

БУДІВНИЦТВО

УДК 666.9.03

Є. М. Панов¹
Т. Б. Шилович¹
Я. І. Шилович¹

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОМОДИФІКОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

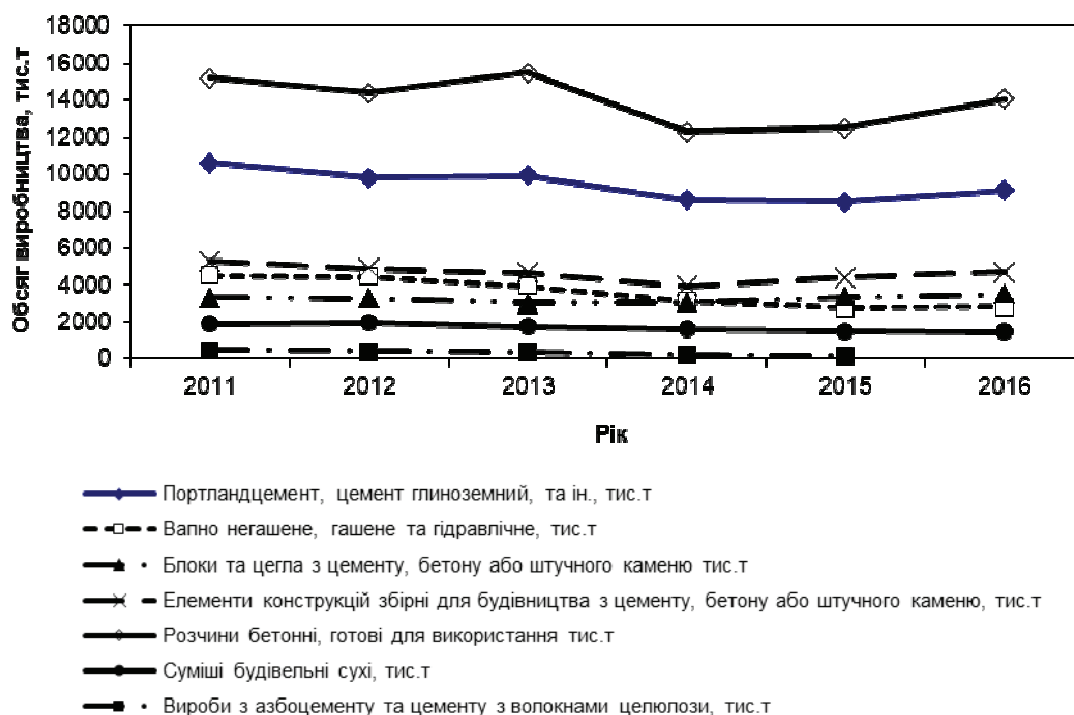
Виконано огляд розробок композиційних будівельних матеріалів із застосуванням нанотехнологій і введенням до складу композитів наносистем. У зв'язку зі збільшенням обсягів будівництва в Україні, впровадженням нових будівельних технологій з використанням відповідних будівельних матеріалів, виникає необхідність поліпшення їхніх експлуатаційних властивостей. Розробки, проведені останнім часом, стосуються виробництва високоміцних і стійких до зношування таких матеріалів, як цементний камінь, бетон, пінобетон, різні покриття для забезпечення водо- і олієвідштовхувальних властивостей поверхонь. Застосування наноматеріалів впливає на внутрішню структуру композиційного матеріалу, створюючи ефект армування єднальної матриці й поліпшує його фізико-технічні характеристики. Додавання надмалих кількостей наносистем (менше 0,5 % за масою) у рецептуру традиційних композиційних матеріалів значно поліпшує міцнісні і експлуатаційні характеристики кінцевого продукту. Відомі дослідження показують, що модифіковані бетони мають міцність вище на 20...35 %, пінобетони — на 50...70 %. Крім того, додавання наночасток впливає й на інші експлуатаційні властивості, а саме: підвищує гідрофобність покриттів, стійкість до забруднень і грибкових уражень, що надзвичайно важливо для експлуатації будинків. Особливий інтерес викликає використання як добавки вуглецевих наносистем. Для широкого впровадження нанооб'єктів у технологію виробництва будівельних матеріалів необхідно виготовляти достатню кількість дешевих наносистем. З цього погляду перспективними є роботи щодо можливості одержання нанотрубок і наносистем з продуктів і відходів коксування вугілля (кокс, смола, пековий кокс, пил і т.п.). Виконаний огляд дозволяє думати, що застосування нанодобавок і наносистем можна розширити й на інші класи будівельних матеріалів, виробів і покриттів, такі як санітарно-технічна кераміка, облицювальна плитка, фарби й покриття.

