

УДК 679.7:678:544

ЧУЛЄЄВА О. В.¹, ПЛАВАН В. П.²

¹Приватне акціонерне товариство «ЗАВОД ПІВДЕНКАБЕЛЬ», м. Харків

²Київський національний університет технологій та дизайну

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В
ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНИХ КОМПОЗИЦІЯХ КОПОЛІМЕРУ
ЕТИЛЕНУ З ВІНІЛАЦЕТАТОМ ТА ТРИГІДРАТІВ ОКСИДУ
АЛЮМІНІЮ**

Мета. Визначення раціонального складу пожежобезпечних полімерних композицій з покращеними електрофізичними характеристиками на основі кополімеру етилену з вінілацетатом і тригідроксиду алюмінію базуючись на результатах досліджень залежності електричної міцності, питомого об'ємного електричного опору, тангенсу кута діелектричних втрат та діелектричної проникності від фізико-хімічних властивостей інгредієнтів та кількості і властивостей модифікаторів.

Методика. Полімерні композиції на основі кополімеру етилену з вінілацетатом та тригідратів оксиду алюмінію з різним вмістом органосилану як модифікатора виготовлялися лінії компаундування компанії X-Compound, Швейцарія. Для оцінки електроізоляційних властивостей матеріалу використано методи вимірювання електричної міцності, питомого об'ємного електричного опору, діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат.

Результат. Виявлено зміну електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композицій в залежності від реологічних властивостей полімерної матриці та фізико-хімічних властивостей тригідратів оксиду алюмінію. Досліджено вплив наномодифікаторів на основі органосиланів на властивості композицій. Виявлено синергетичний ефекту разі використання сумішей модифікаторів.

Наукова новизна. Встановлено вплив модифікаторів на електрофізичні властивості пожежобезпечних полімерних композицій та синергетичний ефект їх дії. Показано, що додавання 60 % мас. тригідрату оксиду алюмінію 2 в композицію на основі кополімерів етилену з вінілацетатом із вмістом як модифікатора аміносилану 1 в кількості 1,5 % мас. забезпечує поліпшення електроізоляційних властивостей матеріалу.

Практична значимість. Показано, що моделювання електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композицій дозволяє вибрати раціональний склад композиції для досягнення заданих характеристик ізоляції та оболонки кабельної продукції.

Ключові слова: пожежобезпечні композиції, кополімер етилену з вінілацетатом, тригідрати оксиду алюмінію, органосилани, антипірен, електрофізичні властивості.

Вступ. Матеріали ізоляції та оболонки кабельної продукції мають задовольняти специфічним експлуатаційним потребам [1, 2]. Полімерні композиції не повинні розповсюджувати горіння, не містити у своєму складі галогенів, мати знижені показники диму та токсичності продуктів горіння [3, 4]. Створення безгалогенних рецептур досягається за рахунок введення в базовий полімер антипіренів синтетичного та природного походження, зокрема тригідрату оксиду алюмінію $Al(OH)_3$ [5, 6]. Великий вміст наповнювачів-антипіренів в таких матеріалах викликає складнощі під час переробки та негативно впливає на фізико-механічні властивості [7].

Для регулювання реологічних властивостей полімерних композицій використовують модифікатори [8, 9]. Вплив полімерної матриці, наповнювачів-антипіренів та модифікаторів доцільно дослідити з метою моделювання електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композицій для кабельної продукції.

Постановка завдання. Мета роботи – визначення раціонального складу пожежебезпечних полімерних композицій на основі кополімеру етилену з вінілацетатом і тригідроксиду алюмінію на основі результатів досліджень залежності електричної міцності, питомого об'ємного електричного опору, тангенсу кута діелектричних втрат та діелектричної проникності від фізико-хімічних властивостей інгредієнтів та кількості і властивостей модифікаторів.

Результати досліджень. Досліджували кополімери етилену з вінілацетатом КЕВ1, КЕВ2 (табл. 1), тригідрат оксиду алюмінію як наповнювач-антипірен (табл. 2), модифікатор 1-3-амінопропил-триетоксисилан, модифікатор 2 – аміносилан (N-3-триметоксисилан) пропілбутиламін (табл. 3).

Таблиця 1

Характеристики кополімерів етилену з вінілацетатом

Показник	КЕВ1	КЕВ2
Густина, кг/м ³	939	951
Показник плинності розплаву, 2,16 кг, г/10 хв	2,5	5
Вміст вінілацетату, %	18	28

Таблиця 2

Характеристики наповнювачів-антипіренів

Показник	Al(OH) ₃	
	Зразок № 1	Зразок № 2
Масова доля, %:		
– Al(OH) ₃	>99,2	>99,5
– SiO ₂	<0,05	<0,1
– Fe ₂ O ₃	<0,035	<0,03
– Na ₂ O	<0,6	<0,4
Медіанний діаметр часточок, мкм:		
– середній (D ₅₀)	1,5	3
– макс. (D ₉₈)	3,6	18
– мін. (D ₁₀)	0,5	1

Таблиця 3

Характеристики аміносилану

Показник	Значення	
	Аміносилан 1	Аміносилан 2
Густина, кг/м ³ , 20 °С	950	947
Динамічна в'язкість, мПа·с, 20 °С	2	2,5
pH	11,3	10,9

Полімерні композиції виготовляли на основі КЕВ та тригідратів оксиду алюмінію (вміст 60 % мас.) з різним вмістом модифікатора на лінії компаундування компанії X-Comround, Швейцарія. До складу лінії входить наступне обладнання: компаундер/змішувач

120-16 L/D, екструдер що подає GS 140-6 L/D з гранулюючою головкою, система дозування інгредієнтів, в тому числі система дозування силанів, транспортні системи інгредієнтів і готової продукції, система охолодження гранул.

