії.

Для визначення питомого об'ємного електричного опору композицій використовували лабораторну установку (рис. 1). Рисунок складається з вимірювача RLC E7-22 (1), який має функцію передачі вимірюваного параметра в комп'ютер, електродного пристрою (2), який складається з рами та електродів, між якими розміщений дослідний зразок.

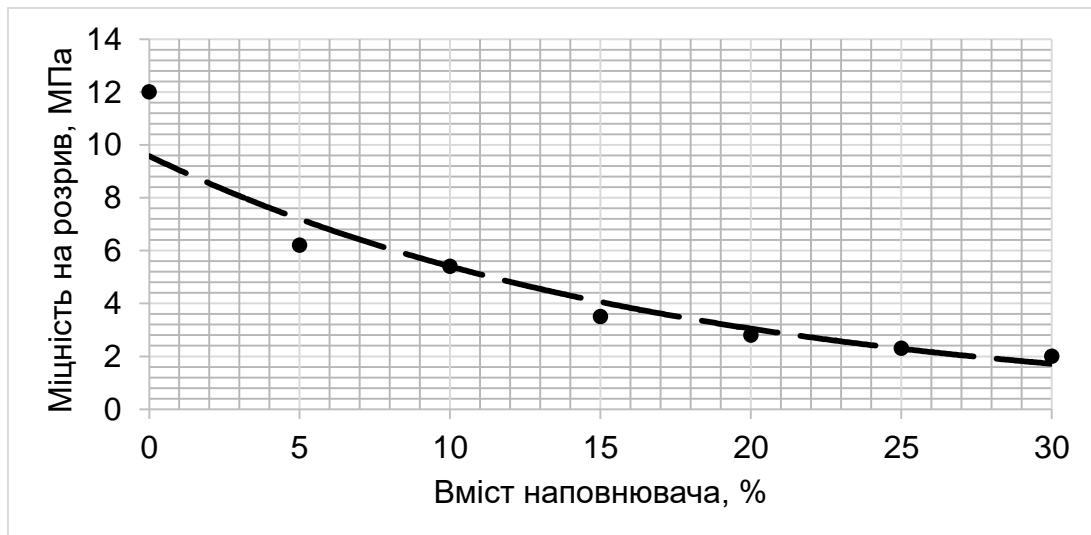


**Рисунок 1** – Схема визначення питомого об'ємного електричного опору для зразка композиції: 1 – RLC-метр E7-22; 2 – електродний пристрій

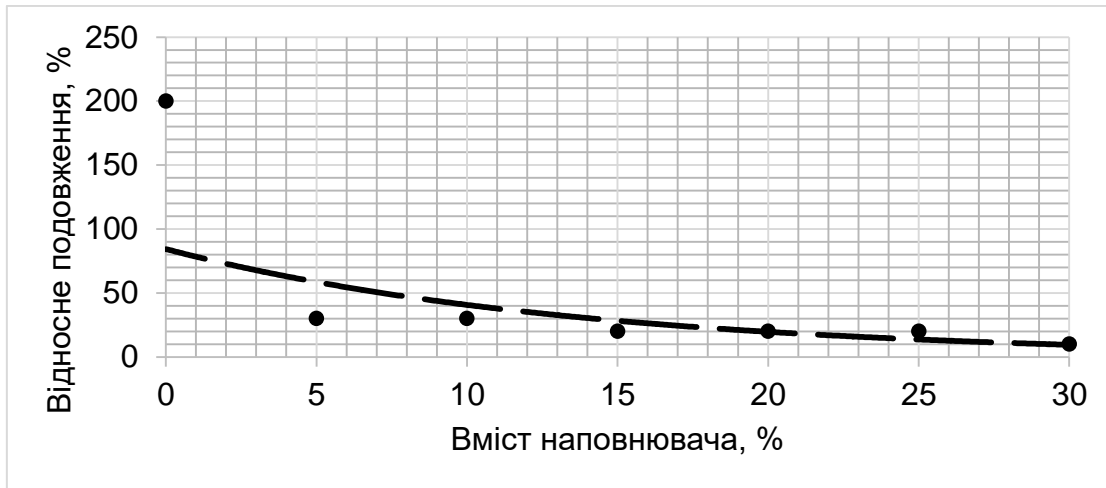
### Результати і обговорення

Вплив дисперсного наповнювача на міцність наповнених композицій залежить від характеру розподілу частинок, їх розмірів і взаємодії на межі розділу фаз. Полімерна матриця деформується з руйнуванням адгезійних зв'язків з наповнювачем, а міцність і відносне подовження при розриві полімерів, наповнених дисперсними частинками, при розтягуванні зменшуються [12].

Залежності міцності на розрив і відносного подовження при розриві для ПЕ композицій, наповнених ПАНІ, наведені на рисунках 2 і 3.