Ключові слова: композиційні будівельні матеріали, наноматеріали, наноструктури, нанотехнології.

Вступ

Однією зі складових будівельного комплексу країни є виробництво будівельних матеріалів. В Україні галузь будівельних матеріалів виробляє майже весь асортимент матеріалів, деталей і конструкцій для всіх видів будівництва — стінові (цегла, бетонні й гіпсобетонні панелі, шлакоблоки), в'язучі (цемент, вапно, будівельний гіпс), покрівельні (черепиця, шифер, толь, руберойд), оздоблювальні, облицювальні, ізоляційні матеріали, будівельне скло, збірний залізобетон і бетон, покрівельні кераміка і фаянс, санітарно-технічні вироби, тощо. За даними Державної служби статистики України, виробництво основних будівельних матеріалів зазнало зниження в 2014—2015 рр. та набула тенденцію до зростання в 2016 р. (рис.). Загалом за всіма видами будівельної продукції будівельна галузь збільшила обсяг виконання робіт в 2016 р. порівняно з попереднім роком на 28,5 % [1]. За умов розвитку будівельної галузі, запровадження нових технологій у будівництві, зростання поверховості будівництва необхідно звернути увагу на розробку та застосування нових

та модифікованих будівельних матеріалів з поліпшеними фізико-механічними та експлуатаційними показниками. Все більшу зацікавленість викликає застосування нанотехнологій для виробництва будівельних матеріалів, сумішей, конструкцій.



Виробництво основних будівельних матеріалів в Україні в 2011—2016 рр.
(дані за 2014—2016 рр. без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим,
м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції)

Метою роботи є аналіз наявних результатів досліджень застосування нанотехнологій та наноматеріалів у виробництві композиційних будівельних матеріалів, їх вплив на основні експлуатаційні властивості наномодифікованих матеріалів та визначення задач подальших досліджень.

Результати досліджень

До наноматеріалів умовно відносять такі, що містять структурні елементи (зерна, блоки, кластери, кристали), геометричні розміри яких хоча б в одному напрямку не перевищують 100 нм та мають якісно нові функціональні та експлуатаційні властивості. Наноматеріали поділяються на *наночастки*, до яких відносять нанокластери, нанокристали, фулерени, астролени, нанотрубки, тощо, та *наноструктурні* матеріали, які поділяються на консолідовані наноматеріали (складаються з наночасток, які мають фіксований стан в просторі) та нанодисперсії, які являють собою дисперсні системи з нанорозмірною дисперсною фазою — нанопорошки, наносуспензії, наноемульсії, наноаерозолі [2], [3].

Найперспективнішими напрямками застосування нанотехнологій в будівельній галузі на сьогодні вважаються такі [4]:

- вискодисперсне подрібнення вихідних матеріалів та сировини;
- активування рідин (води та розчинів);
- виготовлення нанодисперсної арматури та наноармування;
- виготовлення покриттів що самоочищуються;
- та інше — виготовлення перетворювачів сонячної енергії, адсорбція шкідливих домішок в рідинах та газах, знезараження тощо.

Перевагою наноструктурних об'ємних матеріалів є їх більша міцність та твердість по відношенню до звичайних матеріалів. Тому одним з основних напрямків їх використання є виробництво високоміцних та стійких до зношення матеріалів, наприклад, цементного каменю, бетонів, пінобетонів, покриттів для забезпечення водо- та олієвідштовхувальних властивостей поверхні та з поверхнею, здатною до самоочищення. Використання личкувальних матеріалів, здатних до са-

моочищення, в оздоблені зовнішніх фасадів будівель зменшують витрати на їх обслуговування за рахунок зменшення витрат на поточний ремонт [4].

