

РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ, НАПОВНЕНИХ ГІДРОМАГНЕЗИТОМ, ДЛЯ КАБЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Чулєєва О. В., Золотарьов В. М.

1. Вступ

Освоєння промислового виробництва пожежобезпечних кабелів вимагає застосування полімерних композицій з високими електрофізичними характеристиками [1, 2]. З метою зниження горючості пожежобезпечних композицій використовують неорганічні наповнювачі-антипирени [3–5]. Вплив наповнювачі-антипиренів на властивості полімерних композицій показано в [6, 7]. Вивчали вплив модифікаторів на поліпшення фізико-механічних та реологічних властивостей полімерних композицій [8, 9]. Властивості полімерних композицій залежать від їх складу. Рівень електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композицій в залежності від впливу інгредієнтів недостатньо досліджено. Особливо це стосується впливу модифікатора на властивості ізоляції та оболонки кабельної продукції. Тому *об'єктом дослідження* є електрофізичні властивості пожежобезпечних композиційних матеріалів кополімеру етилену з вінілацетатом, наповнених гідромагnezитом. *А метою роботи* є вивчення впливу фізико-хімічних властивостей і концентрації модифікаторів та полімерної матриці на електрофізичні властивості пожежобезпечних композиційних матеріалів кополімеру етилену з вінілацетатом, наповнених гідромагnezитом. Це дасть можливість обґрунтовано підходити до визначення типу полімеру і модифікатора. Це також дозволить швидко скорегувати рецептуру композиції в залежності від наявної сировини або від бажаних електрофізичних властивостей кінцевого продукту.

2. Методика проведення досліджень

Досліджували кополімери етилену з вінілацетатом КЕВ-1 з показником плинності розплаву 2,5 г/10 хв та КЕВ-2 з показником плинності розплаву 5,0 г/10 хв. А також гідромагnezит з середнім діаметром часточок 1,4 мкм; модифікатор 1 – аminosилан з динамічною в'язкістю 2,0 мПа·с та модифікатор 2 – аminosилан з динамічною в'язкістю 2,5 мПа·с.

Методи, які використовувалися у процесі досліджень електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композицій, наведені в роботі [10].

3. Результати досліджень та обговорення

Вимірювання електричної міцності полімерних композицій проводили змінною напругою до 50 кВ при частоті 50 Гц. Результати досліджень наведено на рис. 1, 2. Дослідження залежностей показників електричної міцності полімерних композицій від фізико-хімічних властивостей полімерної матриці,

модифікаторів та гідромагnezиту (антипірен 5) демонструє вплив кожного із них на її величину.