Вимірювання електрофізичних показників полімерних композицій проводилися на зразках завтовшки $(1,0 \pm 0,1)$ мм, які виготовлено вальцево-пресовим методом за температури $T = 448$ К. Серію експериментів з визначення електричної міцності, питомого електричного опору, діелектричної проникності, тангенса кута діелектричних втрат було проведено з використанням апарату типу АИИ-70, вимірювача електричного опору КИСИ-1, мосту змінного струму Р589.

Питомий електричний опір визначається наявністю вільних зарядів (електронів та іонів) і їх рухливістю. Електрична міцність – напруженість електричного поля, за значення якої відбувається пробій, – міра електричної міцності даного матеріалу. Діелектрична проникність композиційного матеріалу визначається відношенням ємності електричного конденсатора, який заповнено діелектриком до ємності того ж конденсатора у вакуумі. Під діелектричними втратами розуміють частину енергії електричного поля, яка незворотно розсіюється в діелектрику в формі теплоти.

Обробку результатів та побудову графіків виконували за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2007. Адекватність рівняння регресії проводили перевіркою статистичної значимості коефіцієнта детермінації R^2 по F-критерію, визначеному за формулою [10]:

$$F_p = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m},$$

де n – кількість спостережень; m – кількість факторів у рівнянні регресії.

Вимірювання електричної міцності полімерних композицій проводили змінною напругою до 50 кВ, частоти 50 Гц. Результати досліджень наведено на рис. 1,2.

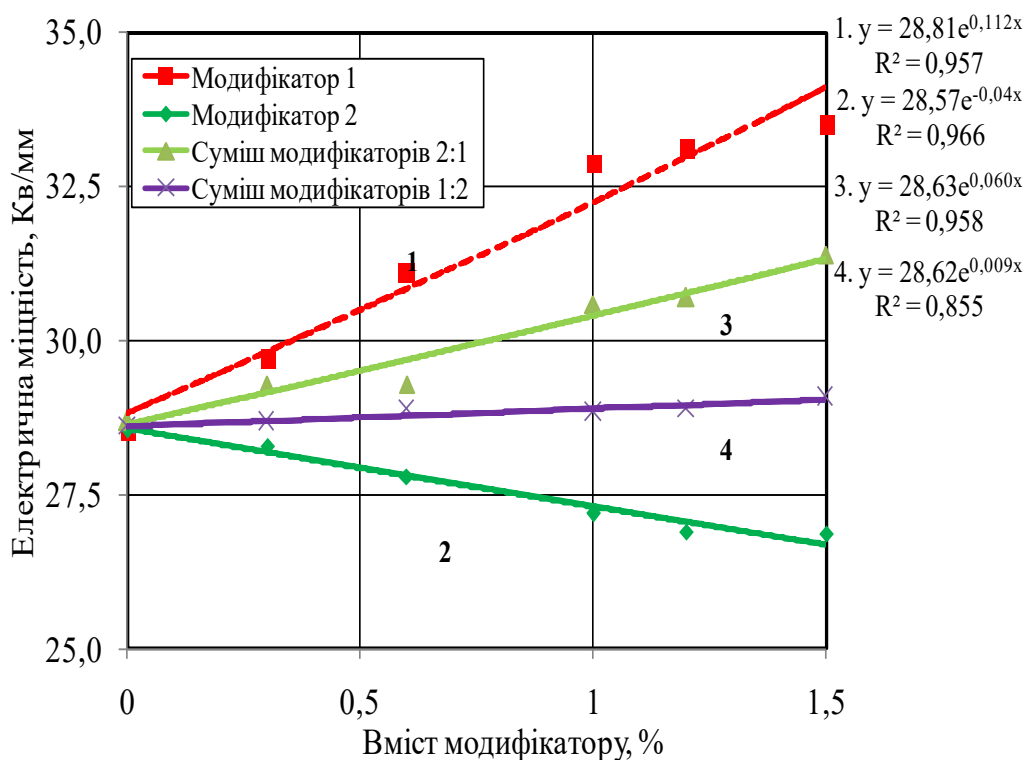


Рис. 1. Залежність електричної міцності від вмісту модифікатора, для полімерних композицій на основі КЕВ-1 та антипірену 1: крива 1 – модифікатор 1, крива 2 – модифікатор 2, крива 3 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