Найпоширенішим є спосіб модифікації шляхом введення нанододатків. Для модифікації цементного каменю, дрібнозернистих бетонів та пінобетонів в роботі [5] запропоновано використовувати нанододатки неорганічних мономерів на основі колоїдних мінеральних продуктів — цеолітних гелів. Колоїдний нанопродукт вводиться в склад цементного тіста в надмалих дозах (0,05...0,1 % від цементної маси). Модифікований дрібнозернистий бетон показав збільшення кінцевої міцності на стискання на величину від 20 до 40 %, міцність на згин на 10...20 %, водонепроникність — від 50 до 150 %. Вплив цеолітного нанододатку на властивості модифікованого матеріалу пояснюється його полімеризуючою дією: введений неорганічний мономер знижує поверхневу енергію системи, уповільнює первинну кристалізацію гелевих продуктів гідратації та в подальшому приводить до підвищення монолітності структури композиту та вресі — до підвищення його міцності та водонепроникності. Ведення нанотрубок в цементну суміш в роботі [6] в кількості 0,05 % за масою дозволило підвищити міцність пінобетону в 1,7...2 рази та знизити його теплопровідність на 20 %. Відмічено, що застосування ультрадисперсних утворень у вигляді вуглецевих нанотрубок приводить до утворення в мінеральній матриці субмолекулярних структур, які формують міжфазні шари, армовані наноутвореннями. Використання нанотрубок дозволяє керувати процесами структуроутворення та підвищення фізико-технічних властивостей мінеральних композицій. В роботі запропоновано спосіб отримання вуглецевих тубуленів з вуглеводневої конденсованої сировини методом низькоенергетичної карбонізації в гель-матрицях.

В [7] запропоновано додавати вуглецеві наночастки в композицію дрібнозернистих і піщаних бетонів у кількості 0,0001...0,5 % за масою, що збільшує їх довговічність. Додавання відбувається шляхом простого змішування за звичайних умов. Вуглецеві наночастки додаються у вигляді водного розчину у воду зачинення. Змішується 25 частин цементу та 75 частин заповнювача, потім додається вода зачинення (15 частин понад сухої суміші) і 0,0225 частин наночасток та перемішується. В результаті випробувань показники міцності на стискання та розтяг у разі згину модифікованих бетонів порівняно з еталонними зразками вищі на 40...50 %.

Модифікація ангідритових та фторангідритових композитів вуглецевими нанотрубками досліджувалася в роботах [8]—[10]. В результаті введення багат шарових вуглецевих нанотрубок змінювалася структура кристалів гіпсу, ангідритова матриця ущільнювалася, що приводило до підвищення міцності матеріалу. В [8] досліджувалася можливість модифікації газобетонів наносистемами, що завдяки ефекту армування в'язучої мінеральної матриці дозволило підвищити міцність матеріалу на 19 та 14 % (за використання наносистем, отриманих різними методами), покращити однорідність та стабільність пор. В [10] досліджено стабілізацію багатостінних нанотрубок у воді додецилсульфатом натрію. В результаті введення вуглецевих наноструктур покращуються механічні властивості композита на основі C_3S та цементу. В роботі [9] водну суспензію з наноматеріалом додавали у воду зачинення. Результати дослідження зразків, що містять 0,005 % вуглецевого наноматеріалу (в перерахунку на суху масу), на міцність на стискання показали збільшення на 70 %, крім того мікроструктурні дослідження показали майже закриту структуру пор, що поліпшує теплоізолявальні властивості коміркових бетонів.

