

SECTION: ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.70286/ISU-17.09.2025.001

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ФАКТОРАМИ НАНОМОДИФІКОВАНИХ РЕНТГЕНОЗАХИСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Бричанський Артур Олегович

викладач спеціальних дисциплін

Вище художнє професійно-технічне училище №5

аспірант

Вінницький національний технічний університет

м. Вінниця, Україна

Христич Олександр Володимирович

к.т.н. доцент

Вінницький національний технічний університет

м. Вінниця, Україна

Відповідно до поліструктурної теорії В.І. Соломатова будівельні матеріали являють собою «структуру в структурі» [1-3]. Розгляд кожного структурного рівня окремо значно полегшує завдання дослідника щодо управління якістю матеріалу загалом. Для цього необхідно здійснити обґрунтоване поділення (ранжування) матеріалу за структурними рівнями, визначити вимоги до кожного з них та встановити чинники, що впливають на якість композиту на кожному рівні. Такі чинники отримали назву елементарних керувальних факторів, оскільки вони справляють домінуючий вплив на досліджувані властивості матеріалу [4].

Основним завданням ранжування є встановлення саме елементарних керувальних факторів. Дослідження їхнього впливу на структуру та властивості композиту зводиться до виявлення закономірностей зміни структури та властивостей композиту відповідного ієрархічного рівня залежно від інтенсивності впливу зазначених факторів [5]. Встановлення елементарних керувальних факторів здійснюється на основі знань про технологічні процеси синтезу композиту, явища взаємодії на межі поділу фаз і рецептурні фактори. Оскільки зазначені процеси та явища є взаємопов'язаними, доцільним є їх спільний розгляд.

Наглядне відображення внутрішніх взаємозв'язків забезпечує побудова графів, де кількість звернень до певного фактора, процесу або явища визначає його відносну значущість [1]. Рецептурні та технологічні фактори наведено на рисунку 1.

Зазначені фактори впливають як на екстенсивні, так і на інтенсивні властивості розроблюваного композиту. Поділ на ці групи властивостей дозволяє виділити фактори, що мають визначальний вплив на структуроутворення матеріалу [2]. Врахування впливу таких факторів є важливим для побудови математичної моделі матеріалу, яка використовується, зокрема, для вирішення інженерної задачі щодо встановлення діапазонів варіювання технологічних факторів з метою одержання композиту із заданими показниками якості.