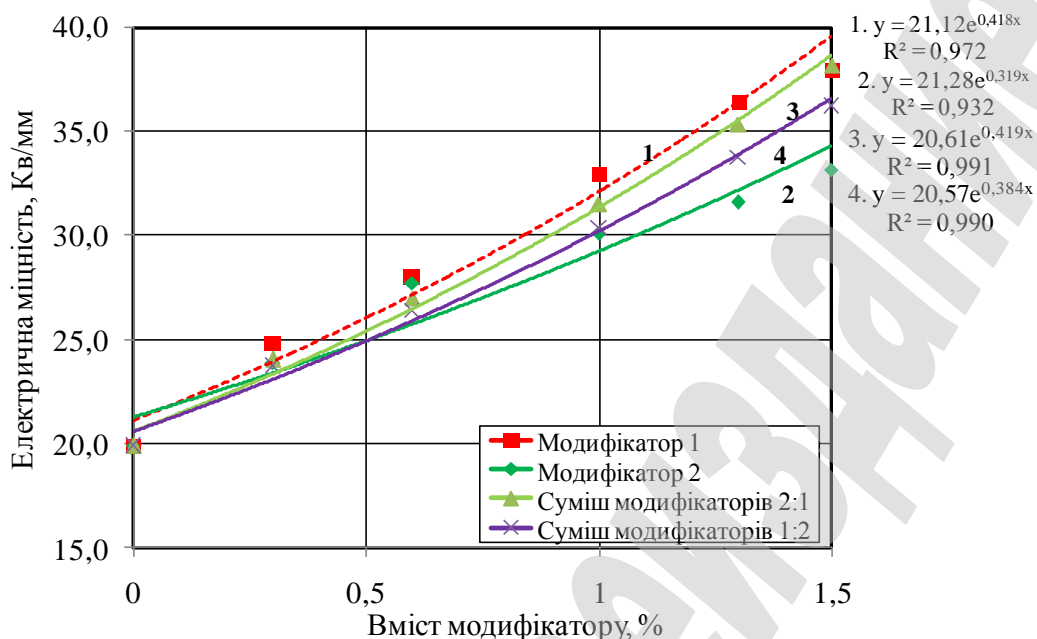


Рис. 1. Залежність електричної міцності від вмісту модифікатору для полімерних композицій на основі КЕВ-1 та антипірену 5: 1 – модифікатор 1; 2 – модифікатор 2; 3 – суміш модифікаторів, де $k_1=0,67$; $k_2=0,33$; 4 – суміш модифікаторів, де $k_1=0,33$; $k_2=0,67$

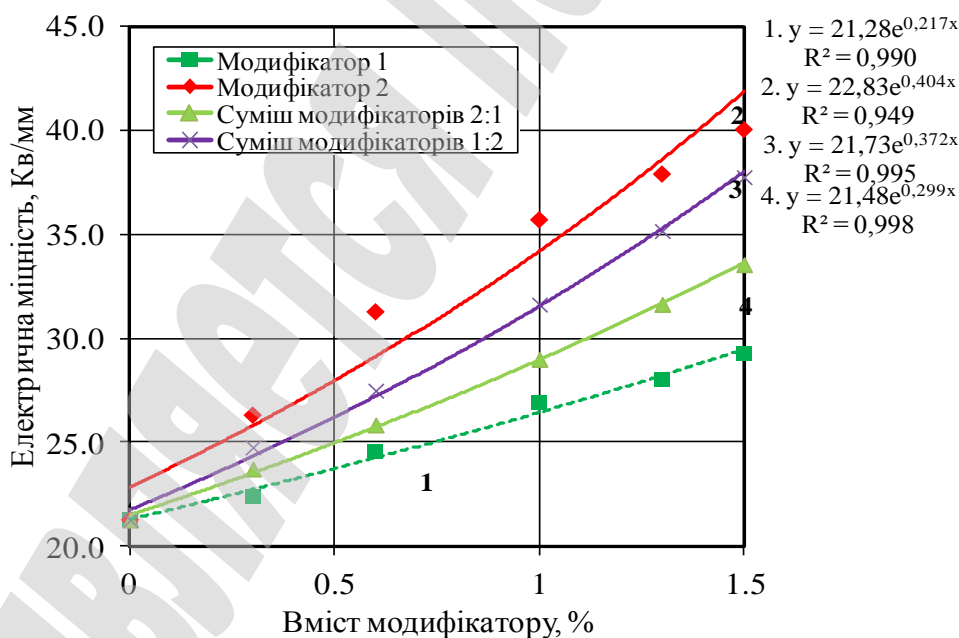


Рис. 2. Залежність електричної міцності від вмісту модифікатору для полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену 5: 1 – модифікатор 1; 2 – модифікатор 2; 3 – суміш модифікаторів, де $k_1=0,67$; $k_2=0,33$; 4 – суміш модифікаторів, де $k_1=0,33$; $k_2=0,67$

Аналіз отриманих результатів показує, що електрична міцність наповнених гідромагнетитом та модифікованих полімерних композицій підвищується. При використанні полімерної матриці КЕВ-1 та модифікатору 1 від 21 до 40 кВ/мм. При використанні полімерної матриці КЕВ-2 та модифікатору – від 22,5 до 42 кВ/мм. Тобто значне підвищення цього показника спостерігається при використанні полімерної матриці з більшим показником плинності розплаву (5 г/10 хв) та модифікатору з більшою динамічною в'язкістю (2,5 МПа·с).

Для врахування вкладу кожного із модифікаторів складаємо рівняння регресії модифікаторів 1 та 2:

$$y = (21,12e^{0,418x}) \cdot k1 + (21,28e^{0,319x}) \cdot k2; \quad (1)$$

$$y = (21,28e^{0,217x}) \cdot k1 + (22,83e^{0,404x}) \cdot k2, \quad (2)$$

де $k1$ – кількість модифікатору 1 у вагових частинах; $k2$ – кількість модифікатору 2 у вагових частинах.