Активізація (структурування) води може відбуватися також під послідовно-паралельною дією електричного, електромагнітного, магнітного, електромагнітного полів, кавітацією, тощо [4]. В [11], [12] досліджено зачинення в'язучого наноструктурованою водою. В [12] автори пропонують замість терміну «активізація води» використовувати доцільніший «наноструктурування» і розуміють під ним процес зміни структурно-фізичних і магнітно-електричних властивостей речовини в складі рідкофазних систем. Використання наноструктурованої води для зачинення, за оцінками авторів, скорочує строки набору бетонами розпалубочної міцності, що відкриває можливість для скорочення енергоємності, часу будівництва, особливо при монолітному будівництві в зимових умовах. Міцність бетонів підвищується на 20...35 %, пінобетонів — на 50...70 %. За оцінками авторів використання модифікованого бетону забезпечить зниження маси будинків та зменшить навантаження на фундамент на 10...20 %, за рахунок чого приблизно на стільки ж зменшить вартість будівництва.

Таким чином, введенням наносистем у вигляді нанопорошків, вуглецевих наносистем в надмалих кількостях (менших за 0,5 %) або наноструктурованої води в склад бетонів, пінобетонів, цементу

тів покращуються їх механічні властивості та збільшується довговічність.

Автори роботи [13] вважають, що оцінювання властивостей модифікованих матеріалів слід проводити не лише за міцністю, а також за експлуатаційними показниками — водопоглинання, морозостійкість, стирання, що особливо важливо для бетонів спеціального призначення. Тому застосування наноматеріалів повинно спиратися на аналіз особливостей структури та властивостей композиту, що створюється, вибір наномодифікатора та спосіб його введення.

Поліпшення експлуатаційних властивостей матеріалів досліджено в роботах [14]—[16]. В роботі [14] отримано та досліджено покриття з наночастками діоксиду кремнію, які можуть набувати гідрофобних та супергідрофобних властивостей, зносостійкості, можуть бути застосовані для утворення поверхонь, що самоочищуються. Покриття Hydrotect утворюють поверхню, що здатна до самоочищення завдяки супергідрофільності, що зумовлює утворення суцільно водяної плівки на вертикальній поверхні, мають підвищену зносостійкість та біостійкість до плісняви, грибків тощо [15], що значно знижує вартість обслуговування будівель. Надавати гідрофобних властивостей силікатній цеглі за рахунок покриття поверхні гідрофобізаторами, що містять наночастки запропоновано в [16]. Розглянуті покриття, які наносяться на зовнішню поверхню цегли, попереджаючи проникнення зовні води, але при цьому залишаються паро- та газопроникними.

Економічна доцільність використання наноматеріалів та технології виробництва доступних наноматеріалів

Недоліком вуглецевих наноматеріалів є їх висока вартість. Вартість різних наноматеріалів коливається в досить широкому діапазоні. В роботі [4] вартість синтетичних вуглецевих нанотрубок діаметром 40...60 нм вказана в розмірі 250 у.о. за 1 грам. Авторами роботи [13] розраховано, що за вартості наноматеріалів 3 у.о. за грам, навіть з введенням їх у кількості 0,005 % від маси цементу, вартість модифікованого продукту збільшується приблизно у 2 рази. Тому автори вважають, що застосування наноматеріалів дозволяє отримати значні поліпшення експлуатаційних властивостей, але для модифікації бетонів доцільним є пошук технологій синтезу наномодифікаторів вартістю не вище за 2 грн. за 1 г.