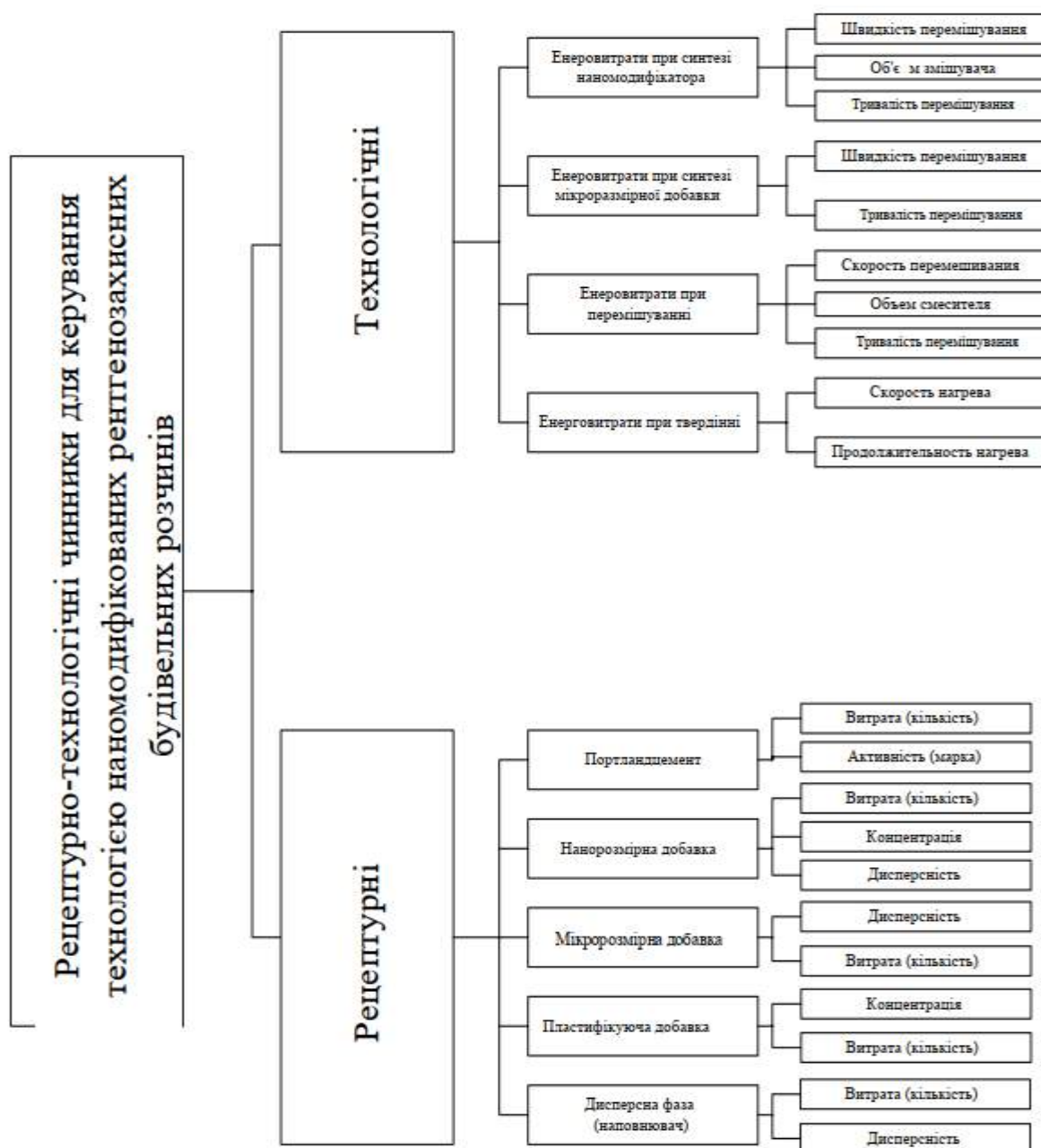


Рисунок 1. Перелік рецептурно-технологічних чинників для керування технологією наномодифікованих рентгенозахисних будівельних розчинів

Встановлення таких факторів здійснюється шляхом декомпозиції інтенсивних властивостей за явищами, процесами та фазами. Для наномодифікованих рентгенозахисних будівельних розчинів декомпозиція інтенсивних властивостей подана на рисунках 2 і 3 [3,5]. Екстенсивні властивості

необхідні для визначення переліку компонентів будівельного розчину, оскільки їхні величини залежать лише від кількісного вмісту складових і описуються адитивними рівняннями, аналогічними рівнянню абсолютних об'ємів для бетонів.

