

**БУДІВНИЦТВО**

УДК 678.652;.66.022.32

**В. В. Унковська<sup>1</sup>**  
**Т. Е. Римар<sup>1</sup>****ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНОГО  
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІОНОГО МАТЕРІАЛУ З  
ВИКОРИСТАННЯМ МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ**<sup>1</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

*Досліджено властивості блокових теплоізоляційних матеріалів, виготовлених на основі карбамідоформальдегідного зв'язуючого і гранульованого наповнювача на основі рідкого скла, отриманих хімічним спінуванням з використанням різних мінеральних наповнювачів. Вивчено вплив наповнювачів на щільність, межу міцності при стиску і при згині і на структуру блоків.*

**Ключові слова:** карбамідоформальдегідна смола, мінеральний наповнювач, гранульований наповнювач, спінування, затвердіння, щільність, міцнісні характеристики, структура.

**Вступ**

До найважливіших науково-технічних проблем сучасності відноситься створення нових і вдосконалення традиційних будівельних матеріалів. Певною мірою це стосується і технології різноманітних теплоізоляційних матеріалів. Особливо це актуально для їх застосування у цивільному і промисловому будівництві і реконструкції наявного житлового фонду [1]. Пінопласти на основі карбамідних олігомерів — одні з перших теплоізоляційних матеріалів, які знайшли широке застосування як теплоізоляційний матеріал. Теплоізоляційні матеріали на основі спіненіх карбамідоформальдегідних смол мають низку переваг перед іншими спіненими полімерними матеріалами. Вони не горючі, для їх виробництва можна використовувати дешевшу сировину, технологія спінування проста у виконанні і не вимагає вартісного обладнання. Заливання пінопласту може проводитися в форми в умовах цеху, а також в технологічні порожнини кладки стін будівель на місці будівництва [2].

Разом з тим, сучасним карбамідним пінопластам властиві такі недоліки: низька механічна міцність, високе водопоглинання і значні усадкові деформації, що виникають в процесі затвердіння і сушки. Для усунення цих недоліків пропонується вводити в карбамідоформальдегідну композицію гранульований наповнювач, виготовлений на основі рідкого скла і мінеральних добавок, що дозволяє отримати міцні і безумовні теплоізоляційні матеріали з низькими показниками щільності. Для отримання гранул використовується метод рідинної грануляції [3]. Блоки отримують шляхом змішування гранульованого наповнювача з компонентами зв'язуючого, яке складається з карбамідоформальдегідної смоли (КФС), газоутворювального агента, поверхнево-активної речовини, мінерального наповнювача і отверджувача на основі ортофосфорної кислоти та етиленгліколю і заливання його в певні форми, в яких відбувається спінення, затвердіння і сушка теплоізоляційного матеріалу за температури навколишнього середовища. Введенням мінеральних наповнювачів вирішуються матеріалознавчі, технологічні і техніко-економічні завдання. До найважливіших з них відносяться: підвищення властивостей міцності, регулювання термодформаційних характеристик, надання декоративних властивостей, зниження вартості використання дешевих різновидів наповнювачів [4], [5]. Як наповнювачі обрані в'язучі речовини — алебастр і цемент, які з додаванням води (яка міститься в КФС) зв'язують її надлишкову кількість в своїй кристалічній решітці, що дозволяє покращити міцнісні властивості теплоізоляційного матеріалу [6], [7], зменшити усадкові

деформації під час сушки піноматеріалу, що запобігає його розтріскуванню та для стабілізації піни за рахунок підвищення в'язкості композиції. Важливо також, що вибрані наповнювачі є екологічно чистими та вогнестійкими компонентами.

*Метою роботи є дослідження властивостей та структури теплоізоляційних матеріалів, виготовлених на основі рідкоскляного гранульованого наповнювача і карбамідоформальдегідного зв'язуючого, яке спінюється хімічним шляхом, в залежності від виду мінерального наповнювача.*

*Об'єктом дослідження виступають карбамідоформальдегідні композиції для отримання блокових теплоізоляційних матеріалів, які спінюються хімічним шляхом.*

*Предмет дослідження — властивості та структура блокових теплоізоляційних матеріалів на основі карбамідоформальдегідної смоли з різними мінеральними наповнювачами.*

*Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше випробувано введення гранульованого наповнювача на основі рідкого скла у карбамідоформальдегідні композиції, які спінюються хімічним шляхом та підібрані мінеральні наповнювачі, які дозволяють стабілізувати піну до моменту її затвердіння.*

## Результати дослідження

Нижче наведені графіки, які дозволяють дослідити вплив мінерального наповнювача на властивості та структуру блокового теплоізоляційного матеріалу.