Для широкого запровадження нанооб'єктів та нанотехнологій у виробництві будівельних матеріалів необхідно запровадити виробництво доступних наноматеріалів та запровадження технології їх синтезу, яка б за ціною та обсягами виробництва могла задовольнити будівельну галузь. В [17]—[20] досліджено можливість одержання нанотрубок та наноструктур з різних продуктів та відходів коксування (кокс, смола, пековий кокс, пил та інше), що значно знижує їх вартість. В [17] запропоновано спосіб одержання вуглецевих наноматеріалів, який включає підготовку сировини, її фізико-хімічні перетворення та виділення продукту. Як сировину використовують кам'яне вугілля, його суміші і продукти його термохімічних перетворень. Фізико-хімічні перетворення проводять у підсклепінному просторі герметичної камери та верхній частині засипу сировини шляхом нагрівання без доступу повітря до кінцевих температур на осі засипання сировини до температури 950...1100 °С. Отримані таким способом вуглецеві нанооб'єкти можуть бути використані як адсорбенти в побуті, хімічній технології, медицині, екології, як носії каталізаторів, робочі середовища нелінійної оптики, компоненти матеріалів та пристроїв для поглинання та перетворення, компоненти композиційних матеріалів, домішки до бетону, як пігменти, компоненти електродних, матеріалів для хімічних джерел струму, паливних елементів, тощо. Цей спосіб дозволяє використовувати дешеву вуглецеву сировину, таку як відходи та відкладення коксохімічного виробництва, вугільну смолу і пек та відбуватися за нижчих температур, ніж інші відомі способи. В [20] запропоновано спосіб одержання вуглецевих нанооб'єктів, який відрізняється від відомих тим, що цільовий продукт вилучають з циркулюючої води циклу мокрого гасіння кам'яновугільного коксу, одержаного в результаті фізико-хімічних перетворень вихідної сировини, що спрощує технологію збору, підготовки продуктів термохімічних перетворень вугілля та вилучення з них нанооб'єктів, збільшує продуктивність технологічного процесу та знижує собівартість продукції. Цей спосіб дозволяє отримувати наноматеріали з дешевшої сировини — вугільної шихти, що дає можливість в декілька разів порівняно з ринковою зменшити їх вартість та запровадити його ширше використання.

Поза увагою досліджень залишилися такі вироби, як личкувальні плитки та санітарно-технічна кераміка, які потребують вдосконалення експлуатаційних властивостей, таких як зносо-

стійкість, самоочищення поверхні, вологостійкість, стійкість до плісняви. Тому актуальною задачею є поліпшення якості та конкурентоздатності продукції українських виробників. Задачею подальшого дослідження авторів є застосування нанооб'єктів вітчизняного виробництва, отриманих способом, описаним у [20], для модифікації санітарно-технічної кераміки та глазури та дослідження властивостей отриманих матеріалів.