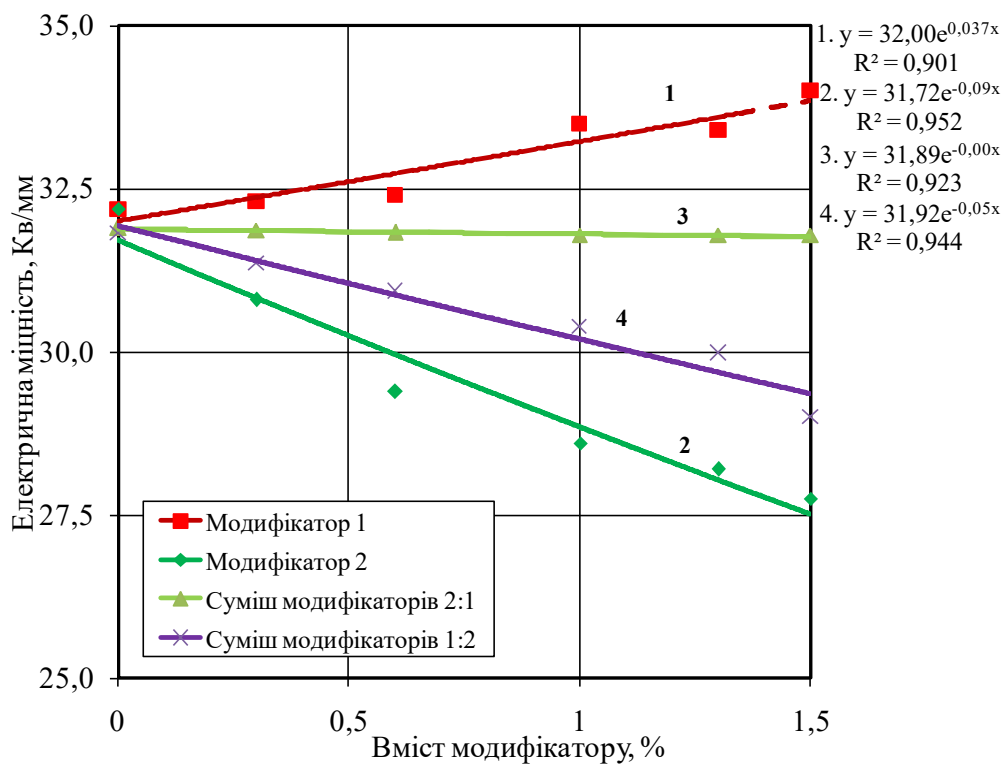


Рис. 2. Залежність електричної міцності від вмісту модифікатора, для полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену 2: крива 1 – модифікатор 1, крива 2 – модифікатор 2, крива 3 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

Дослідження залежності показників електричної міцності від медіанного діаметру часток тригідратів оксиду алюмінію (зразок 1, 2); реологічних показників полімерної матриці КЕВ 1 і КЕВ 2 та фізико-хімічних властивостей модифікаторів 1 і 2 демонструє:

– значне підвищення електричної міцності до 34-34,2 кВ/мм під час використання антипіренів 1, 2 та модифікатору 1 для полімерних матриць КЕВ 1 й КЕВ 2 (крива 1 рис. 1; крива 1 рис. 2). Під час використання модифікатору 2 спостерігається зниження цього показника до 26-27,5 кВ/мм відповідно;

– під час використання антипірену 1 для полімерних матриць на основі КЕВ 2 електрична міцність значно знижується до 25,5 – 26 кВ/мм для модифікаторів 1, 2.

Так як показано в [9] реологічні властивості значно підвищуються під час використання модифікатору 2. Доцільно встановити, як впливає на зміну цього показника суміш модифікаторів.

Складемо рівняння регресії модифікаторів 1 та 2 для сумішей:

$$1. y = (28,81e^{0,112x}) \cdot k_1 + (28,57e^{-0,04x}) \cdot k_2;$$

$$2. y = (32,00e^{0,037x}) \cdot k_1 + (31,72e^{-0,09x}) \cdot k_2;$$

де k_1 – кількість модифікатору 1 у вагових частинах; k_2 – 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).

Вимірювання об'ємного електричного опору здійснювалися за допомогою кабельного вимірювача опору ізоляції «КИСИ-1» за напруги 1000 В. Розрахунок питомого об'ємного електричного опору проводили за формулою:

$$\rho_v = \frac{\pi \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^2}{4 \cdot t} \cdot R_v,$$

де d_1 – діаметр вимірювального електроду, м; d_2 – внутрішній діаметр охоронного електроду, м; t – товщина зразка; R_v – вимірюваний опір, Ом.

Результати досліджень наведено на рис.3, 4.

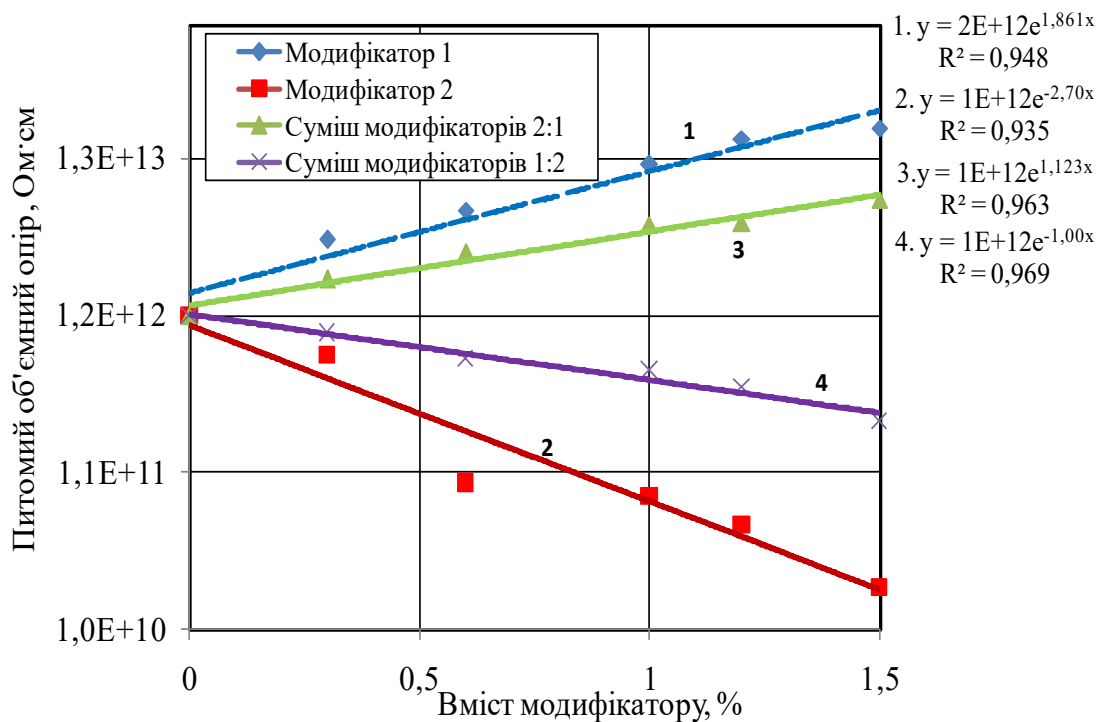


Рис.3. Залежність питомого об'ємного опору від вмісту модифікатору полімерних композицій на основі КЕВ-13 з антипіреном 1: крива 1 – модифікатор 1; крива 2 – модифікатор 2; крива 3 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