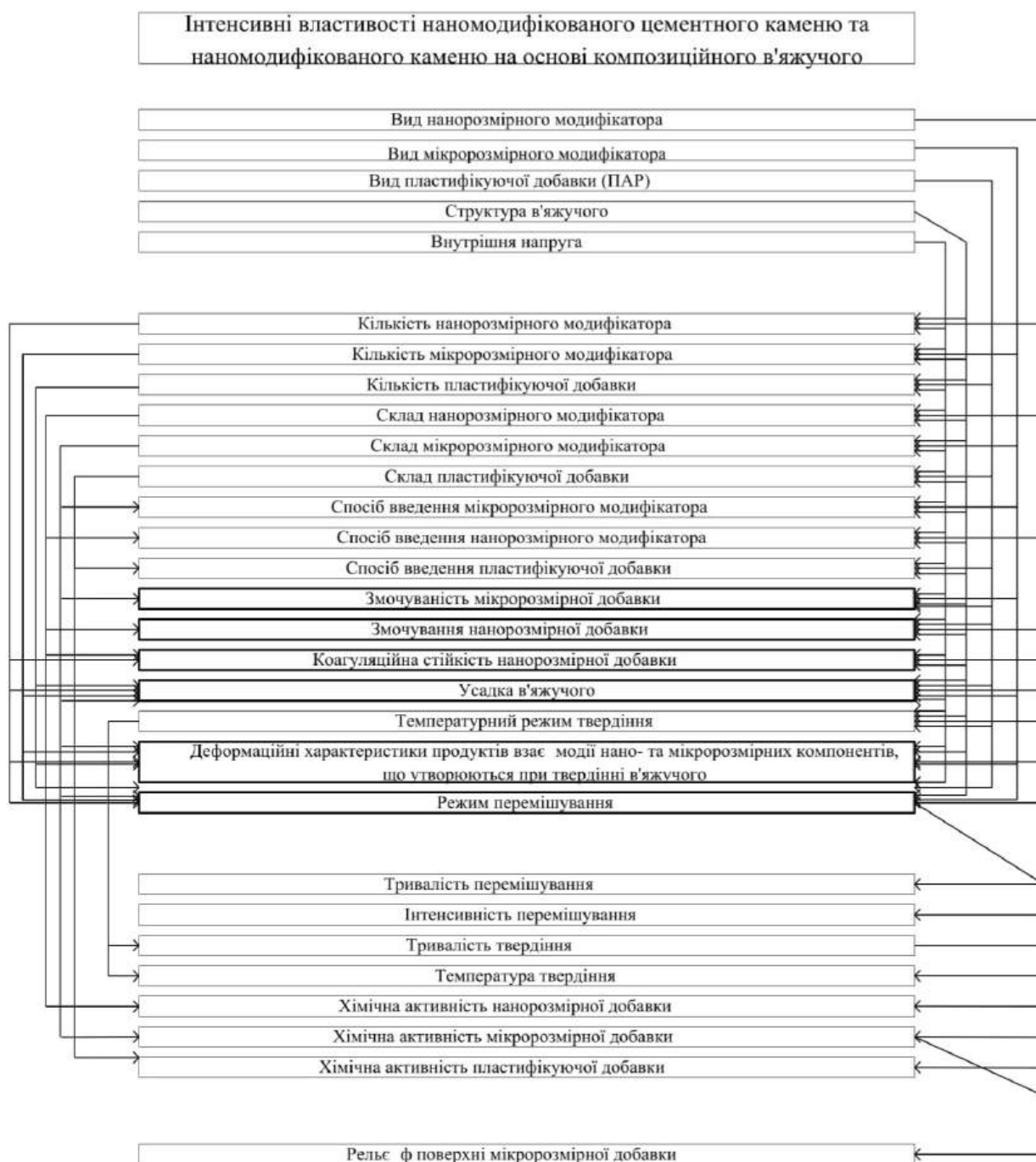


Рисунок 2. Декомпозиція інтенсивних властивостей наномодифікованого цементного каменю та наномодифікованого каменю на основі композиційного в'язучого

