

УДК 678.61;  
678.027.7

КАБАТ О. С., КАРПЕНКО В. А., БАБЕНКО В. Г.  
ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет

## ВПЛИВ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРІВ НА ЯКІСТЬ СУМІЩЕННЯ ЇХ ВИХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ

**Мета.** Дослідити вплив методів отримання полімерних композицій на основі термостійких полімерів (ароматичний поліамід, фторполімер та фенольна смола) та дисперсного діоксиду кремнію на якість їх суміщення.

**Методика.** В роботі були проведені дослідження по визначенню якості суміщення вихідних компонентів полімерних композицій в залежності від методу їх отримання. Оцінювання цього параметру проводили за рівномірністю розподілення наповнювача у полімерній композиції за допомогою термічного методу та мікроскопії. Отримані данні були оброблені методами математичної статистики та представлені у вигляді графічних та математичних залежностей.

**Результати.** Для досліджених полімерних композицій, отриманих методом механічного суміщення підібраний оптимальний час перемішування вихідних компонентів в залежності від вмісту полімеру та наповнювача. По результатах досліджень отримані математичні залежності, які описують вплив вмісту вихідних компонентів полімерних композицій на час їх перемішування. Для досліджених композицій, отриманих за фізико-хімічним (*in situ*) методом визначена якість суміщення їх вихідних компонентів в залежності від вмісту у суміші.

**Наукова новизна.** Встановлені закономірності впливу методу отримання полімерних композицій на основі термостійких полімерів на якість суміщення їх вихідних компонентів.

**Практична значимість.** Визначено оптимальні технологічні параметри суміщення та встановлений оптимальний метод суміщення вихідних компонентів полімерних композицій на основі термостійких полімерів (ароматичний поліамід, фторопласт, фенольна смола) для виготовлення деталей машин і механізмів, які працюють при високому рівні навантажень, швидкостей ковзання і температур.

**Ключові слова:** термостійкий полімер, силікагель, метод суміщення, якість розподілення, коефіцієнт неоднорідності.

**Вступ.** Сучасний розвиток наукоємної техніки неможливий без використання деталей з полімерів з високим рівнем термостійкості і полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) на їх основі, які відрізняються високим рівнем міцнісних характеристик, можуть працювати при відносно високих температурах (до 350°C) зберігаючи при цьому необхідний рівень надійності та довговічності [1-3].

До найбільш розповсюджених термостійких полімерів відносяться: ароматичні поліаміди, фторполімери і фенопласти [4,5]. Данні матеріали мають високий рівень фізико-механічних властивостей (напруження при межі текучості і модуль пружності їх при стисканні досягають відповідно 260 і 4000 МПа, твердість - 280 МПа, ударна в'язкість - 60 кДж/м<sup>2</sup>) і теплофізичних властивостей (термостійкість та теплостійкість досягають 400 та 300°C відповідно). Для направленою регулювання їх властивостей дані полімерні матриці наповнюють дисперсними матеріалами [6,7]. Одним із найбільш перспективних наповнювачів для полімерних матеріалів спеціального призначення є діоксид кремнію [8]. Цей матеріал завдяки розвиненій поверхні та активним силанольним групам на ній здатен до фізичної та хімічної взаємодії з полімерною матрицею при їх сумісній переробці у виробі. Діоксид кремнію є недефіцитним, широко розповсюдженим в природі матеріалом, який має невисоку

собівартість і завдяки цьому не тільки сприяє підсиленню термостійких полімерних матриці, а і значно здешевлює їх [9,10].