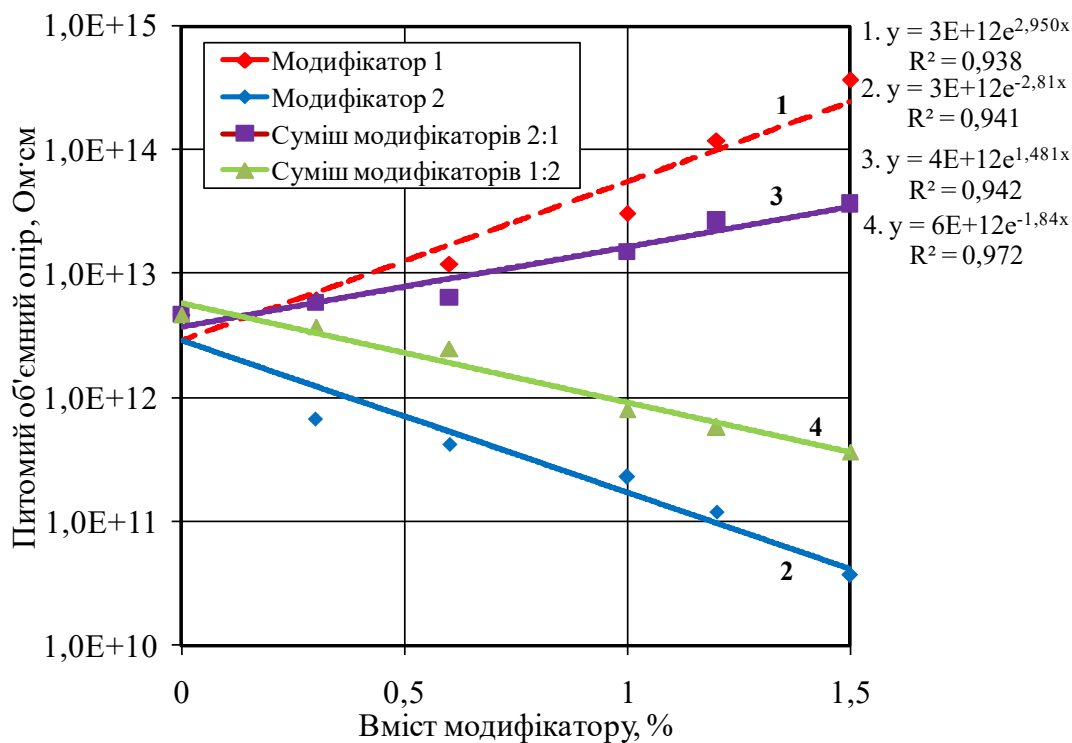


Рис.4. Залежність питомого об'ємного опору від вмісту модифікатору полімерних композицій на основі КЕВ-2 з антипіреном 2: крива 1 – модифікатор 1; крива 2 – модифікатор 2; крива 3 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

З підвищенням питомого об'ємного електричного опору покращуються електроізоляційні властивості матеріалу. Питомий об'ємний електричний опір підвищується під час використання модифікатору 1 (рис. 3, 4 крива 1) та знижується під час використання модифікатору 2 (рис. 3, 4, крива 2).

Рівняння регресії з урахуванням вкладів кожного із модифікаторів в суміші:

$$3. y = (2E + 12e^{1,861x}) \cdot k1 + (1E + 12e^{-2,70x}) \cdot k2$$

$$4. y = (3E + 12e^{2,950x}) \cdot k1 + (3E + 12e^{-2,81x}) \cdot k2$$

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. 5, 6. Спостерігається зниження питомого об'ємного електричного опору з підвищенням вмісту води для наповнених полімерних композицій.

Рівняння регресії для сумішей модифікаторів:

$$5. y = (5E + 21e^{-88,9x}) \cdot k1 + (3E + 24e^{-144,0x}) \cdot k2$$

$$6. y = (5E + 14e^{-23,8x}) \cdot k1 + (5E + 16e^{-61,2x}) \cdot k2$$

Вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат і електричної ємності (для подальшого розрахунку діелектричної проникності середовища) здійснювали за допомогою моста змінного струму Р589 за напруги 24 В і частоти 1 кГц з допустимою основною похибкою $\pm 0,1\%$ під час вимірювання ємності і $\pm (0,02\text{tg}\delta + 3 \cdot 10^{-4})$ під час вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат.

