

## ПРОЦЕС НАНОМОДИФІКАЦІЇ КЕРАМІКИ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*В роботі розглянуто застосування нанотехнологій у виробництві керамічних матеріалів з фокусом на наномодифікації. Розглядають важливі аспекти використання наночастинок, зокрема вуглецевих, для покращення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів. Дослідження підкреслює важливість використання чисельного моделювання для вивчення та прогнозування властивостей наномодифікованих матеріалів з метою поліпшення їх стійкості та функціональності у будівельних застосуваннях.*

**Ключові слова:** керамічні матеріали, наномодифікація, наночастинки, дисперсія, проникність, опір ущільненню

### **Abstract**

*The paper examines the application of nanotechnology in the production of ceramic materials with a focus on nanomodification. Important aspects of the use of nanoparticles, in particular carbon ones, to improve the physical and mechanical properties of building materials are considered. The study highlights the importance of using numerical modeling to study and predict the properties of nanomodified materials in order to improve their durability and functionality in construction applications.*

**Keywords:** ceramic materials, nanomodification, nanoparticles, dispersion, permeability, resistance to compaction

### **Вступ**

Останнім часом виникає значний інтерес до застосування нанотехнологій у виробництві керамічних матеріалів, зокрема за допомогою наномодифікації. Ця технологія передбачає введення наночастинок або подрібнення вихідного матеріалу до наностану для покращення фізико-механічних властивостей та експлуатаційних показників.

Особливо популярними стали дослідження використання вуглецевих наночастинок для поліпшення будівельних сумішей. Додатково, конструкційна кераміка також набуває широкого застосування в різних промислових галузях, що підкреслює значущість підвищення її механічних властивостей та бар'єрних властивостей покриттів. Важливою задачею є розробка ефективних методів диспергування нановмісної суспензії, оскільки агломерація наночастинок може ускладнити процес наномодифікації. Чисельне моделювання вважається ефективним та ресурсозберігаючим способом дослідження та прогнозування властивостей наномодифікованих матеріалів, оскільки фізичні методи можуть бути непрактичними через надмалий розмір наночастинок. Таким чином, розробка нових матеріалів з певними властивостями та методів їх виготовлення з використанням чисельного моделювання є ключовою задачею. [1, 3]

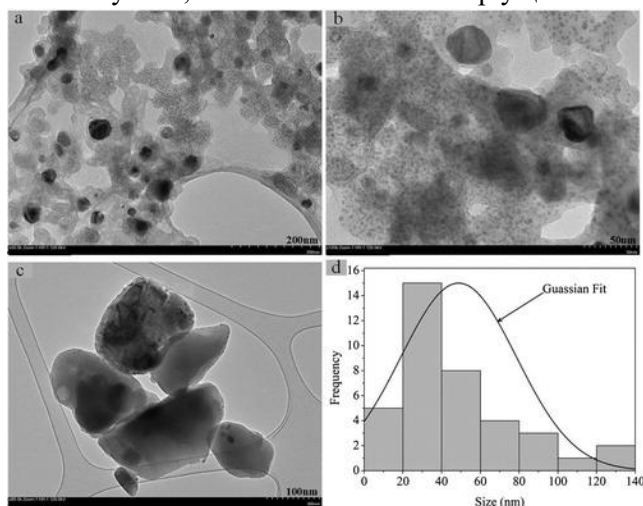
### **Основна частина**

Керамічні наночастинки, як правило, складаються з металів і оксидів металів, карбїду кремнію, нітратів і карбонатів, таких як магній, хром і силікати. Завдяки своїм корисним якостям, таким як стійкість до високих температур і хімічну стійкість, вони мають широкий спектр використання в будівництві.

Кераміка визначається наявністю чіткого твердого ядра, сформованого за рахунок застосування нагрівання, або навіть одночасно нагрівання та тиску, і складається з металевої та неметалевої суміші. Керамічні наночастинки складаються з неорганічних речовин, таких як алюмосилікати, і також є дуже схильними до зовнішніх впливів.[3]

В будівництві також використовується нанокерамічний порошок в якості своєрідної модифікації бітуму. А саме через те що, фізичні, хімічні та морфологічні характеристики вихідного керамічного матеріалу дозволяють використовувати його відходи як новий модифікатор для бітуму. У данному дослідженні було застосовано низхідний підхід, за допомогою сухого помелу в механічній шаровій млині, для отримання нанокерамічного порошку (NCP). В результаті було успішно отримано NCP з оптимальним часом обробки 15 годин і оптимальним співвідношенням кульок до порошку (BPR) 10:1. Результати також показали, що розмір частинок NCP значно зменшився до менше ніж 100 нм. Рентгенівська дифракція (XRD) та сканувальна електронна мікроскопія (SEM) модифікованого бітуму з NCP (NCPMB) показали добру дисперсію NCP у матриці бітуму. Це покращення, в свою чергу, призвело до зменшення проникності та збільшення температури м'якості та коефіцієнта опору ущільненню ( $G^*/\sin \delta$ ) для NCPMB. Крім того, результати кута змочування показали, що присутність NCP збільшила кількість гетероатомів і, отже, полярність модифікованого бітуму, що в свою чергу покращило адгезію бітуму до агрегату. Невелика різниця в температурі м'якості між верхом і дном є показником доброї стійкості зберігання при високій температурі для NCPMB.