У вихідному вигляді досліджені (ароматичний поліамід, фторполімер, фенольна смола) являють собою дисперсні матеріали з основним розміром частинок  $10\div 60$  мкм. Для створення полімерних композиції їх суміщають з дисперсним наповнювачем (діоксидом кремнію) механічним (за допомогою механічних перемішуючих пристроїв) і фізико-хімічним (за допомогою *in situ* суміщення) методом. Ця операція є однією з основних при отриманні виробів із ПКМ, тому що від якості суміщення вихідних компонентів композиції залежить рівень їх властивостей [11]. Відомо, що однією з основних характеристик, які визначають якість суміщення вихідних компонентів полімерних композицій є їх рівномірність розподілу. Тому актуальною задачею є визначення впливу основних технологічних параметрів суміщення та методів суміщення вихідних компонентів ПКМ на їх рівномірність розподілу.

**Постановка завдання.** Мета роботи – дослідження впливу основних технологічних параметрів суміщення та методів суміщення вихідних компонентів полімерних композиційних матеріалів на основі термостійких полімерів, які наповнені дисперсним діоксидом кремнію на якість суміщення їх вихідних компонентів.

**Об'єкти досліджень.** В якості об'єктів досліджень були вибрані термостійкі полімери на основі ароматичного поліаміду, фторполімеру та фенольної смоли, які наповнені дрібнодисперсним наповнювачем на основі діоксида кремнію силікагелю.

Ароматичний поліамід марки фенілон С1 (ТУ 6-05-221-101-71) являє собою дрібнодисперсний прес-порошок рожево-білого кольору з насипною щільністю  $0,2-0,4$  г/см<sup>3</sup> та основним розміром частинок  $40-60$  мкм. Фторполімер марки фторопласт-4 (ГОСТ 10007-80) являє собою прес-порошок біло-голубого кольору з насипною щільністю  $0,35-0,45$  г/см<sup>3</sup>. Фенольна смола на основі дифенілолсульфонформальдегідного олігомерного продукту (даний продукт синтезовано на кафедрі технології природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції ДВНЗ Українського державного хіміко-технологічного університету) являє собою прес-порошок рожевого кольору з основним розміром частинок  $20-50$  мкм.

В якості дрібнодисперсного наповнювача було вибрано аморфний діоксид кремнію – силікагель, який отримували осадженням з воднево-лужного розчину метасилікату натрію. Даний наповнювач має добре розвинену поверхню з середнім розміром частинок  $5-10$  мкм.

**Методи досліджень.** Рівномірність розподілення наповнювача в полімерній композиції оцінювали за рахунок знаходження коефіцієнта неоднорідності ( $V_C$ ) [11].

$$V_C = \frac{100}{H} \times \sqrt{\frac{[\sum_{i=1}^n (c_i - H)^2]}{n - 1}} \quad (1)$$

де  $c_i$  – вміст наповнювача у полімерній композиції, %;

$H$  – вміст наповнювача при ідеальному розподіленні, %;

$n$  – загальна кількість проб полімерної композиції.

При ідеальному розподілу вихідних компонентів полімерної композиції коефіцієнт  $V_C$  дорівнює нулю. Тобто чим менші значення коефіцієнту неоднорідності тим краще розподіл наповнювача у полімерній композиції [11,12].

Вміст неорганічного наповнювача у полімерній композиції визначали за допомогою термічного методу (термічного прожарювання), який дозволяє це зробити за рахунок видалення з полімерної композиції органічного компонента (полімеру) при дії визначеної температури. В результаті проведення термогравіметричного аналізу було встановлено, що вибрані нами полімерні матриці повністю (на 100%) розкладаються при температурах 800-950°C. Тому термічне прожарювання полімерних композицій проводили при температурі 1000°C. Неорганічний наповнювач силікагель при даній температурі не розкладається зберігаючи постійну масу до та після дослідження.

**Методи отримання полімерних композицій.** Полімерні композиції на основі ароматичного поліаміду, фторполімеру та фенольної смоли, наповнені дисперсним силікагелем отримували за допомогою механічного та фізико-хімічного (in situ) методів суміщення. Механічний метод суміщення вихідних компонентів полімерних композицій полягає у їх перемішуванні у змішувачі з механічною швидкохідною мішалкою. Фізико-хімічний (in situ) метод суміщення вихідних компонентів полімерних композицій полягає у їх отриманні на стадії синтезу наповнювача за рахунок введення дисперсного полімеру у реакційне середовище при синтезі силікагелю із водного розчину метасилікату натрію.