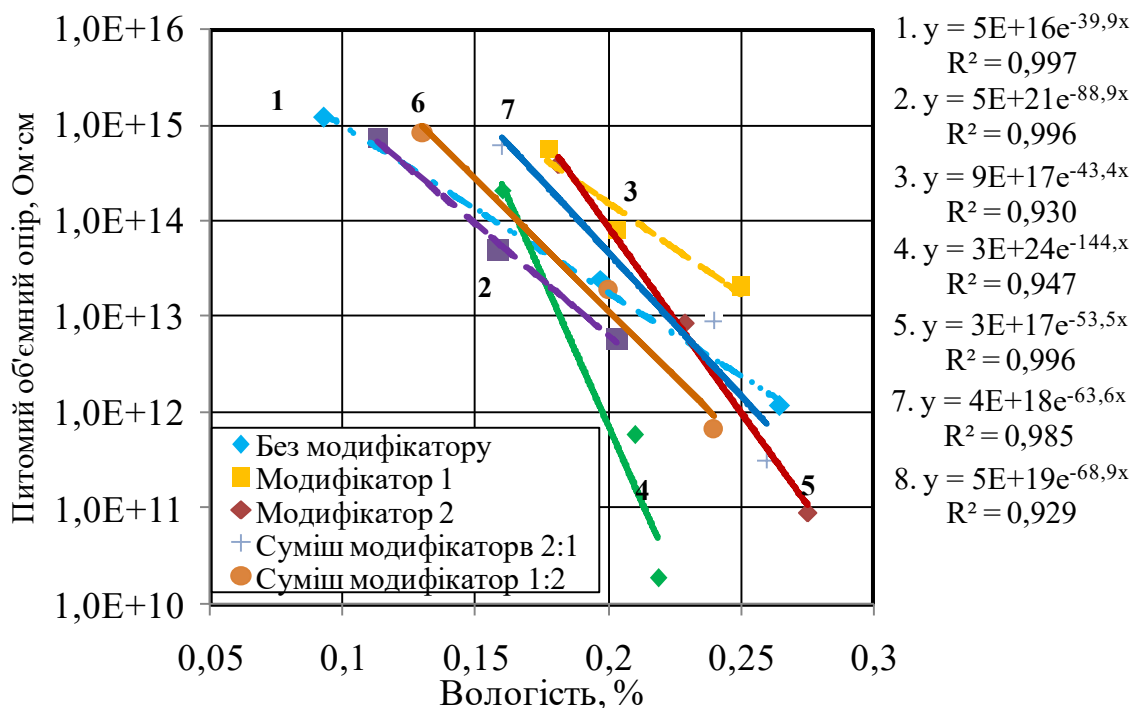


Рис.5. Залежність питомого об'ємного електричного опору від вологості полімерних композицій на основі КЕВ-1 та антипірену зразок 1 і модифікаторів: крива 1 без модифікатору; модифікатор 1 крива 2 – 0,6%, крива 3 – 1,5%; модифікатор 2 крива 4 – 0,6% крива 5 – 1,5%, крива 6 – суміш модифікаторів де, $k1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

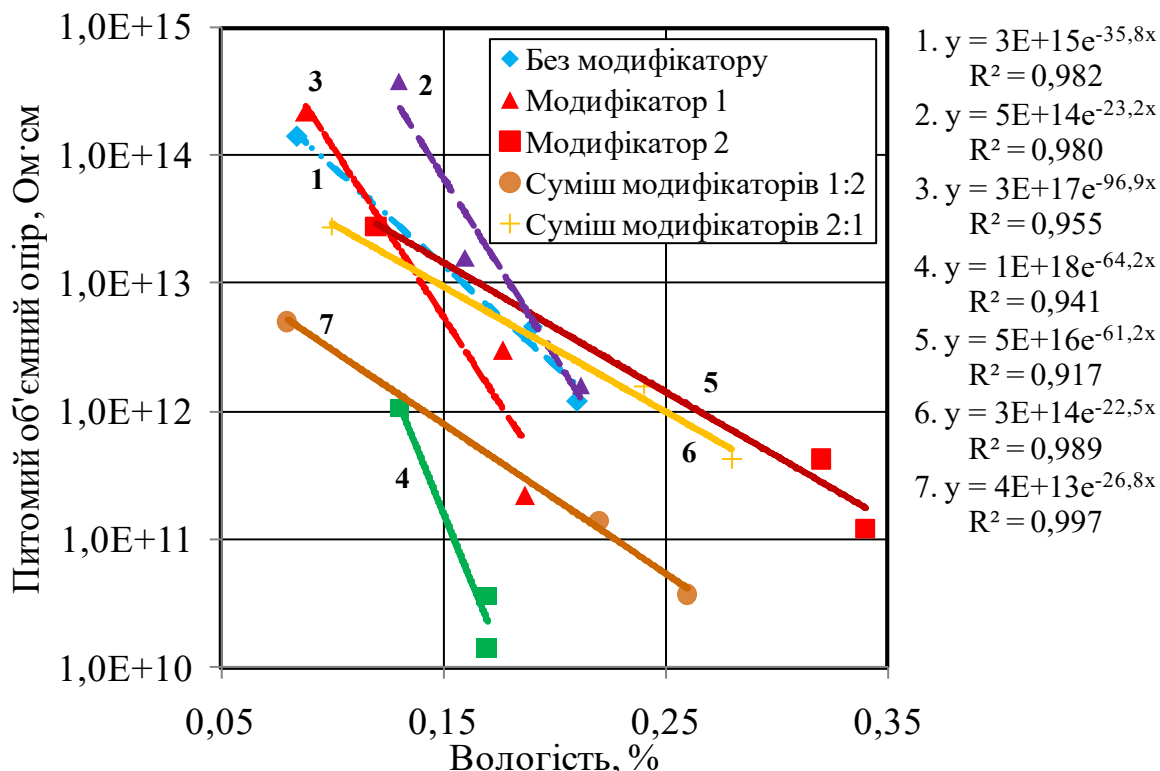


Рис.6. Залежність питомого об'ємного електричного опору від вологості полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену зразок 2 і модифікаторів: крива 1 без модифікатору; модифікатор 1 крива 2 – 0,6%, крива 3 – 1,5%; модифікатор 2 крива 4 – 0,6% крива 5 – 1,5%, крива 6 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 7 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

Розрахунки проводили за формулами:

Діелектрична проникність середовища

$$\varepsilon = 0,144 \cdot C_x \cdot \frac{t}{\left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^2},$$

де d_1 – діаметр вимірювального електроду, м; d_2 – внутрішній діаметр охоронного електроду, м; t – товщина зразка; C_x – виміряна електрична ємність, пФ.