**Рисунок 2** – Залежність міцності на розрив для ПЕ композицій, наповнених ПАНІ

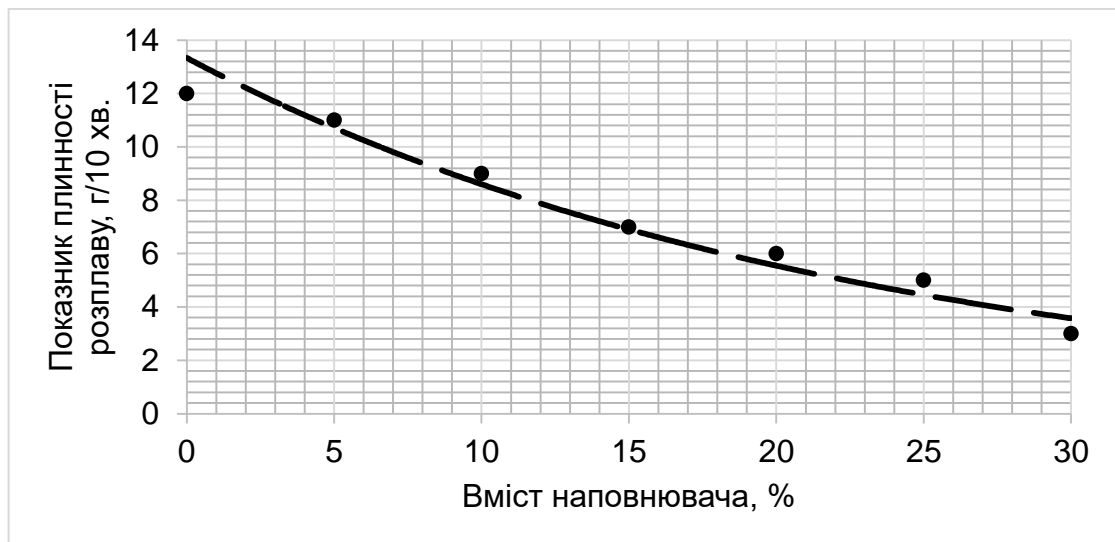


**Рисунок 3** – Залежність відносного подовження для композицій ПЕ з наповненням ПАНІ

З наведених залежностей міцності на розрив і відносного видовження від вмісту наповнювача видно, що механічні властивості наповнених ПЕ композицій монотонно знижуються зі збільшенням вмісту ПАНІ, що характерно для наповнених систем.

Встановлено, що вміст наповнювача в досліджуваних композиціях не повинен перевищувати 30% об. При більшому вмісті наповнювача механічні властивості полімерної композиції різко погіршуються - утворюється крихкий матеріал, непридатний для використання.

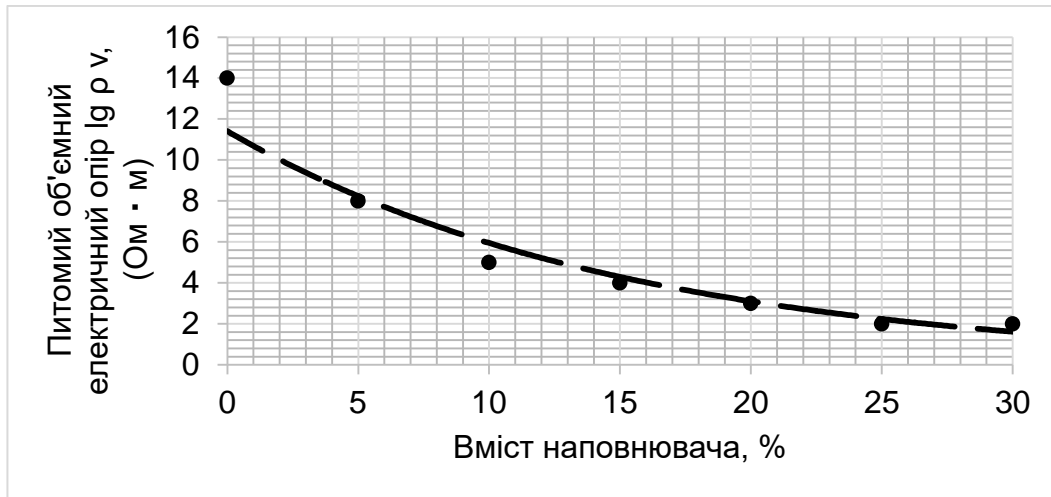
Реологічні характеристики наповнених полімерів залежать від природи наповнювача, його концентрації та характеру взаємодії з полімером. Дослідження цих залежностей дозволяє підібрати наповнювач, встановити його раціональну концентрацію, а також визначити енергетичне навантаження на технологічне обладнання та умови переробки, за яких можна отримати високоякісний матеріал. Вплив наповнювача на в'язкість композиції можна оцінити за залежністю індексу плинності розплаву (ІПР) від вмісту наповнювача (рис. 4).



