

ОПТИМИЗАЦИЯ ОГНЕСТОЙКИХ И ТЕРМОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ВСПЕНИВАЕМЫХ КОМПОЗИТОВ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В. В. Богданова¹, О. И. Кобец², А. С. Платонов³, А. Б. Перевозникова⁴

Аннотация: С помощью метода математического планирования эксперимента оптимизирована рецептура вспенивающегося полимерного композиционного материала на основе этилен-винилацетатного термопластичного связующего. Для определения зависимости характеристик горючести (максимального приращения температуры и потери массы) композита от содержания компонентов в составе его газоккоксообразующей системы (ГКС) применяли регрессионную модель полного факторного эксперимента (ПФЭ) с использованием доработанной матрицы ортогонального центрально-композиционного плана (ОЦКП) двухфакторной модели эксперимента 2-го порядка. Корректировкой соотношения компонентов ГКС, состоящей из аммонийного фосфата, амина и карбонатного минерала, получен трудногорючий материал с улучшенной термоизолирующей способностью. Для исследуемой композиции установлено, что одним из факторов, обуславливающих снижение горючести и повышение предела огнестойкости (до 104 мин), является образование вспененной механически прочной коксообразной структуры, устойчивой в широком температурном интервале (300–800 °С).

Ключевые слова: термовспенивающийся полимерный композиционный материал; газоккоксообразующая система; математическое планирование эксперимента; горючесть; вспенивающая способность; предел огнестойкости

DOI: 10.30826/CE23160306

EDN: XKWFRE

Литература

1. *Собурь С. В.* Огнезащита материалов и конструкций // М: Пожкнига, 2008. 200 с.
2. *Косачев А. А., Колчев Б. Б.* Применение противопожарных муфт // СтройПРОФИ, 2014. № 1(18). С. 50–55.
3. *Ненахов С. А., Пименова В. П.* Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Обзор литературы // Пожаро-взрывобезопасность, 2010. Т. 19. № 8. С. 11–58.
4. *Халтуринский Н. А., Рудакова Т. А.* О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий // Известия ЮФУ. Технические науки, 2013. № 8. С. 220–227.
5. *Salmeia K. A., Fage J., Liang S., Gaan S.* An overview of mode of action and analytical methods for evaluation of gas phase activities of flame retardants // Polymers — Basel, 2015. Vol. 7(3). P. 504–526. doi: 10.3390/polym7030504.
6. *Alongia J., Hanb Z., Bourbigot S.* Intumescence: Tradition versus novelty. A comprehensive review // Prog. Polym. Sci., 2015. Vol. 51. P. 28–73. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2015.04.010.
7. *Каблов В. Ф., Новопольцева О. М., Кочетков В. Г., Лапина А. Г.* Основные способы и механизмы повышения огнетеплозащитной стойкости материалов // Известия Волгоградского технического университета, 2016. № 4. С. 46–60.
8. *Puri R. G., Khanna A. S.* Intumescent coatings: A review on recent progress // J. Coat. Technol. Res., 2017. Vol. 14. No. 1. P. 1–20. doi: 10.1007/s11998-016-9815-3.
9. *Rabe S., Chuenban Yu., Scharfel B.* Exploring the modes of action of phosphorus-based flame retardants in polymeric systems // Materials, 2017. No. 10. P. 455. doi: 10.3390/ma10050455.
10. *Kang J., Takahashi F., T'ien J. S.* In situ thermal-conductivity measurements and morphological characterization of intumescent coatings for fire protection // J. Fire Sci., 2018. Vol. 36. No. 1. P. 1–19. doi: 10.1177/0734904118794955.
11. *Богданова В. В., Арестович Д. Н., Курлица В. П.* Исследование основных рецептурных факторов, ока-

¹ Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), bogdanova@bsu.by

² Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), kobetsoi@mail.ru

³ Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», alexpltn@mail.ru

⁴ Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка», a.b.perevoznikova@gmail.com

- зывают доминирующее влияние на термоизолирующую способность и атмосферостойкость огнезащитных покрытий // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук*, 2017. № 4. С. 24–31.
12. *Богданова В. В., Кобец О. И.* Огне-термозащитные свойства термовспениваемых композитов на основе полиолефинов в зависимости от природы и содержания наполнителей // *Полимерные материалы и технологии*, 2018. Т. 4. № 4. С. 64–71. doi: 10.32864/polymmattech-2018-4-4-64-71.
 13. *Богданова В. В., Кобец О. И.* Исследование влияния термических превращений компонентов вспениваемых композиций на их огнетермозащитные свойства // *Горение и взрыв*, 2020. Т. 13. № 4. С. 108–115. doi: 10.30826/CE20130411.
 14. *Гаращенко А. Н., Рудзинский В. П., Каледин В. О.* Обеспечение требуемых показателей пожаробезопасности конструкций из полимерных материалов с помощью огнезащиты // *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2013. № 8. С. 143–149.
 15. *Рудзинский В. П., Гаращенко А. Н., Гаращенко Н. А.* Теплотехнические расчеты двумерных температурных полей в конструкциях из полимерных композитов со вспучивающимся огнезащитным покрытием // *Пожаровзрывобезопасность*, 2013. Т. 22. № 8. С. 42–47.
 16. *Гаращенко А. Н., Берлин А. А., Кульков А. А.* Способы и средства обеспечения требуемых показателей пожаробезопасности конструкций из полимерных композитов (обзор) // *Пожаровзрывобезопасность*, 2019. Т. 28. № 2. С. 9–30. doi: 10.18322/pvb/2019.28.02.9-30.
 17. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. — М.: Изд-во стандартов, 1989. 99 с.
 18. ГОСТ Р 53306-2009. Узлы пересечения ограждающих строительных конструкций трубопроводами из полимерных материалов. Метод испытаний на огнестойкость. — М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.
 19. *Володарский Е. Т., Малиновский Б. Н., Туз Ю. М.* Планирование и организация измерительного эксперимента. — Киев: Вища школа, 1987. 280 с.
 20. *Кононюк А. Е.* Основы научных исследований (общая теория эксперимента). — Киев: КТН, 2011. Кн. 2. 452 с.
 21. ГОСТ 11.002-73. Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. — М.: Издательство стандартов, 1976. 24 с.

Поступила в редакцию 01.03.2023