Тангенс кута діелектричних втрат

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{1}{\omega \cdot C_{\text{пар.}} \cdot R_{\text{пар.}}} = \omega \cdot C_{\text{посл.}} \cdot R_{\text{посл.}},$$

де ω – кутова частота, рад/с; $C_{\text{пар.}}$ – виміряна електрична ємність в еквівалентній паралельній схемі заміщення, пФ; $R_{\text{пар.}}$ – вимірний опір в еквівалентній паралельній схемі заміщення, Ом; $C_{\text{посл.}}$ – виміряна електрична ємність в еквівалентній послідовній схемі заміщення, пФ; $R_{\text{посл.}}$ – вимірний опір в еквівалентній послідовній схемі заміщення, Ом. Результати досліджень наведено на рис. 7, 8

Важливими електрофізичними характеристиками для пожежобезпечних полімерних композицій є діелектрична проникність та тангенс кута діелектричних втрат. Електроізоляційний матеріал вважається кращим, якщо має нижчі значення діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат. Результати досліджень показують, що для

композицій на основі КЕВ 1 значення цих показників збільшується для всіх складів полімерних матеріалів.

Використання в якості полімерної матриці КЕВ 2 призводить до зниження діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат (рис. 7, 8). Діелектрична проникність зменшується до 4,2, а тангенс кута діелектричних втрат до 0,0025.

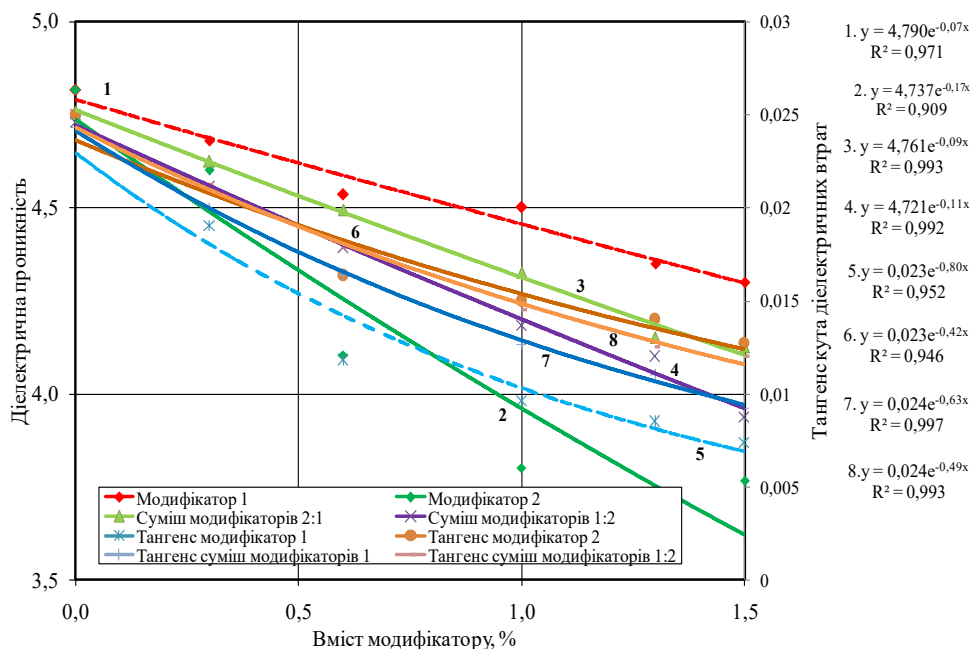


Рис.7. Залежність діелектричної проникності та тангенсу кута від вмісту модифікаторів, для полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену 1: крива 1,5 – модифікатор 1, крива 2,6 – модифікатор 2, крива 3,7 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4,8 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$

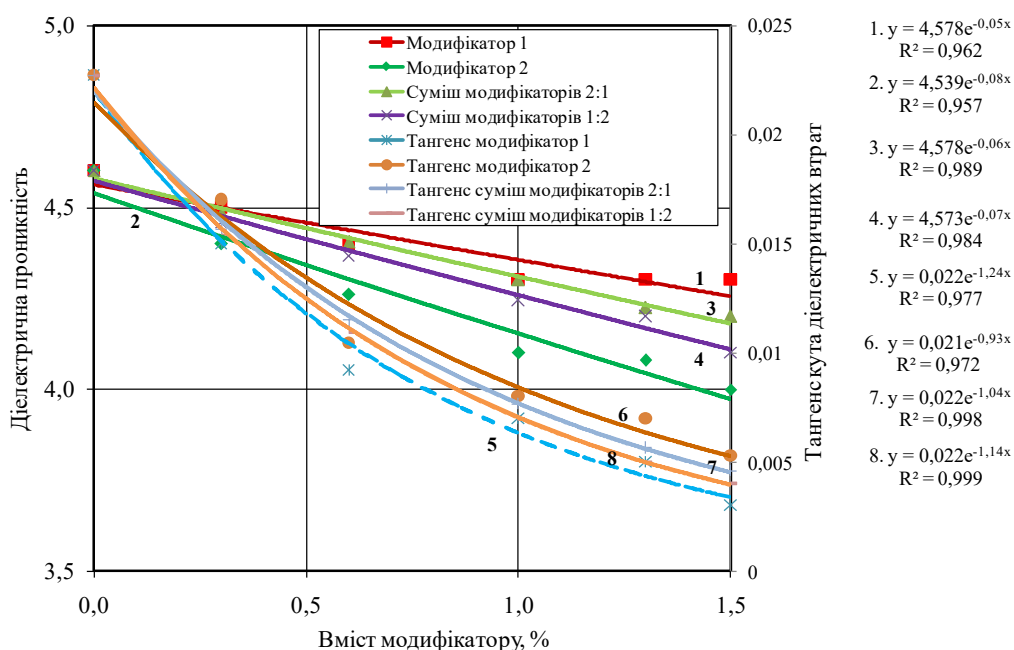


Рис.8. Залежність діелектричної проникності та тангенсу кута від вмісту модифікаторів, для полімерних композицій на основі КЕВ-2 та антипірену 2: крива 1,5 – модифікатор 1, крива 2,6 – модифікатор 2, крива 3,7 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,67$; $k_2 = 0,33$; крива 4,8 – суміш модифікаторів де, $k_1 = 0,33$; $k_2 = 0,67$;