Висновки

За результатами виконаного огляду запровадження нанотехнологій в процесі виготовлення композиційних будівельних матеріалів визначено, що найпоширенішим є спосіб введення наносистем у вигляді цеолітних гелів, водних суспензій вуглецевих наноматеріалів або застосування структурованої води. Використання наноматеріалів впливає на внутрішню структуру композиційного матеріалу, спричиняючи ефект армування в'язучої матриці та приводить до поліпшення фізико-технічних та експлуатаційних характеристик. Використання технологій застосування наноматеріалів може бути поширене на інші класи композиційних будівельних матеріалів, у виробництві яких застосовується рідина зачистки, а саме: кераміку, покриття, фарби, личкувальні матеріали тощо. Тому задачею подальшого дослідження авторів є застосування нанооб'єктів вітчизняного виробництва, отриманих за способом [20] для наномодифікації санітарно-технічної кераміки та глазури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] *Виробництво основних видів промислової продукції 2011–2016 роки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. Дата звернення: Черв.17.2017.
- [2] В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, Н. Е. Калинина, В. Ф. Мозговой, и В. Т. Калинин. *Наноматериалы и нанотехнологии*. Запорожье: АО «Мотор Сич», 2014.
- [3] Б. М. Балоян, А. Г. Колмаков, М. И. Алымов, и А. М. Кротов, *Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения*. Москва, Россия: «Дубкин», 2007.
- [4] Р. Б. Родионов «Инновационные технологии для строительной отрасли.» *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*, № 10, с. 57-59, 2006.
- [5] А. С. Королев, Э. Ш. Хакимова, Д. В. Макридин, и Е. А. Волошин «Полимеризация нанодобавками гидратной структуры цементного камня в композитах.» *Цемент и его применение*, № 5, с. 82-84, 2007.
- [6] Г. И. Яковлев, Г. Н. Первушин и др. «Модернизация поризованных цементных матриц углеродными нанотрубками.» *Строительные материалы*, № 3, с. 99-102, 2009.
- [7] С. М. Толмачев, О. А. Беліченко, В. М. Шмалько, та О. І Зеленський «Композиція дрібнозернистих і піщаних бетонів, що містять вуглецеві наночастки.» *Патент 56807 на корисну модель Україна, МПК (2011.01)*, 25.01.2011.
- [8] Г. И. Яковлев, Г. Н. Первушин, В. А. Крутиков, И. С. Макарова, Я. Керне, Х.-Б. Фишер, А. Ф. Бурьянов «Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами.» *Строительные материалы*, № 3, с. 70-72, 2008.
- [9] В. Е. Ваганов, В. Д. Захаров, Ю. В. Баранова, Л. В. Закревская, Д. В. Абрамов, Д. С. Ногтев, и В. Н. Козий «Структура и свойства ячеистого газобетона, модифицированного углеродными наноструктурами.» *Строительные материалы*, № 9, с. 59-61, 2010.
- [10] Т. Ковальд, С. Эзер, и Р. Треттин «Углеродные наноструктуры, вводимые в состав вяжущих на основе С3S и цемента.» *Цемент и его применение*, № 3, с. 89-92, 2009.
- [11] В. В. Кнаховский, и др. «Применение наноструктурированной воды для повышения прочности бетона.» *Технологии бетонов*, № 9, с. 72-75, 2008.
- [12] Д. Р. Сабирзянов, и др. «Применение наноструктурированной воды для повышения прочности пенобетона.» *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*, № 6, с. 75-77, 2008.
- [13] С. Н. Толмачев, и Е. А. Беліченко «Перспективы применения наночастиц в бетонах транспортного назначения.» *Строительные материалы и изделия*, № 1-2, с. 38-41, 2017.
- [14] А. Е. Соломянский, Г. К. Жавнерко, В. Е. Агабеков, и Ю. В. Сенкевич «Супергидрофобные покрытия на основе наночастиц диоксида кремния.» *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. Январь-февраль 2013, т. 57, № 1, с. 63-66, 2013.
- [15] *Hydrotect coating protects facades from algae formation*. [Electronic resource]. Access mode: http://www.agrobuchta.de/en/service/presse/presse_und_news_details.html?nd_ref=1496. Accessed on: Jun. 17, 2017.
- [16] В. А. Войтович, И. Н Хряпченкова, и А. А. Яворский «Нанотехнологии в производстве силикатного кирпича.» *Строительные материалы*, № 2, с. 60-61, 2010.
- [17] В. М. Шмалько, О. І Зеленський, М. В. Толмачев, та І. В. Шульга «Спосіб одержання вуглецевих нанооб'єктів», Патент України 89464, № a200903315 МПК (2009), 25.01.2010.
- [18] О. И. Зеленский, В. М. Шмалько, Б. К. Артищенко, и П. В. Карножицкий «Исследование окисленного пироуглерода.» *Углекислотный журнал*, № 1-2, с. 31-35, 2006.

[19] В. М. Шмалько, О. І. Зеленський, Н. В. Толмачев, и И. В. Шульга «Образование углеродных наноструктур при коксовании углей,» *Углекимический журнал*, № 3-4, с. 37-41, 2009.

[20] В. М. Шмалько, О. І. Зеленський, та І. В. Шульга «Спосіб одержання вуглецевих наноб'єктів,» *Патент України 103246, № а201115665 МПК* (2013.01), 25.09.2013.

Рекомендована кафедрою будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 16.01.2018

Панов Євген Миколайович — д-р техн. наук, професор, декан інженерно-хімічного факультету;
Шилович Тетяна Борисівна — канд. техн. наук, доцент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, e-mail: tshilovich1967@ukr.net ;

Шилович Ярослав Ігорович — аспірант кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