Зміною кількості модифікаторів в їх сумішах одержували оптимальні значення кількості модифікованої суміші (рис. 1, крива 3, 4; рис. 2, крива 3, 4)

Розрахунок питомого об'ємного електричного опору проводили так само, як і у роботі [10]. Результати досліджень наведено на рис. 3.

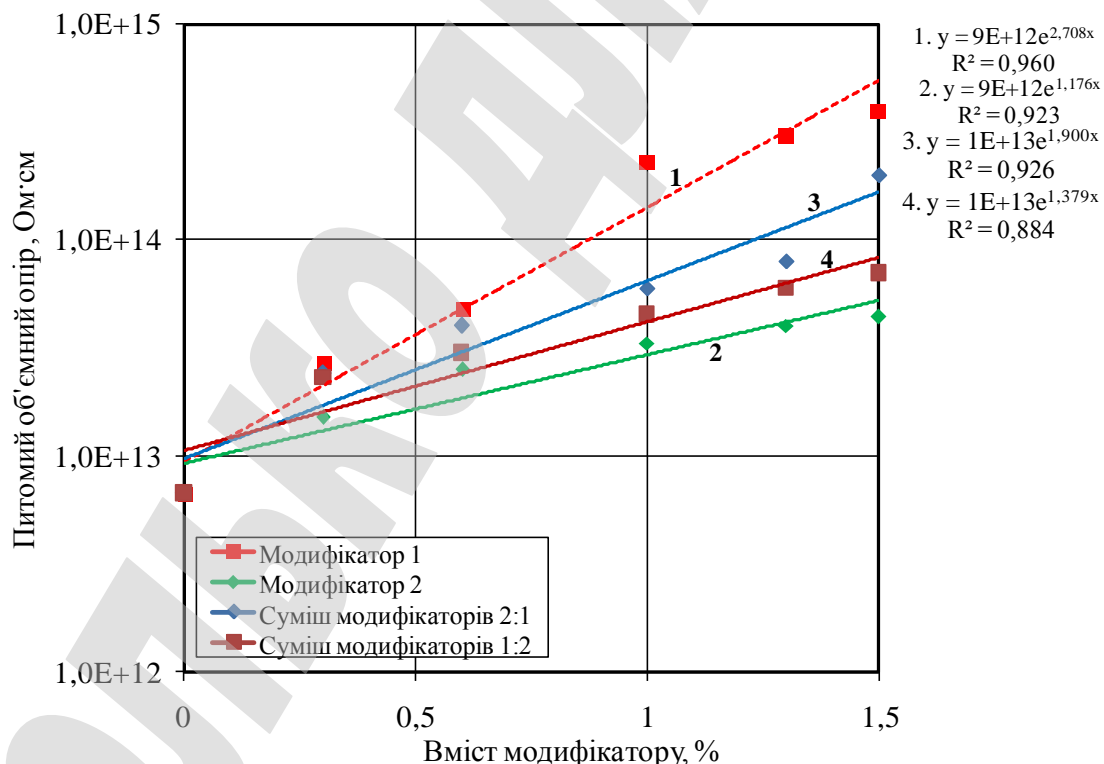


Рис. 3. Залежність питомого об'ємного опору від вмісту модифікатору полімерних композицій на основі КЕВ-1 з антипіреном 5: 1 – модифікатор 1; 2 – модифікатор 2; 3 – суміш модифікаторів, де $k1=0,67$; $k2=0,33$; 4 – суміш модифікаторів, де $k1=0,33$; $k2=0,67$

З підвищенням питомого об'ємного електричного опору покращуються електроізоляційні властивості матеріалу. Питомий об'ємний електричний опір значно підвищується для полімерних композицій наповнених гідромагнетитом при використанні полімерної матриці КЕВ-1 та модифікатору 1. Значення його збільшується від $1 \cdot 10^{13}$ до $6,6 \cdot 10^{14}$ Ом·см.