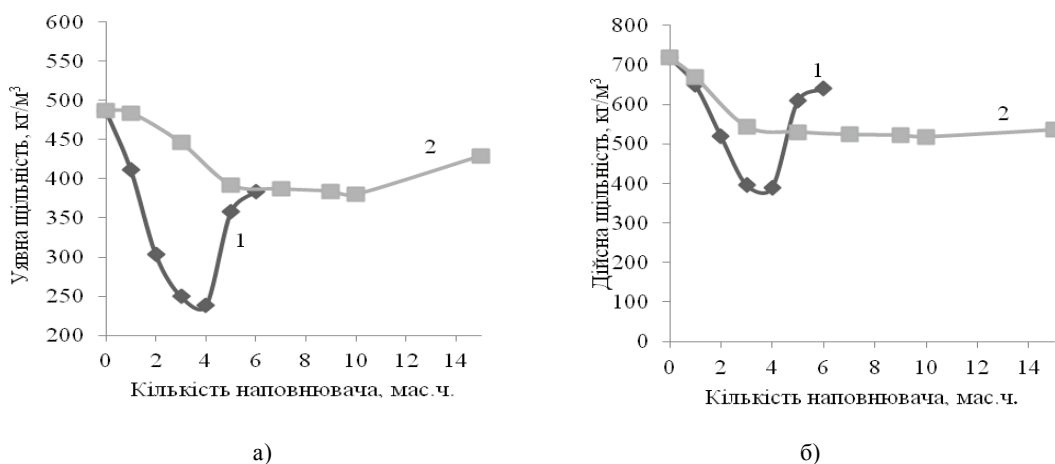


Рис. 1. Вплив виду та кількості наповнювача на щільність теплоізоляційного матеріалу:  
а — уявну; б — дійсну; 1 — алебастр; 2 — цемент

З рис. 1 випливає, що зразки без додавання наповнювача мають високу щільність ( $487 \text{ кг/м}^3$ ), що характеризується дуже швидким підняттям піни, яка в подальшому осідає, тому що композиція має низьку в'язкість і не стабілізується до моменту затвердіння. Введення наповнювача дозволяє знизити щільність за рахунок підвищення в'язкості композиції і її стабілізації. Найменша щільність спостерігається у разі використання алебастру в кількості 4 мас. ч. і становить  $238 \text{ кг/м}^3$ . Зі збільшенням кількості алебастру до 6 мас. ч. зв'язуюче має високу в'язкість, що призводить до збільшення щільності — на графіку утворюється точка екстремуму. Таке збільшення щільності пояснюється тим, що швидкість затвердіння вище швидкості утворення пор, що призводить до фіксації низькократної піни та виникнення внутрішніх напружень, і як наслідок — до утворення тріщин. У разі використання цементу найменша щільність спостерігається за 10 мас. ч. і становить  $380 \text{ кг/м}^3$ . Подальше збільшення кількості цементу призводить до збільшення щільності. Це пояснюється тим, що така кількість цементу приводить до активної взаємодії його з водою, яка міститься в карбамідоформальдегідній смолі з утворенням камнеподібного тіла, внаслідок чого знижується кратність спінювання.

Щільність піноматеріалу безпосередньо впливає на такі важливі характеристики теплоізоляційних будівельних матеріалів як коефіцієнт теплопровідності та температуропровідність. Чим нижче щільність та більше пористість матеріалу, тим менше його коефіцієнт теплопровідності та температуропровідність. Так, наприклад, за щільності  $238 \text{ кг/м}^3$ , що відповідає 4 мас. ч. алебастру, ці показники складають: коефіцієнт теплопровідності —  $0,055 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ , температуропровідність —  $0,08 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ , а для матеріалу з 10 мас. ч. цементу, щільність якого  $380 \text{ кг/м}^3$ , вони дорівнюють, відповідно,  $0,067 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  та  $0,085 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ .