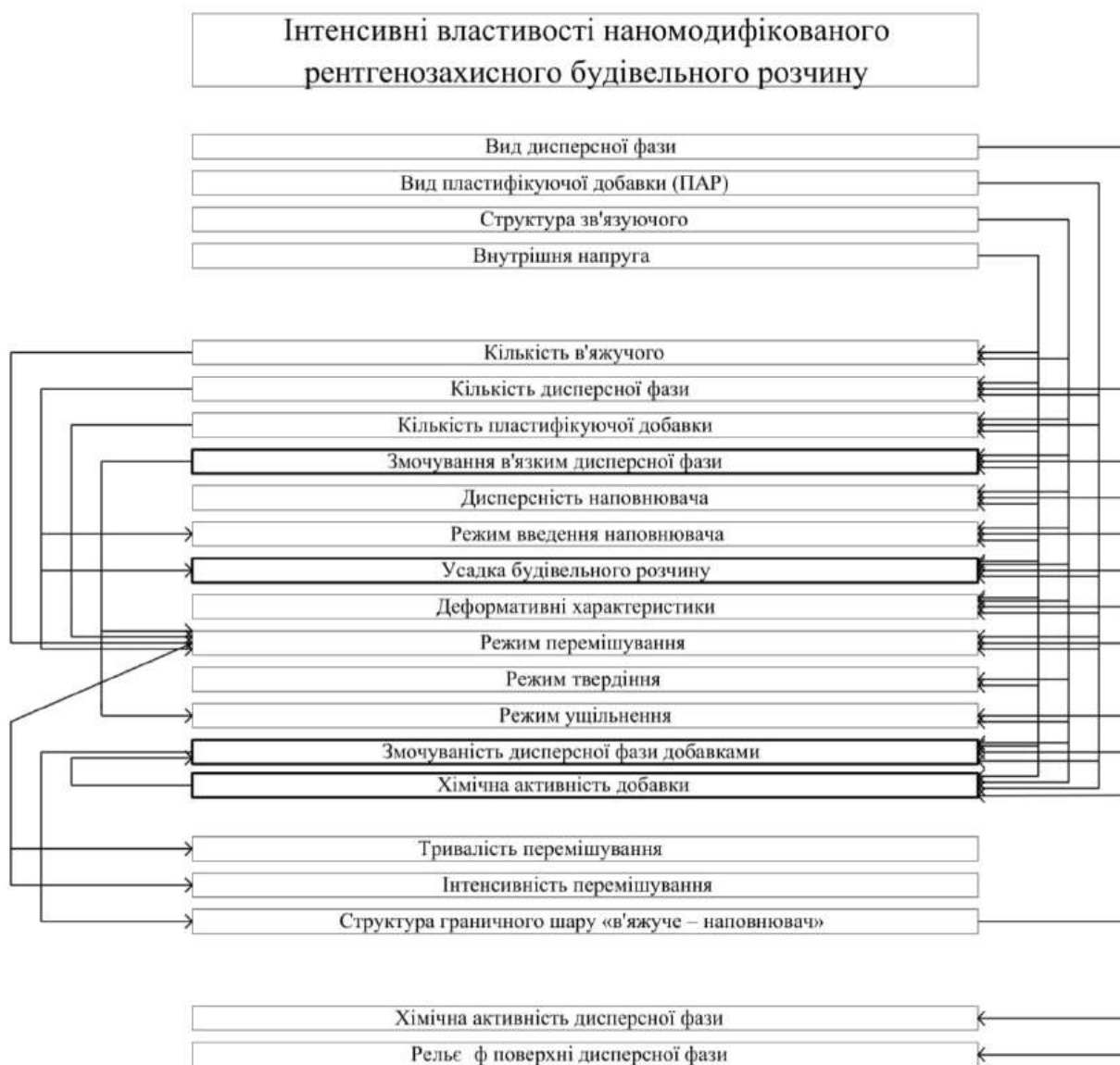


Рисунок 3. Декомпозиція інтенсивних властивостей наномодифікованого рентгенозахисного будівельного розчину

Аналіз рисунків 2 та 3 дає змогу виокремити елементарні керувальні фактори, розташовані за рівнями відповідно до їхньої значущості. Чим вищий номер рівня, тим суттєвіший вплив фактора на формування властивостей композиту [4].

Для наномодифікованого в'язучого та наномодифікованого композиційного в'язучого елементарні рецептурно-технологічні фактори наведено у таблиці 1, а для наномодифікованого рентгенозахисного будівельного розчину – у таблиці 2.