**Результати досліджень.** При механічному суміщенні вихідних компонентів полімерної композиції основний вплив на рівномірність їх розподілу надає ефективність перемішуючого пристрою (яка характеризує якість проведення процесу перемішування) та інтенсивність перемішування (визначається часом необхідним для якісного перемішування) [13].

До найбільш ефективних змішувачів для суміщенні досліджених дисперсних матеріалів відносяться апарати із швидкохідними механічними мішалками із складною формою лопатей [12]. Мішалки даного типу відрізняються високою ефективністю при перемішуванні дисперсних матеріалів розмірами 10-100 мкм за короткий термін часу.

Інтенсивність перемішування на механічних мішалках визначається часом перемішування, який є основним технологічним параметром при проведенні процесу суміщення вихідних компонентів полімерних композицій.

Оптимальний час перемішування досліджених полімерних композицій на даних мішалках визначався відповідно до значень їх коефіцієнтів неоднорідності. На рисунку 1 показані результати цих досліджень.

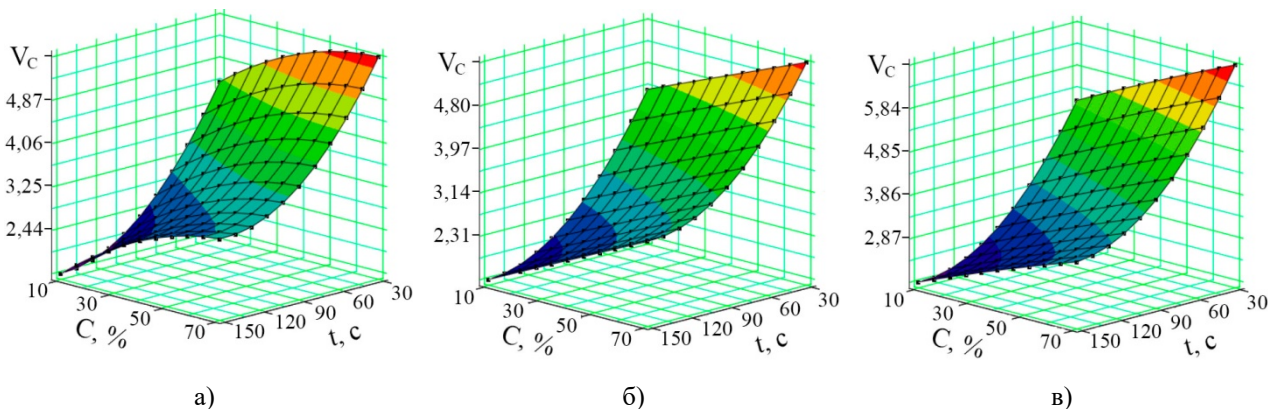


Рис. 1. Залежності коефіцієнта неоднорідності ( $V_c$ ) полімерних композицій, отриманих механічним суміщенням вихідних компонентів від часу перемішування ( $t$ ) та вмісту ( $C$ ) силікагелю у композиції на основі (а) ароматичного поліаміду, (б) фторопласту і (с) фенольної смоли

Виходячи із проведених досліджень можна побачити, що для всіх досліджених матеріалів із збільшенням часу перемішування з 0 до 150 секунд відбувається зменшення коефіцієнта неоднорідності, що свідчить про суттєве підвищення якості перемішування полімерних композицій. Слід відмітити, що для всіх досліджених композицій у початковий період часу з 0 до 90 секунд відбувається різке зменшення коефіцієнту неоднорідності, що свідчить про високу інтенсивність процесу перемішування в цей період. В заключний період часу з 90 по 150 секунд, спостерігається його стабілізація, що свідчить про досягнення максимально можливої якості перемішування досліджених полімерних композицій на використаній лабораторній мішалці. Подальше збільшення часу перемішування (більше 150 секунд) не буде надавати суттєвий вплив на значення коефіцієнту неоднорідності, тобто продовження процесу перемішування довше ніж визначений час не дозволяє значно покращити якість розподілення наповнювачів у полімерах і не є недоцільним.