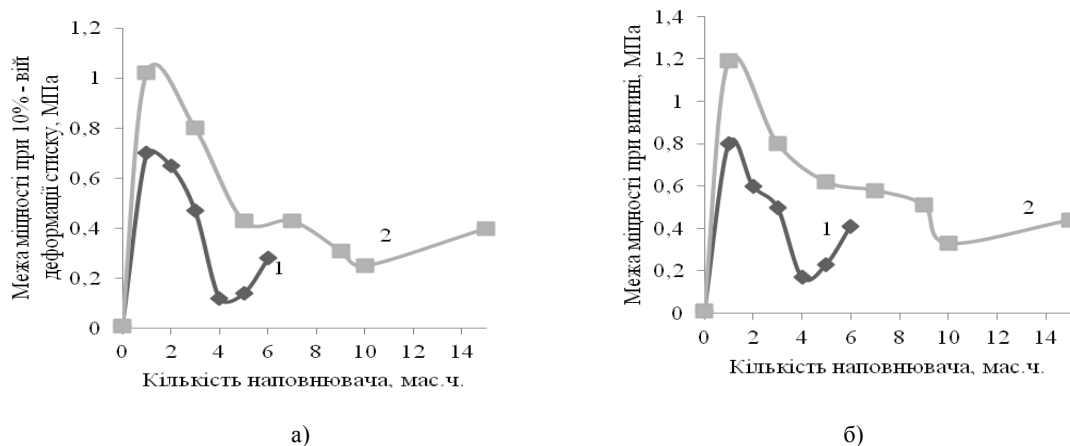


Рис. 2. Вплив виду та кількості наповнювача на міцність теплоізоляційного матеріалу:  
а — у разі стиску; б — у разі вигину; 1 — алебастр; 2 — цемент

Згідно з рис. 2 найбільшою межею міцності при стиску і при згині, а саме 1,02 МПа та 1,19 МПа з використанням цементу і 0,7 МПа та 0,8 МПа, відповідно, з алебастром, характеризується матеріал, для виготовлення якого використовувався наповнювач в кількості 1 мас. ч. Але такі високі показники досягаються тільки через малу пористість зразків. За подальшого збільшення кількості наповнювача показники межі міцності блоків будуть дещо знижуватися через зниження щільності піноматеріалу. Відбувається це тому, що за рахунок підвищення в'язкості композиції вона рівномірно спінюється без осідання піни, і, як наслідок, збільшується пористість зразків. З введенням алебастру понад 4 мас. ч. і цементу понад 10 мас. ч. показники міцності підвищуються, але відбувається це внаслідок передчасного затвердіння зразків і зменшення їх пористості.

З рисунків випливає, що для виготовлення теплоізоляційних матеріалів як наповнювач доцільніше вибрати алебастр, тому що такі блоки мають меншу щільність, більшу міцність як при стиску, так і при згині, і одноріднішу дрібнопористу структуру.

На рис. 3 показані фото макроструктури піноматеріалу в залежності від кількості наповнювача — алебастру.