Рівняння регресії з урахуванням вкладів кожного із модифікаторів в суміші:

$$y = (9E + 12e^{2,708x}) \cdot k1 + (9E + 12e^{1,176x}) \cdot k2, \quad (3)$$

де $k1$ – кількість модифікатору 1 у вагових частинах; $k2$ – кількість модифікатору 2 у вагових частинах.

Особливий вплив на зміну питомого об'ємного електричного опору має вологість, так як наповнені антипіренами полімерні композиції мають здатність до вологопроникності. Досліджено зміни питомого об'ємного електричного опору від вологості полімерних композицій. Результати досліджень наведено на рис. 4.

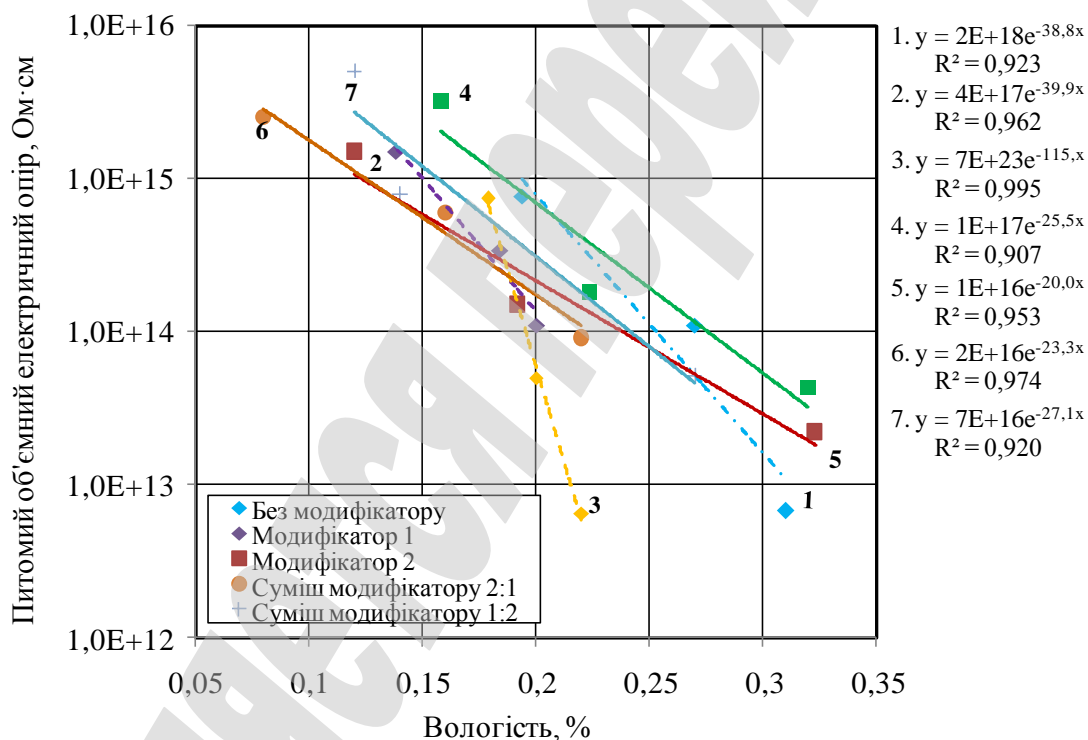


Рис. 4. Залежність питомого об'ємного електричного опору від вологості полімерних композицій на основі КЕВ-1 та антипірену зразок 5 і модифікаторів: 1 – без модифікатору; 2 – 0,6 % модифікатору 1; 3 – 1,5 % модифікатору 1; 4 – 0,6 % модифікатору 2; 5 – 1,5 % модифікатору 2; 6 – суміш модифікаторів, де $k1=0,67$; $k2=0,33$; 7 – суміш модифікаторів, де $k1=0,33$; $k2=0,67$

Показано зниження питомого об'ємного електричного опору для полімерних композицій. Рівняння регресії для сумішей модифікаторів:

$$y = (4E + 17e^{-39,9x}) \cdot k1 + (1E + 17e^{-25,5x}) \cdot k2, \quad (4)$$

де $k1$ – кількість модифікатору 1 у вагових частинах; $k2$ – кількість модифікатору 2 у вагових частинах.

Вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат і електричної ємності здійснювали таким же чином, як і у роботі [10]. Результати досліджень наведено на рис. 5.