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

Для діелектричної проникності:

$$7. y = (4,790e^{-0,07x}) \cdot k1 + (4,737e^{-0,17x}) \cdot k2).$$

$$8. y = (4,578e^{-0,05x}) \cdot k1 + (4,539e^{-0,08x}) \cdot k2).$$

Для тангенсу кута діелектричних втрат:

$$9. y = (0,023e^{-0,8x}) \cdot k1 + (0,023e^{-0,42x}) \cdot k2).$$

$$10. y = (0,022e^{-1,24x}) \cdot k1 + (0,021e^{-0,93x}) \cdot k2)$$

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 можливість розробляти технології отримання полімерних композицій з керованими електрофізичними властивостями для ізоляції і оболонок кабельної продукції. Перевагами даного дослідження є вивчення електрофізичних властивостей пожежобезпечних полімерних композиційних матеріалів з використанням високоточних сучасних приборів.

Висновки. На електрофізичні властивості пожежобезпечних полімерних композицій суттєво впливають дисперсність тригідратів оксиду алюмінію, реологічні властивості полімерної матриці та фізико-хімічні властивості модифікаторів.

Додавання 60 % мас. антипірену 2 в композицію на основі кополімерів етилену з вінілацетатом із вмістом модифікатора 1 в кількості 1,5 % мас. забезпечує підвищення електричної міцності до 34,2 кВ/мм, питомого об'ємного електричного опору до $5 \cdot 10^{14}$ Ом·см, зниження діелектричної проникності до 4,2 та тангенсу кута діелектричних втрат до 0,0025, що свідчить про поліпшення електроізоляційних властивостей матеріалу.

Література

1. Обзор минеральных антипиренов-гидроксидов для безгалогенных кабельных композиций / Кабель-news. – 2009. – № 8. – С. 41–43.
2. Пешков И. Б. Материалы кабельного производства. – М.: Машиностроение, 2013, 456 с.
3. Тирелли Д. Антипирены для композитов / The Chemical Journal. – 2013. – № 1-2. – С. 42–45.
4. Chang Ming-Kuen, Hwanga Shyh-Shin, Liua Sung-P. Flame retardancy and thermal stability of ethylene-vinyl acetate copolymer nanocomposites with alumina trihydrate and montmorillonite / Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2014. – № 20. – Issue 4. – P. 1596-1601.
5. Chulieieva O. Effect of flame retardant fillers on the fire resistance and physical-mechanical properties of polymeric compositions / Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – No. 5/12 (89). – P 65-70.

References

- 1.Obzor mineral'nykh antipirenov-gidroksidov dlya bezgalogennykh kabel'nykh kompozitsiy (2009) [Review of mineral fire retardant-hydroxides for halogen-free cable compositions]. Kabel'-news. № 8. 41–43. [in Russian].
- 2.Peshkov I. B. (2013) Materialy kabel'nogo proizvodstva [Cable production materials] – M.: Mashinostroyeniye. [in Russian].
- 3.Tirelli D. (2013.) Antipireny dlya kompozitov [Flame retardants for composites]. The Chemical Journal. № 1-2. 42-45. [in Russian].
- 4.Chang Ming-Kuen, Hwanga Shyh-Shin, Liua Sung-Po (2014) Flame retardancy and thermal stability of ethylene-vinyl acetate copolymer nanocomposites with alumina trihydrate and montmorillonite. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. № 20, Issue 4. 1596-1601. [in English].
- 5.Chulieieva O. (2017) Effect of flame retardant fillers on the fire resistance and physical-mechanical properties of polymeric compositions. Eastern-European journal of enterprise technologies. No. 5/12

6. Аблеев Р. Актуальные проблемы в разработке и производстве негорючих полимерных компаундов для кабельной индустрии / Кабель-news. – 2009. – № 6–7. – С. 64–69.

7. M. Cárdenas, D. Garcia-López, I. Gobernado-Mitre, J. Pastor, J. de. D. Martinez, J. Barbeta, D. Calveras. Mechanical and fire retardant properties of EVA/clay/ATH nanocomposites – Effect of particle size and surface treatment of ATH filler / Polymer Degradation and Stability. – 2008. – Vol. 93. – Issue 11. – P. 2032–2037.

8. Chulieieva O. Development of directed regulation of rheological properties of fire retardant composite materials of ethylene vinyl acetate copolymer / Technology audit and production reserves. – 2018. – № 2/1(40). – P. 25–31.

9. Chuleeva O., Zolotaryov V. Effect of modifier on the thermophysical properties of fireproof ethylene-vinyl acetate copolymer composition materials / Technology audit and production reserves. – 2018. – № 6/1(44). – P. 23–28.

10. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002, 368 с.

(89). 65-70. [in English].

6. Ableev R. (2009.) Aktual'nye problemy v razrabotke i proizvodstve negoryuchikh polimernykh kompaundov dlya kabel'noy industrii [Actual problems in the development and production of non-combustible polymeric compounds for the cable industry] Kabel'-news. № 6–7. 64–69. [in Russian].