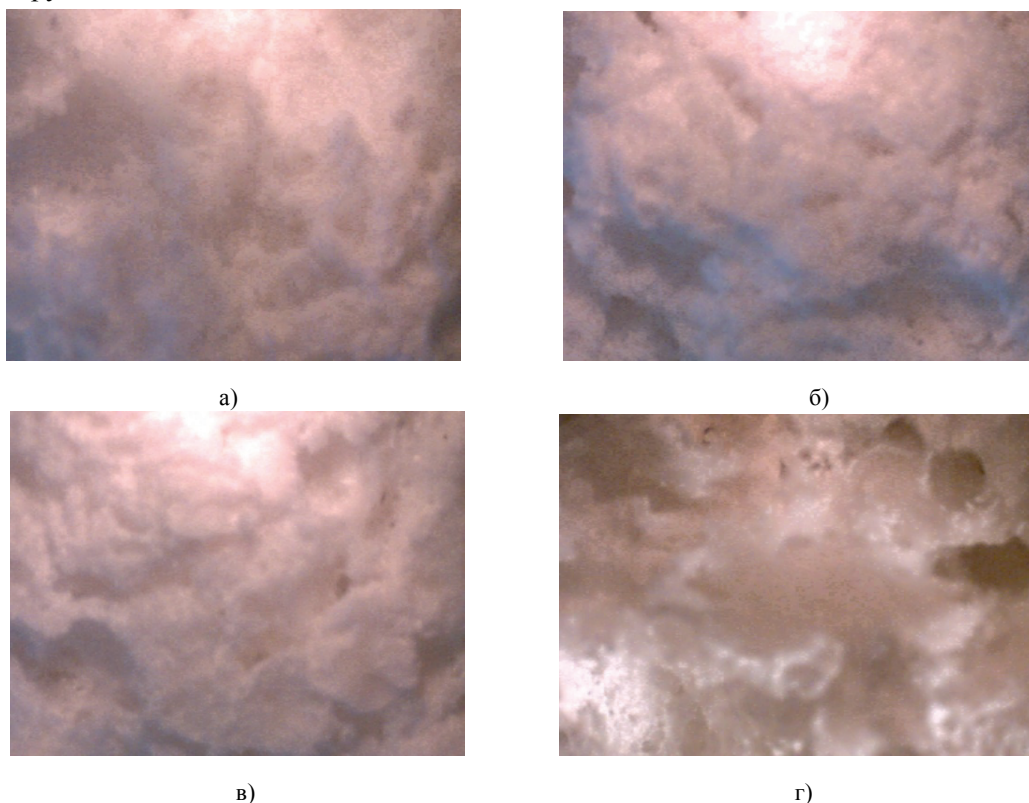


Рис. 3. Макроструктура піноматеріалу з різною кількістю алебастру ( $\times 60$ ):  
а — 0 мас. ч.; б — 1 мас. ч.; в — 2 мас. ч.; г — 3 мас. ч.



д)



е)

Продовження рис. 3. Макроструктура піноматеріалу з різною кількістю алебастру ( $\times 60$ ): д — 4 мас. ч.; е — 6 мас. ч.

З рис. 3 випливає, що кількість наповнювача 1 та 2 мас. ч. є недостатньою, тому що матеріал має дуже маленьку кількість пор і, як наслідок, характеризується високою уявною та дійсною щільністю, яка становить, відповідно,  $411 \text{ кг/м}^3$  та  $650 \text{ кг/м}^3$  для 1 мас. ч. та  $303 \text{ кг/м}^3$  та  $520 \text{ кг/м}^3$  для 2 мас. ч. З введенням алебастру в кількості 4...6 мас. ч. зменшується пористість зразків за рахунок великої в'язкості системи, внаслідок чого піна не встигає повністю піднятися. Оптимальна кількість наповнювача — це 3 мас. ч. Така кількість наповнювача забезпечує необхідну в'язкість полімерній композиції для придбання матеріалом рівномірної дрібнопористої структури в поєднанні з низькою уявною та дійсною щільністю, які становлять, відповідно,  $250 \text{ кг/м}^3$  та  $396 \text{ кг/м}^3$ , що позитивним чином позначається на теплоізоляційних характеристиках піноматеріалу. За такої щільності коефіцієнт теплопровідності дорівнює  $0,057 \text{ Вт/(м} \cdot \text{}^\circ\text{C)}$ . Межа міцності при стиску та при згині таких матеріалів становить, відповідно,  $0,47 \text{ МПа}$  та  $0,5 \text{ МПа}$ .

### Висновки

Введення в композицію мінерального наповнювача дозволяє отримати достатньо міцні і безусадкові піноматеріали з низькими показниками щільності та однорідною дрібнопористою структурою. Під час досліджень властивостей та структури теплоізоляційних матеріалів, встановлено, що найкращим мінеральним наповнювачем є алебастр. Зразки, отримані з його використанням, відрізняються підвищеною пористістю, що позитивним чином позначається на теплоізоляційних характеристиках піноматеріалу, і досить високими показниками міцності, що дозволяє транспортувати отриманий матеріал без значних пошкоджень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. Н. Пшинько, Н. В. Савицкий, С. А. Корецкая, и А. А. Гончаренко, «Решение вопросов энерго- и ресурсосбережения путем организации производства и технологии получения теплоизоляционного материала». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/2381/1/36.pdf>.
- [2] Е. А. Новиковский, «Оптимизация технологии вспенивания карбамидоформальдегидных смол». Деп. в Ползуновский Альманах, г. Барнаул, № 2, с. 3, 2009.
- [3] Е. Ю. Крючкова, и Т. Э. Рымар, «Исследование свойств гранулированного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и различных наполнителей», *Вісник Національного Технічного Університету «ХПИ»*, № 30, с. 59-65, 2015.
- [4] В. М. Четвериков, Д. Д. Смирнов, А. Е. Абрамешин, и А. С. Гузенкова «Зависимость диэлектрической проницаемости композита от концентрации и способа введения проводящего наполнителя», *Качество. Инновации. Образование*, № 12 (103), с. 63-67, 2013.
- [5] Т. Н. Филатова, и Т. Н. Гиренко «Повышение физико-механических свойств полимерных материалов путем введения нанодисперсных наполнителей», *Вопросы радиоэлектроники*, № 4, с. 73-78, 2009.
- [6] Гипс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://antclub.ru/masterskaya/napolniteli/gips>.
- [7] Взаимодействие цемента с водой и химический состав новообразований [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/17912/341/>.