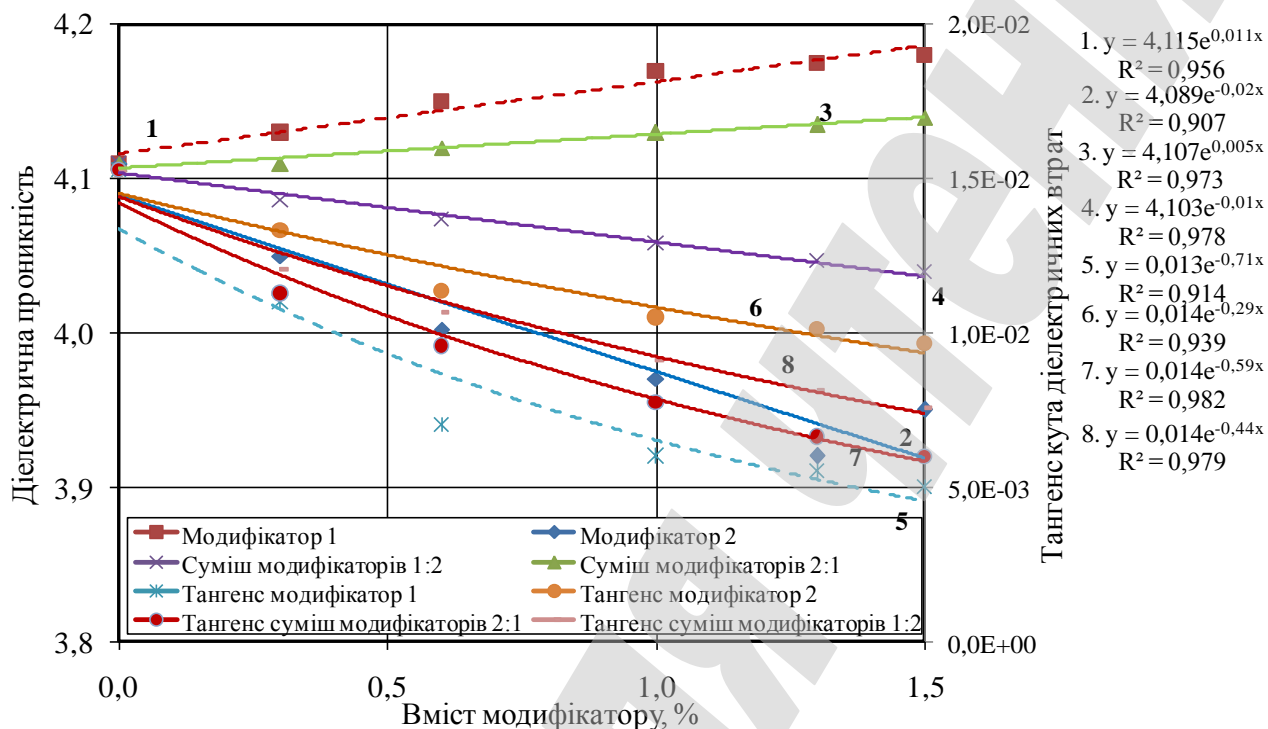


Рис. 5. Залежність діелектричної проникності та тангенсу кута від вмісту модифікаторів, для полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену 5: 1, 5 – модифікатор 1; 2, 6 – модифікатор 2; 3, 7 – суміш модифікаторів, де $k1=0,67$; $k2=0,33$; 4, 8 – суміш модифікаторів, де $k1=0,33$; $k2=0,67$

Рівняння регресії з урахуванням вкладів суміші модифікаторів 1 та 2 будуть мати вигляд:

– для діелектричної проникності:

$$y = (4,115e^{0,011x}) \cdot k1 + (4,089e^{-0,02x}) \cdot k2; \quad (5)$$

– для тангенсу кута діелектричних втрат:

$$y = (0,013e^{-0,71x}) \cdot k1 + (0,014e^{-0,29x}) \cdot k2, \quad (6)$$

де $k1$ – кількість модифікатору 1 у вагових частинах; $k2$ – кількість модифікатору 2 у вагових частинах.