Таблиця 1 – Перелік елементарних керувальних рецептурних і технологічних факторів для наномодифікованого цементного каменю та наномодифікованого каменю на основі композиційного в'язучого

Рівень	Фактор	
	Рецептурний	Технологічний
	Найменування фактору	Найменування фактору
II	1. Кількість нанорозмірного та мікророзмірного модифікаторів, пластифікуючої добавки	1. Спосіб введення нанорозмірного та мікро розмірного модифікаторів, пластифікуючої добавки
III	1. Хімічна активність нано-розмірної добавки	1. Тривалість перемішування
	2. Хімічна активність мікророзмірної добавки	2. Інтенсивність перемішування
	-	3. Тривалість твердіння 4. Температура твердіння
IV	1. Рельєф поверхні мікророзмірної добавки	-

Таблиця 2 – Перелік елементарних керуючих рецептурно-технологічних факторів для наномодифікованого рентгенозахисного будівельного розчину

Рівень	Фактор	
	Рецептурний	Технологічний
	Найменування фактору	Найменування фактору
II	1. Кількість композиційного в'язучого, дисперсної фази, добавки	1. Режим запровадження заповнювача
III	2. Дисперсність частинок заповнювача	2. Режим твердіння
	-	1. Тривалість перемішування
	-	2. Інтенсивність перемішування
IV	1. Хімічна активність дисперсної фази	-
	2. Рельєф поверхні дисперсної фази	

На практиці зміна технології отримання матеріалу часто пов'язана з модернізацією технологічної лінії – заміною окремих вузлів та агрегатів. З метою підвищення техніко-економічної ефективності одержуваного матеріалу доцільно зосередити управління саме на зміні його рецептури [6]. Перелік керувальних рецептурних факторів наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Перелік елементарних керуючих рецептурних факторів для наномодифікованого каменю на основі композиційного в'язучого та наномодифікованого рентгенозахисного будівельного розчину

Структурний рівень наномодифікованого рентгенозахисного будівельного розчину	
В'язуче	Будівельний розчин
Найменування фактору	
1. Кількість нанорозмірного та мікророзмірного модифікаторів, пластифікуючої добавки	1. Кількість композиційного в'язучого, дисперсної фази, пластифікуючої добавки
2. Хімічна активність нано-розмірної добавки	2. Дисперсність частинок заповнювача
3. Хімічна активність мікророзмірної добавки	3. Хімічна активність дисперсної фази
	4. Рельєф поверхні дисперсної фази

У статті проведено системний аналіз рецептурних та технологічних чинників, що визначають властивості наномодифікованих цементних композицій та рентгенозахисних будівельних розчинів. Відповідно до поліструктурної теорії В.І. Соломатова, досліджено вплив елементарних керувальних факторів на різних структурних рівнях матеріалу. Запропоновано метод ранжування факторів за їх значущістю, що дозволяє виділити ключові параметри, які мають вирішальний вплив на процес структуроутворення.

Встановлено, що найбільш ефективним шляхом керування властивостями композитів є оптимізація їх рецептури, що дозволяє досягти необхідних показників міцності, щільності та радіаційного захисту без суттєвих змін технологічної лінії. Використання побудови графів та декомпозиції інтенсивних властивостей дало змогу визначити кількісні та якісні залежності між рецептурними і технологічними чинниками, а також розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації складу будівельних матеріалів.

Отримані результати можуть бути використані для створення математичних моделей композитів, що є важливою складовою автоматизованого проектування будівельних матеріалів з прогнозованими властивостями, а також сприяти підвищенню техніко-економічної ефективності виробництва.

Список використаних джерел

1. Соломатов В.І. Поліструктурна теорія будівельних матеріалів. – Харків: ХНУБА, 2015. – 256 с.
2. Коренєв В.В., Іванов О.С. Фізико-хімічні основи модифікації цементних композицій. – Київ: Будівельник, 2019. – 312 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи. Загальні технічні умови. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 38 с.
4. Гапонов С.В., Чернишенко І.М. Нанотехнології у виробництві будівельних матеріалів. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. – 220 с.
5. Гур'єв А.М., Піддубний В.І. Теорія та практика створення композиційних матеріалів. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 280 с.
6. ISO 22965-2:2020. Concrete — Part 2: Specification of constituent materials, production and conformity. – Geneva: ISO, 2020. – 54 p.