Результати аналізу асфальтового покриття (APA) підтвердили структурне покращення модифікованої асфальтової суміші, а також збільшили опір ущільненню. [4]



Фізико-хімічні та морфологічні характеристики нанокерамічного порошку, використаного як модифікатор для бітуму, визначають його вплив на властивості бітуму та кінцевих матеріалів. Ці характеристики можуть включати розмір частинок, морфологію поверхні, структуру, хімічний склад, агрегацію частинок та їхню розподіленість у матриці бітуму. [4, 2]

Зменшення розміру частинок нанокерамічного порошку може сприяти покращенню його дисперсії та розчинення у бітумі, що в свою чергу може покращити адгезію між модифікованим бітумом та агрегатом. Оптимальний розмір частинок може забезпечити кращу стабільність та рівномірність властивостей матеріалів, зменшити утворення включень та дефектів, а також підвищити міцність та механічну стійкість кінцевого матеріалу.

Крім того, важливо враховувати стійкість нанокерамічного порошку до ультрафіолетового опромінення та інших шкідливих впливів довкілля, оскільки це може вплинути на тривалість його застосування в реальних умовах.

Усі ці фізико-хімічні та морфологічні характеристики нанокерамічного порошку мають велике значення для розуміння його можливостей як модифікатора бітуму та для забезпечення оптимальних властивостей та довговічності бітумних матеріалів у будівництві та дорожньому господарстві. [2]

### Висновки

Застосування нанотехнологій у виробництві керамічних матеріалів, зокрема за допомогою наномодифікації, демонструє значний потенціал для покращення фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик цих матеріалів. Використання вуглецевих наночастинок для поліпшення будівельних сумішей і популярність конструкційної кераміки в різних галузях промисловості підкреслюють важливість цих досліджень. Ефективні методи диспергування нановмісної суспензії та чисельне моделювання відіграють ключову роль у розробці нових матеріалів із певними властивостями. Результати дослідження показали успішне впровадження нанокерамічного порошку як модифікатора бітуму, що призвело до покращення його фізико-хімічних властивостей і стабільності в різних умовах навколишнього середовища. Розуміння та контроль фізико-хімічних і морфологічних характеристик нанокерамічного порошку є важливим для забезпечення оптимальних властивостей і довговічності будівельних матеріалів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародний науково-виробничий журнал «КЕРАМІКА: наука і життя». Київ. (2019).
2. Ahmed A.H, Ramadhansyah P.J, Haryati Y, Nordayah A.H, Salam Ridha O.A, Ghasan F.H, Ekarizan S, Mohd Rosli M.H. “Physical, chemical and morphology characterisation of nano ceramic powder as bitumen modification”-International Journal of Pavement Engineering, August (2019).
3. Shaheer Rehan “Fabrication Methods of Ceramic Nanoparticles” [Електронний ресурс].URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=6131> ,2022.
4. Шилович Я.І. “Процес наномодифікації кераміки та прогнозування фізико-механічних властивостей нанокерамічних матеріалів”.Київ.2021.

*Суржикова Діна Юрїївна*- студент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [dinasurj@gmail.com](mailto:dinasurj@gmail.com)

*Рюмін Артемій Андрійович*- студент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [mdaxex11@gmail.com](mailto:mdaxex11@gmail.com)

*Стінська Олександра Русланівна*- студент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [olexandrastins1209@gmail.com](mailto:olexandrastins1209@gmail.com)

*Науковий керівник: Христич Олександр Володимирович* – к.т.н., професор, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [khrystych@vntu.edu.ua](mailto:khrystych@vntu.edu.ua)

*Surzhukova Dina Yuriivna* - student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [dinasurj@gmail.com](mailto:dinasurj@gmail.com)

*Ryumin Artemiy Andriyovych* - student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [mdaxex11@gmail.com](mailto:mdaxex11@gmail.com)

*Oleksandra Ruslanivna Stinska* - student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olexandrastins1209@gmail.com](mailto:olexandrastins1209@gmail.com)

*Supervisor: Hrustuch Oleksandr Volodumurovuch - Ph.D., Professor, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [khristych@vntu.edu.ua](mailto:khristych@vntu.edu.ua)*