Важливий вплив на електрофізичні властивості пожежобезпечних полімерних композицій здійснює формування надмолекулярної структури

отриманих композицій. Про це свідчать результати досліджень електричної міцності, питомого об'ємного електричного опору, діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат. Результати досліджень дають змогу розробляти технологій отримання полімерних композицій з керованими електрофізичними властивостями для ізоляції і оболонок кабельної продукції.

Перевагами даного дослідження є вивчення електрофізичних властивостей пожегобезпечних полімерних композиційних матеріалів з використанням високоточних сучасних приборів.

4. Висновки

У ході дослідження показано, що електрична міцність наповнених гідромагнетитом та модифікованих полімерних композицій підвищується. При використанні полімерної матриці КЕВ-1 та модифікатору 1 від 21 до 40 кВ/мм. При використанні полімерної матриці КЕВ-2 та модифікатору 2 від 22,5 до 42 кВ/мм. Питомий об'ємний електричний опір значно підвищується для полімерних композицій наповнених гідромагнетитом при використанні полімерної матриці КЕВ-1 та модифікатору 1. Значення його збільшуються від $1 \cdot 10^{13}$ до $6,6 \cdot 10^{14}$ Ом·см. Використання в якості полімерної матриці КЕВ-1 призводить до зниження діелектричної проникності. Значне зниження цього показника від 4,1 до 3,6 спостерігається при використанні модифікатору 1 з меншою динамічною в'язкістю (2 МПа·с). Тангенс кута діелектричних втрат знижується від 0,013 до 0,0046 при використанні модифікатору 1 з динамічною в'язкістю 2 МПа·с.

Література

1. Михайлин Ю. А. Показатели огнестойкости полимерных материалов и методы их определения // Полимерные материалы. 2011. № 7. С. 26–31.
2. EN 50363-7:2005. Insulating, sheathing and covering materials for low voltage energy cables. Part 7: Halogen-free, thermoplastic insulating compounds. URL: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030065332>
3. Чулеева Е. В., Золотарев В. М., Чулеев В. Л. Наполнители-антипирены. Теплофизические свойства // Хімічна промисловість України. 2016. № 3–4 (134–135). С. 65–69.
4. Herbiet R. Mineral Flame Retardants: Market Outlook and Latest Developments // High Performance Filler. 2005. Issue 4. P. 20.
5. Mechanical and fire retardant properties of EVA/clay/ATH nanocomposites – Effect of particle size and surface treatment of ATH filler / Cárdenas M. A., García-López D., Gobernado-Mitre I., Merino J. C., Pastor J. M., Martínez J. de D. et. al. // Polymer Degradation and Stability. 2008. Vol. 93, Issue 11. P. 2032–2037. doi: <http://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2008.02.015>
6. Thermal study of low-grade magnesium hydroxide used as fire retardant and in passive fire protection / Formosa J., Chimenos J. M., Lacasta A. M., Haurie L. // Thermochimica Acta. 2011. Vol. 515, Issue 1-2. P. 43–50. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tca.2010.12.018>
7. Flame retardancy and thermal stability of ethylene-vinyl acetate copolymer nanocomposites with alumina trihydrate and montmorillonite / Chang M.-K., Hwang S.-S.,

Liu S.-P. // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2014. Vol. 20, Issue 4. P. 1596–1601. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.004>

8. Effect of Amino alcohol functionalized polyethylene as compatibilizer for LDPE/EVA/clay/flame-retardant nanocomposites / Lujan-Acosta R., Sánchez-Valdes S., Ramírez-Vargas E., Ramos-DeValle L. F., Espinoza-Martinez A. B., Rodriguez-Fernandez O. S. et. al. // Materials Chemistry and Physics. 2014. Vol. 146, Issue 3. P. 437–445. doi: <http://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2014.03.050>

9. Chulieieva O. Development of directed regulation of rheological properties of fire retardant composite materials of ethylene vinyl acetate copolymer // Technology Audit and Production Reserves. 2017. Vol. 2, Issue 1 (40). P. 25–31. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.129699>

10. Chulieieva O., Zolotaryov V. Investigation of electrophysical properties of nanomodified fireproof eva polymer compositions // Technology audit and production reserves. 2019. Vol 1, Issue 1 (45). P. 31–38. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.157581>