**Рисунок 4** – Залежність індексу плинності розплаву для ПЕ композицій, наповнених ПАНІ

З рисунку видно, що ІПР при збільшенні вмісту ПАНІ до 30% об. для композицій ПЕ істотно знижується - від 13 до 3 г / 10 хв. Зниження ІПР свідчить про збільшення в'язкості системи. Зміна реологічних характеристик наповнених систем пояснюється гідродинамічними ефектами та механічними зусиллями матриці. Гідродинамічні ефекти пов'язані з умовами обтікання частинок наповнювача впливають на характер течії дисперсійного середовища. Зміна властивостей полімерних композицій відбувається в результаті адсорбційної взаємодії частинок наповнювача з полімером і обмеження молекулярної рухливості ланцюгів в адсорбційному шарі.

Досліджено електричні властивості ПЕ композицій, наповнених ПАНІ, а саме визначено залежність питомого об'ємного опору цих композицій від вмісту наповнювача, показано на рисунку 5.



**Рисунок 5** – Залежність питомого об'ємного опору для ПЕ композицій, наповнених ПАНІ

Збільшення вмісту ПАНІ в ПЕ в діапазоні від 0 до 30% об. призводить до монотонного зменшення питомого об'ємного електричного опору і підкоряється експоненціальній залежності та знаходяться в межах  $10^2 - 10^8$  Ом·м. Це можна пояснити тим, зі збільшенням концентрації наповнювача розміри ізоляційних шари полімерного діелектрика зменшуються, що призводить до зменшення питомого електроопору. Таким чином, отримані композиції можуть бути використані як антистатичні та напівпровідникові матеріали [13, 14].

### **Висновки**

Встановлено, що збільшення вмісту ПАНІ до 30 % об. призводить до монотонного зниження міцності на розрив і подовження при розриві досліджуваних композицій. Швидкість течії розплаву в залежності від вмісту ПАНІ в діапазоні 0 – 30% об. змінюється від 13 до 3 г / 10 хв.

Встановлено, що для ПЕ композицій з ПАНІ питомий електрооб'ємний опір зменшується від  $10^{14}$  до  $10^2$  Ом·м, тому отримані композиції можуть бути використані як антистатичні та напівпровідникові матеріали.

### **Література**

1. H.S. Nalwa (Ed.), Handbook of Conducting Molecules and Polymers, Wiley, New York, 1997.

2. Y. Cao, G.M. Treacy, P. Smith, A.J. Heeger, *Appl. Phys. Lett.* 60 (1992) 2711.
3. Y. Cao, A.J. Heeger, *Synth. Met.* 53 (1993) 293.
4. A. Profi, Y. Nicolau, F. Genoud, M. Nechtschein, *J. Appl. Polym. Sci.* 63 (1997) 971.
5. O.T. Ikkala, L.O. Pietila, P. Passiniemi, Y. Cao, A. Andreatta, *Eur. Patent Applic.*, 0 643 397 At (1995).
6. O.T. Ikkala, L.O. Pietila, L. Ahjopalo, J.-E. Osterholm, P.J. Passiniemi, *J. Chem. Phys.* 103 (1995) 9855.
7. A. Profi, J.-E. Osterholm, P. Smith, A.J. Heeger, J. Laska, M. Zagorska, *Synth. Met.* 55-57 (1993) 3520.
8. A. Profi, J. Laska, J.-E. Osterholm, P. Smith, *Polymer* 34 (1993) 4235.
9. A. Profi, W. Luzny, J. Laska, *Synth. Met.* 80 (1996) 191.
10. J. Laska, Ph.D. Thesis, Technical University of Warsaw, 1994.
11. D. Novak, V. Plavan, N. Bereznenko. Copper plated graphite, carbon nanotubes and polyaniline effect on the properties of electroconductive polyethylene compositions, *Materials Today: Proceedings*, Volume 6, Part 2, 2019, pp. 293-298
12. Tauban M. Impact of Filler Morphology and Distribution on the Mechanical Properties of Filled Elastomers : theory and simulations // *Materials Science [cond-mat.mtrl-sci]*. Université de Lyon. – 2016. – P. 210.
13. Budash Y., Novak D., Plavan V. Structural and Morphological Characteristics of Polyethylene Composites with Different Conductive Fillers// *Materiale Plastice*. – 53. – no. 4. – 2016. – P. 693.
14. Askeland D. R., Fulay, P. P., Wright, W. J.: *The Science and Engineering of Materials // SI Edition*, Cengage Learning. – 2011. – P. 896.