Слід відмітити, що для всіх досліджених полімерних композицій спостерігається досить висока якість перемішування. Так при концентраціях наповнювача до 40% для полімерних композицій на основі ароматичного поліаміду, фторопласту та фенольної смоли коефіцієнт неоднорідності складає від 2 до 4,5, що відповідає добрій якості змішування. При підвищенні вмісту наповнювача до 80% коефіцієнт неоднорідності для всіх полімерних композицій збільшується до 5-6.

Відповідно до проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимальний час змішування для отримання полімерних композицій на основі ароматичного поліаміду, фторопласту та фенольної смоли з силікагелем в залежності від вмісту наповнювача у полімері складає від 90 до 150 секунд. При менших значеннях часу перемішування якість розподілення наповнювача у полімері не є високою, а при більших значеннях часу перемішування вона практично не зростає, що свідчить про досягнення максимально можливої якості перемішування компонентів досліджених полімерних композицій на використаній лабораторній мішалці.

По результатах досліджень були отримані математичні залежності [14], які описують вплив часу перемішування та концентрації наповнювача у полімерній композиції на основі ароматичного поліаміду (1), фторопласту (2) та фенольної смоли (3) на коефіцієнт неоднорідності полімерних композицій.

$$V_C = 1,988 \times 10^{-4} \cdot t^2 - 3,172 \times 10^{-4} \cdot C^2 + 2,564 \times 10^{-5} \cdot t \cdot C - 0,06 \cdot t + 0,045 \cdot C + 5,631 \quad (1)$$

$$V_C = 1,896 \times 10^{-4} \cdot t^2 - 2,589 \times 10^{-6} \cdot C^2 + 2,95 \times 10^{-5} \cdot t \cdot C - 0,058 \cdot t + 0,021 \cdot C + 5,683 \quad (2)$$

$$V_C = 2,303 \times 10^{-4} \cdot t^2 - 4,112 \times 10^{-5} \cdot C^2 - 4,86 \times 10^{-5} \cdot t \cdot C - 0,068 \cdot t + 0,034 \cdot C + 6,586 \quad (3)$$

Отримані формули значно спрощують процес вибору оптимального часу перемішування досліджених полімерних композицій відповідно до значень їх коефіцієнтів неоднорідності.

При фізико-хімічному (*in situ*) суміщенні вихідних компонентів полімерних композицій виключається операція їх механічного перемішування [15]. І тому якість їх розподілення не залежить від часу перемішування і визначається фізико-хімічними процесами, які проходять при суміщенні вихідних компонентів композицій. Розраховується вона також відповідно до

значень коефіцієнта неоднорідності полімерної композиції. Результати експериментальних досліджень по знаходженню коефіцієнтів неоднорідності полімерних композицій в залежності від вмісту наповнювача представлені на рисунку 2.