Рекомендована кафедрою містобудування і архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 30.10.2017

**Унковська Віра Вікторівна** — аспірантка кафедри хімічної інженерії та екології, e-mail: [unkovskaya.vera@gmail.com](mailto:unkovskaya.vera@gmail.com) ;

**Римар Тетяна Ернстівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімічної інженерії та екології, e-mail: [tania\\_19\\_07@rambler.ru](mailto:tania_19_07@rambler.ru).

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк

V. V. Unkovska<sup>1</sup>T. E. Rymar<sup>1</sup>

## Investigation of Properties of Urea-formaldehyde Thermal Insulating Material Using Mineral Fillers

<sup>1</sup>Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk

*The creation of new and perfection of traditional building materials belong to the number of major scientifically — technical problems of contemporaneity. In an equal degree it touches technology of various heat-insulation materials. Especially it is topical for their application in civil and industrial building and reconstruction of existent housing fund.*

*Foam-based on the basis of urea oligomers is one of the first heat-insulating materials, which have found wide application as a heat-insulating material. Heat-insulating materials based on foamed carbamide-formaldehyde resins have several advantages over other foamed polymeric materials. They are not flammable, they can be used to produce cheaper raw materials, the technology of foaming is simple to execute and does not require expensive equipment. Filling of foam can be carried out in forms in the conditions of the shop, as well as in the technological cavity of masonry of the walls of buildings on the site of construction.*

*In this article there have been investigated the properties of block thermal insulation materials made on basis of carbamide-formaldehyde binder and granular filler based on liquid glass, obtained by chemical foaming using various mineral fillers. There has been considered the influence of fillers on density, compression strength and bending and block structure.*

*It is shown that the introduction into the urea formaldehyde composition of the mineral filler allows obtaining sufficiently strong and non-shrinking foam materials with low density indices and a homogeneous finely porous structure. In the study of the properties and structures of thermal insulation materials, it has been found that the best mineral filler is alabaster. The samples obtained with its use, are characterized by high porosity, which positively affects the thermal insulation characteristics of foam materials, and rather high strength indicators, which allows the material to be transported without significant damage.*

**Keywords:** carbamide-formaldehyde resin, mineral filler, granular filler, foaming, hardening, density, strength characteristics, structure.

*Unkovska Vira V.* — Post-Graduate Student of the Chair of Chemical Engineering and Ecology, e-mail: unkovskaya.vera@gmail.com ;

*Rymar Tetiana E.* — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Chemical Engineering and Ecology, e-mail: tania\_19\_07@rambler.ru

В. В. Унковская<sup>1</sup>Т. Э. Рымар<sup>1</sup>

## Исследование свойств карбамидоформальдегидного теплоизоляционного материала с использованием минеральных наполнителей

<sup>1</sup>Восточнoукраинский Национальный университет имени Владимира Даля, Северодонецк

*Исследованы свойства блочных теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе карбамидоформальдегидного связующего и гранулированного наполнителя на основе жидкого стекла, полученных химическим вспениванием с использованием различных минеральных наполнителей. Изучено влияние наполнителей на плотность, предел прочности при сжатии и при изгибе и на структуру блоков.*

**Ключевые слова:** карбамидоформальдегидная смола, минеральный наполнитель, гранулированный наполнитель, вспенивание, отверждение, плотность, прочностные характеристики, структура.

*Унковская Вера Викторовна* — аспирант кафедры химической инженерии и экологии, e-mail: unkovskaya.vera@gmail.com ;

*Рымар Татьяна Эрнстовна* — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химической инженерии и экологии, e-mail: tania\_19\_07@rambler.ru