Ye. M. Panov¹
T. B. Shylovych¹
Ya. I. Shylovych¹

Development Prospects and Research of Nanomodified Composite Building Materials

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Current article completes a review of the development of composite building materials with the use of nanotechnology and the introduction of nanosystems in composites. Due to increase in construction in Ukraine, the introduction of new construction technologies using the appropriate building materials and improvement of their operational properties is necessary. The recent developments concern the production of highly enforced and wear-resistant materials such as cement, concrete, foam concrete, various coatings to provide water- and oil-absorbing properties of surfaces. The use of nanomaterials affects the internal structure of the composite material, creating the effect of reinforcing the binding matrix and leading to improved physical and technical characteristics. The addition of extremely small amounts of nanosystems (less than 0,5 % by weight) into the composition of traditional composite materials leads to a significant improvement in strength and performance characteristics of the final product. Known studies show that the modified concrete has structural robustness 20...35 % higher compared to non-modified analogues, foam concrete demonstrates increase in robustness of about 50...70 %. Besides that, the addition of nanoparticles also affects positively other performance properties and increases the hydrophobicity of coatings, resistance to dirt and fungal damage, which is extremely important in the operation of buildings. Of particular interest is the use of carbon nanosystems as additives. For the wide introduction of nanoobjects into the technology of production of building materials, it is necessary to produce a sufficient amount of cheap nanosimulation. From this point of view, promising works are devoted to the possibility of obtaining nanotubes and nanosystems from products and coal coking wastes (coke, resin, pitch coke, dust, etc.). The review allows us to believe that the use of nanoadditives and nanosystems can be extended to other classes of building materials, products and coatings, such as sanitary ceramics, facing tiles, paints and coatings.

Keywords: composite building materials, nanomaterials, nanostructures, nanotechnologies.

Panov Yevhen M. — Cand. Sc. (Eng.), Professor, Dean of the Department of Engineering and Chemistry;
Shylovych Tetiana B. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Chemical, Polymer and Silicate Carving Machines, e-mail: tshilovich1967@ukr.net ;

Shylovych Yaroslav I. — Post-Graduate Student of the Chair of Chemical, Polymer and Silicate Carving Machines

Е. Н. Панов¹
Т. Б. Шилович¹
Я. И. Шилович¹

Перспективы разработки и исследования наномодифицированных композиционных строительных материалов

¹Национальный технический университет Украины
 «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Выполнен обзор разработок композиционных строительных материалов с применением нанотехнологий и введением в состав композитов наносистем. В связи с увеличением объемов строительства в Украине, внедрением новых строительных технологий с использованием соответствующих строительных материалов, возникает необходимость улучшения их эксплуатационных свойств. Разработки, выполненные в последнее время, касаются производства высокопрочных и стойких к износу таких материалов, как цементный камень, бетон, пенобетон, различные покрытия для обеспечения водо- и маслоотталкивающих свойств поверхностей. Применение наноматериалов влияет на внутреннюю структуру композиционного материала, создавая эффект армирования связывающей матрицы и приводит к улучшению физико-технических характеристик. Добавление сверхмалых количеств наносистем (менее 0,5 % по массе) в рецептуру традиционных композиционных материалов значительно улучшают прочностные и эксплуатационные характеристики конечного продукта. Известные исследования показывают, что модифицированные бетоны имеют прочность выше на 20...35 %, пенобетоны — на 50...70 %. Кроме того, добавление наночастиц влияет и на другие эксплуатационные свойства, а именно: повышает гидрофобность покрытий, стойкость к загрязнениям и грибковым поражениям, что чрезвычайно важно при эксплуатации зданий. Особенный интерес вызывает использование в качестве добавок углеродных наносистем. Для широкого внедрения нанообъектов в технологию производства строительных материалов необходимо производить достаточное количество дешевых наносистем. С этой точки зрения перспективными являются работы по получению нанотрубок и наносистем из продуктов и отходов коксования угля (кокс, смола, пековый кокс, пыль и т.п.). Выполненный обзор позволяет полагать, что применение нанодобавок и наносистем можно расширить и на другие классы строительных материалов, изделий и покрытий, такие как санитарно-техническая керамика, облицовочная плитка, краски и покрытия.

Ключевые слова: композиционные строительные материалы, наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии.

Панов Евгений Николаевич — д-р техн. наук, профессор, декан инженерно-химического факультета;

Шилович Тетяна Борисівна — канд. техн. наук, доцент кафедры химического, полимерного и силикатного машиностроения, e-mail: tshilovich1967@ukr.net ;

Шилович Ярослав Игоревич — аспирант кафедры химического, полимерного и силикатного машиностроения