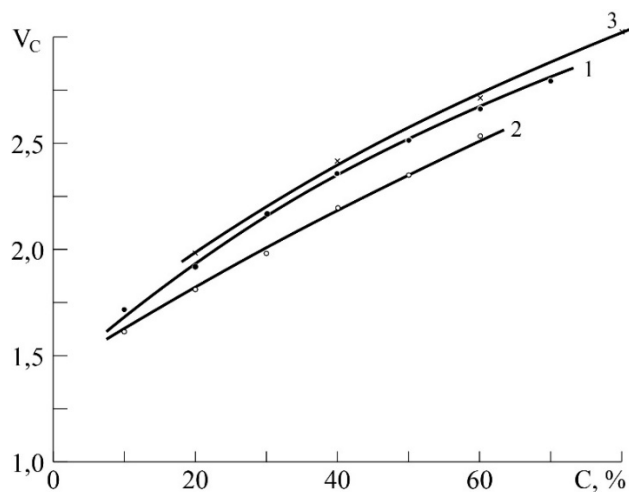
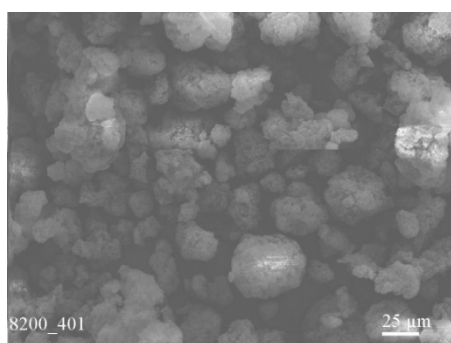


Рис. 2. Залежності коефіцієнта неоднорідності ( $V_c$ ) полімерних композицій, отриманих фізико-хімічним (*in situ*) суміщенням вихідних компонентів від вмісту ( $C$ ) силікагелю у композиції на основі (1) ароматичного поліаміду, (2) фторопласту і (3) фенольної смоли

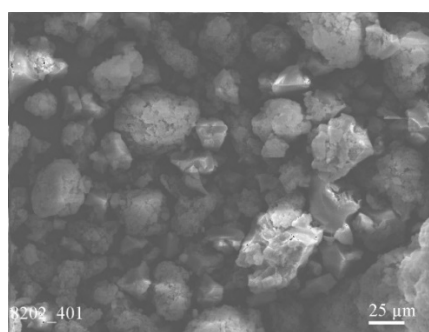
Відповідно до отриманих залежностей встановлено, що із збільшенням вмісту наповнювача коефіцієнт неоднорідності полімерних композицій збільшується. Причому його значення не перевищують 3,0. Це значення відповідає добрій якості змішування вихідних компонентів полімерних композицій.

При порівнянні коефіцієнтів неоднорідності полімерних композицій, які отримані за допомогою механічного та фізико-хімічного суміщення встановлено, що останні мають у 1,5-2 рази менші значення цього параметру. Це є свідченням більш якісного розподілення вихідних компонентів полімерних композицій.

Відповідно до отриманих результатів можна зробити висновок, що використання як механічного так і фізико-хімічного методу суміщення вихідних компонентів досліджених полімерних композицій дозволяють отримувати досить високу якість розподілення наповнювача у полімерних композиціях. Це додатково підтверджується їх мікрометричними знімками (рисунком 3).



а)



б)

Рис. 3. Мікрометричні знімки (а) вихідного ароматичного поліаміду та (б) полімерної композиції на основі ароматичного поліаміду і силікагелю, отриманою за фізико-хімічним методом (*in situ*) суміщення

Виходячи з мікрометричних знімків можна зробити висновок про високу рівномірність розподілення наповнювача у полімерних композиціях, що дозволяє використовувати методи механічного та фізико-хімічного (in situ) суміщення їх вихідних компонентів для створення полімерних композицій на основі термостійких полімерів.

**Висновок.** В результаті проведення досліджень виявлено вплив методів суміщення ароматичного поліаміду, фторопласту, фенольної смоли із силікагелем на якість їх розподілення у полімерній композиції. Для механічного методу суміщення встановлено оптимальний час (від 90 до 150 секунд в залежності від складу композицій), необхідний для отримання якісної суміші полімеру і наповнювача та виведені математичні залежності, які описують вплив часу перемішування та концентрації наповнювача на коефіцієнт неоднорідності полімерної композиції. Встановлено, що якість розподілення вихідних компонентів у досліджених полімерних композиціях отриманих фізико-хімічним (in situ) методом суміщення у 1,5-2 рази краща ніж механічним.