7. Cárdenas M., Garcia-López D., Gobernado-Mitre I., Pastor J., Martinez J. de. D., Barbeta J., Calveras D. (2008) Mechanical and fire retardant properties of EVA/clay/ATH nanocomposites – Effect of particle size and surface treatment of ATH filler. Polymer Degradation and Stability. Vol. 93, Issue 11. 2032–2037. [in English].

8. Chulieieva O. (2018) Development of directed regulation of rheological properties of fire retardant composite materials of ethylene vinyl acetate copolymer. Technology audit and production reserves. № 2/1(40). 25–31. [in English].

9. Chuleeva O., Zolotaryov V. (2018) Effect of modifier on the thermophysical properties of fireproof ethylene-vinyl acetate copolymer composition materials. Technology audit and production reserves. № 6/1(44). 23–28. [in English].

10. Makarova N.V., Trofimets V.Ya. (2002) Statistika v Excel [Statistics in Excel] Ucheb. posobie. M.: Finansy i statistika. [in Russian].

CHULIEIEVA OLENA

echuleeva@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7310-0788>

PhD, Director of the Science and Technology Center
PJSC «Yuzhcable Works»,

PLAVAN VIKTORIYA

plavan.vp@knuud.edu.ua

ResearcherID: I-5852-2015

ORCID: orcid.org/0000-0001-9559-8962

Doctor of Technical Sciences, Professor

Department of Applied Ecology, technologies of polymers
and chemical fibers

Kyiv National University of Technologies and Design

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ СОПОЛИМЕРА ЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ И ТРИГИДРАТОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

ЧУЛЕЕВА Е. В.¹, ПЛАВАН В. П.²

¹Частное акционерное общество «ЗАВОД ЮЖКАБЕЛЬ», г. Харьков

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определение рационального состава пожаробезопасных полимерных композиций с улучшенными электрофизическими характеристиками на основе сополимера этилена с винилацетатом и тригидроксида алюминия базирываясь на результатах исследований зависимости электрической прочности, удельного объемного электрического сопротивления, тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости от физико-химических свойств ингредиентов и количества и свойств модификаторов.

Методика. Полимерные композиции на основе сополимера этилена с винилацетатом и тригидрата оксида алюминия с различным содержанием органосилана как модификатора изготавливали на линии компаундирования компании X-Comround, Швейцария. Для оценки

электроизоляционных свойств материала использованы методы измерения электрической прочности, удельного объемного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

Результаты. Выявлены зависимости изменения электрофизических свойств пожаробезопасных полимерных композиций в зависимости от реологических свойств полимерной матрицы и физико-химических свойств тригидратов оксида алюминия. Исследовано влияние наномодификаторов на основе органосиланов на свойства композиций. Обнаружено явление синергического эффекта при использовании модифицированных смесей.

Научная новизна. Установлено влияние модификаторов на электрофизические свойства пожаробезопасных полимерных композиций и синергический эффект их действия. Показано, что добавление 60% масс. тригидрата оксида алюминия 2 в композицию на основе сополимеров этилена с винилацетатом с содержанием как модификатора аминсилана 1 в количестве 1,5% масс. обеспечивает улучшение электроизоляционных свойств материала.

Практическая значимость. Показаны практические особенности моделирования электрофизических свойств пожаробезопасных полимерных композиций, которые заключаются в выборе рационального состава для достижения заданных характеристик изоляции и оболочек кабельной продукции.

Ключевые слова: пожаробезопасные композиции, сополимер этилена с винилацетатом, модификатор, антипирен, электрофизические свойства.

MODELING OF ELECTROPHYSICAL TRANSFORMATIONS IN FIREPROOF COMPOSITIONS OF ETHYLENE-VINYL ACETATE COPOLIMER AND ALUMINUM OXIDE TRIHYDRATES

CHULIEIEVA O.¹, PLAVAN V.²

¹Private Joint Stock Company YUZHicable Works, Kharkiv

²Kyiv National University Technologies and Design

Purpose. To determine the rational composition of fireproof polymer compositions with improved electrophysical characteristics, which composed of an ethylene-vinyl acetate copolymer and aluminum trihydroxide based on the results of studies of the dependence of electrical strength, specific volume electrical resistance, dielectric loss tangent and physical permittivity of the ingredients and the amount and modifier properties.

Methodology. Ethylene-vinyl acetate copolymer and aluminum trihydroxide polymer compositions which had different content of organosilane as a modifier were manufactured on the compounding line of X-Compound, Switzerland. To assess the insulating properties of the material used methods for measuring the electrical strength, specific volume electrical resistance, dielectric constant and tangent of dielectric loss.

Findings. The dependences of changes in the electrophysical properties of fireproof polymer compositions depending on the rheological properties of the polymer matrix and the physicochemical properties of aluminum oxide trihydrates are revealed. The effect of nano-modifiers based on organosilanes on the properties of the compositions was investigated. The phenomenon of a synergistic effect with the use of modified mixtures was found.

Originality. The effect of modifiers on the electrophysical properties of fireproof polymer compositions and the synergistic effect of their action is established. It is shown that the addition of 60% of the mass. aluminum oxide trihydrate 2 in a composition based on ethylene-vinyl acetate copolymers with the content of aminosilane 1 in the amount of 1.5% by weight. provides improved electrical insulation properties of the material.

Practical value. The practical features of modeling the electrophysical properties of fireproof polymer compositions, which consist in the choice of a rational composition to achieve the specified characteristics of the insulation and cable sheaths, are shown.

Keywords: fireproof compositions, ethylene-vinyl acetate copolymer, modifier, fire retardant, electrophysical properties.