### Література

1. Potapov A. M. Development and prospects of the application of syntactic foam plastics as heat-shielding materials in space-rocket technologies / A. M. Potapov, A. N. Simbirkina, O. V. Chervakov, V.M. Kisel // *Materials Science*. – 2016. – № 52 (1). – С. 1-8. DOI: 10.1007/s11003-016-9919-z
2. Кабат О. С. Полімерні композиційні матеріали для вузлів тертя космічної та авіаційної техніки / О. С. Кабат, В. І. Ситар, Д. В. Єрмаченко, С. О. Давидов, К. В. Геті // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: збірник наукових праць Дніпровського національного університету ім. О. Гончара. – 2017. – № 23. – С. 40-48.
3. Chiechi R.C. Modern plastic solar cells: materials, mechanisms and modeling / R.C. Chiechi, R.W.A. Havenith, J. C. Hummelen and oth. // *Materials Today*. – 2013. – № 16. – С. 281-289. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.07.003>
4. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – СПб.: Профессия, 2006. – 624 с.
5. Бюллер К.-У. Тепло- и термостойкие полимеры. – М.: Химия, 1984. - 1056 с.
6. Kabat, O. Antifrictional polymer composites based on aromatic polyamide and carbon black / O. Kabat, V. Sytar, K. Sukhyu // *Chemistry & chemical technology*. – 2018. – № 12 (3). – С. 326-330. <https://doi.org/10.23939/chcht12.03.326>
7. Kabat O.S. Polymer composite materials with a high level of thermal stability based on phenolic resins and disperse silica fillers / O.S. Kabat, Y.M. Kobelchuk, D.O. Chervakov, O.V. Chervakov //

### References

1. Potapov, A. M., Simbirkina, A. N., Chervakov, O. V., Kisel, V.M. (2016). Development and prospects of the application of syntactic foam plastics as heat-shielding materials in space-rocket technologies. *Materials Science*, 52, 1, 1-8 [in English]. DOI: 10.1007/s11003-016-9919-z
2. Kabat, O. S. Sytar, V. I. Yermachenok, D. V. Davydov, S. O. Heti K. V. (2017). Polimerni kompozitsiini materialy dlia vuzliv tertia kosmichnoi ta aviatsiinoi tekhniki [Polymer composites for friction units of space and aviation technology]. Systemne proektuvannia ta analiz kharakterystyk aerokosmichnoi tekhniki: zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho natsionalnogo universytetu im. O. Honchara. – System design and analysis of aerospace engineering characteristics: a collection of scientific works of Oles Honchar Dnipro National University, 23, 40-48 [in Ukrainian].
3. Chiechi, R.C. Havenith, R.W.A. Hummelen J. C. and oth. (2013). Modern plastic solar cells: materials, mechanisms and modeling. *Materials Today*, 16, 281-289 [in English]. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.07.003>
4. Mykhailyn, Yu. A. (2006). Termoustoychivyye polimery i polimernyye materialy [Heat Resistant Polymers and Polymer Materials]. SpB [in Russian].
5. Byuller K.-U. (1984). Teplo- i termostoykie polimery [Heat and heat resistant polymers]. M [in Russian].
6. Kabat, O., Sytar, V., Sukhyu, K. (2018). Antifrictional polymer composites based on aromatic polyamide and carbon black. *Chemistry & chemical technology*, 12, 3, 326-330 [in English]. <https://doi.org/10.23939/chcht12.03.326>
7. Kabat, O.S., Kobelchuk, Y.M., Chervakov, D.O., Chervakov, O.V. (2018). Polymer composite materials with a high level of thermal stability based on phenolic

- Наука, Технології, Інновації. – 2018. – № 2 (6). – С. 48-53.
8. Айлер Р. Химия кремнезема. – М.: Мир, 1982. – 1127 с.
9. Kabat O.S. Fillers on the silica base for polymer composites of constructional purpose / O. S. Kabat, K. V. Heti., I. L. Kovalenko, A. M. Dudka // Journal of chemistry and technologies. – 2019. – № 27 (2). – С. 247-254. <https://doi.org/10.15421/08192702>
10. Jeelani, P. Gh. Multifaceted application of silica nanoparticles. A review / P. Gh. Jeelani, P. Mulay, R. Venkat, C. Ramalingam // Silicon. – 2019. – № 12. – P. 1–18. DOI: 10.1007/s12633-019-00229-y
11. Богданов В.В. Методы исследования технологических свойств пластмасс. – Л.: Из-во Ленинградского ун-та, 1978. – 176 с.
12. Рябинин Д.Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
13. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
14. Ситар В.І. Побудова елементів САПР при моделюванні та проектуванні обладнання хімічної промисловості за допомогою пакета Mathcad / В.І. Ситар, М.В. Бурмістр, І.М. Кузяев. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2004. – 317 с.
15. Кабат О.С. Полимерные композиционные материалы на основе фторопласта и метод их получения / О.С. Кабат, Б.Г. Харченко, А.Д. Деркач, В.В. Артемчук, В.Г. Бабенко // Вопросы химии и химической технологии. – 2019. – № 3. – С. 116-122. <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2019-124-3-116-122>
- resins and disperse silica fillers. *Наука, Технології, Інновації*, 2, 6, 48-53 [in English].
8. Ayler R (1982). *Himiya kremnezema [Silica Chemistry]*. M [in Russian].
9. Kabat, O. S., Heti., K. V., Kovalenko, I. L., Dudka, A. M. (2019). Fillers on the silica base for polymer composites of constructional purpose. *Journal of chemistry and technologies*, 27, 2, 247-254 [in English]. <https://doi.org/10.15421/08192702>
10. Jeelani, P. Gh., Mulay, P., Venkat, R., Ramalingam, C. (2019). Multifaceted application of silica nanoparticles. A review. *Silicon*, 12, 1-18 [in English]. DOI: 10.1007/s12633-019-00229-y
11. Bogdanov V.V. (1978). *Metodyi issledovaniya tehnologicheskikh svoystv plastmass [Research methods for the technological properties of plastics]*. L [in Russian].
12. Ryabinin D.D., Lukach Yu.E. (1972). *Smesitelnyie mashinyi dlya plastmass i rezinovyih smesey [Mixing machines for plastics and rubber compounds]*. M [in Russian].
13. Strenk F. (1975). *Peremeshivanie i apparaty s meshalkami [Mixing and stirrers]*. L [in Russian].
14. Sitar V.I., Burmistr M.V., Kuzyaev I.M. (2004). *Pobudova elementiv SAPR pry modeliuvanni ta proektuvanni obladnannia khimichnoi promyslovosti za dopomohoiu paketa Mathcad [Construction of CAD elements in modeling and designing of chemical industry equipment using Mathcad package]*. D [in Ukrainian].
15. Kabat, O.S., Harchenko, B.G., Derkach, A.D., Artemchuk, V.V., Babenko, V.G. (2019). *Polimernye kompozitsionnyie materialyi na osnove fluoroplasta i metod ih polucheniya [Polymeric composite materials based on fluoroplast and method for their preparation]*. *Voprosyi himii i himicheskoy tehnologii – Issues of chemistry and chemical technology*, 3, 116-122 <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2019-124-3-116-122> [in Russian].

**KABAT OLEG**

e-mail: [Amber\\_UDHTU@i.ua](mailto:Amber_UDHTU@i.ua)

Scopus Author ID: 6505641073

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7995-5333>

Department of Innovation Engineering of the  
Ukrainian State University of Chemical Technology

**BABENKO VASIL**

Google Scholar: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=UJem2cwAAAAJ&hl=uk>

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=UJem2cwAAAAJ&hl=uk>

Department of materials science of the  
Ukrainian State University of Chemical Technology

**KARPENKO VERONIKA**

e-mail: [dk2000792@gmail.com](mailto:dk2000792@gmail.com)

Google Scholar: <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=9nwaIg8AAAAJ>

Department of materials science of the  
Ukrainian State University of Chemical Technology

**ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ НА КАЧЕСТВО СОВМЕЩЕНИЯ ИХ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

**КАБАТ О. С., КАРПЕНКО В. А., БАБЕНКО В. Г.**

ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет

**Цель.** Исследовать влияние методов получения полимерных композиций на основе термостойких полимеров (ароматический полиамид, фторполимер и фенольная смола) и дисперсного диоксида кремния на качество их совмещения.

**Методика.** В работе были проведены исследования по нахождению качества совмещения исходных компонентов полимерных композиций в зависимости от метода их получения. Оценивание этого параметра проводили по равномерности распределения наполнителя в полимерной композиции при помощи термического метода и микроскопии. Полученные данные были обработаны методами математической статистики и представлены в виде графических и математических зависимостей.

**Результаты.** Для исследованных полимерных композиций, полученных методом механического совмещения подобрано оптимальное время перемешивания исходных компонентов в зависимости от содержания полимера и наполнителя. По результатам исследований получены математические зависимости, которые описывают влияние содержания исходных компонентов полимерной композиции на время их перемешивания. Для исследованных композиций, полученных физико-химическим (*in situ*) методом определено качество совмещения их исходных компонентов в зависимости от содержания в смеси.

**Научная новизна.** Установлены закономерности влияния метода получения полимерных композиций на основе термостойких полимеров на качество совмещения их исходных компонентов.

**Практическая значимость.** Найдены оптимальные технологические параметры совмещения и установлен оптимальный метод совмещения исходных компонентов полимерных композиций на основе термостойких полимеров (ароматический полиамид, фторопласт, фенольная смола) для изготовления деталей машин и механизмов, работающих при высоком уровне нагрузок, скоростей скольжения и температур.

**Ключевые слова:** термостойкий полимер, силикагель, метод совмещения, качество распределения, коэффициент неоднородности.

## INFLUENCE OF METHODS OBTAINING POLYMER COMPOSITIONS BASED ON THERMOSTABLE POLYMERS ON QUALITY COMPOUNDING THEIR INITIAL COMPONENTS

KABAT O., KARPENKO V., BABENKO V.

Ukrainian State University of Chemical Technology

**Purpose.** Investigation influence of methods obtaining polymer compositions based on thermostable polymers (aromatic polyamide, fluoropolymer and phenoplast) and dispersed silica on quality of their compound.

**Methodology.** It had been investigated quality of compound of initial components of polymer compositions based on thermostable polymers according to methods of obtaining it. This parameter had been estimate by uniform distributions of fillers in polymer compositions with help thermal method and microscopy. Investigation data's had been process with help of methods of mathematical statistics. They are represented in the form of graphical and mathematical dependencies.

**Findings.** It had been founded optimal time of mixing initial components of polymer compositions made by mechanical methods of compounding. It had been established that mixing time depend on concentration of dispersed filler in polymers. Based of result of investigations had been obtained mathematical dependences, that describe influence of concentration of initial components in polymer compositions on their mixing time. It had been founded quality of distribution of initial component of compositions made by physicochemical (*in situ*) method. It had been established influence of concentration of initial components in polymer compositions on quality of their distribution.

**Originality.** It had been established regularity of dependence of methods of obtaining polymer composition based on thermostable polymers on quality of compound their initial components.

**Practical value.** It had been founded optimal technological parameters of compound the initial components of thermostable polymer compositions. And it had been founded optimal methods of their obtaining.

**Keywords:** thermostable polymers, silica gel, compounding methods, distribution quality, heterogeneity coefficient.