

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

САНИЦЬКОГО МИРОСЛАВА АНДРІЙОВИЧА

на дисертаційну роботу Колесникова Андрія Валерійовича

«Механізми багатоосередкового структуроутворення будівельних композитів на основі гіпсу»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби

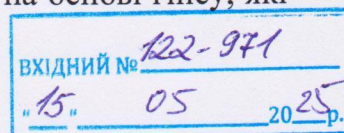
Актуальність теми дисертації. Підвищення вимог до сучасних будівельних матеріалів щодо технологічності, міцності та довговічності зумовлює необхідність поглибленого вивчення механізмів процесів їх структуроутворення на різних рівнях. Будівельні композити на основі гіпсу залишаються актуальними у сфері цивільного та індустріального будівництва. Дослідження механізмів структуроутворення композитів на основі гіпсу дозволяє вдосконалювати модельні уявлення, прогнозувати властивості та оптимізувати технологію їхнього виробництва. При цьому виникає необхідність розроблення нових підходів до аналітичного, геометричного та фізико-хімічного моделювання структури гіпсових композитів на різних масштабних рівнях, що має істотне значення для створення нових матеріалів з прогнозованими властивостями. Тому актуальними є дослідження механізмів багатоосередкового структуроутворення з метою створення будівельних композитів на основі гіпсу з покращеними властивостями, які відповідають сучасним вимогам будівництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами і темами. Актуальність дослідження підтверджується його тісним зв'язком із держбюджетною науково-дослідною темою Одеської державної академії будівництва та архітектури «Фізико-хімічні аспекти структуроутворення та руйнування будівельних композиційних матеріалів» (номер держреєстрації 012U111786). Тема дисертації відображає сучасний підхід до матеріалознавства, в основі якого – глибоке розуміння механізмів структуроутворення з залученням математичних уявлень та моделей як ключа до керованого поліпшення властивостей матеріалів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення, сформульовані у дисертаційній роботі, ґрунтуються на глибокому аналізі сучасних підходів до моделювання та дослідження структури гіпсових композитів. В основу дослідження покладено авторську робочу гіпотезу про провідну роль процесів багатоосередкового структуроутворення в керуванні властивостями будівельних композитів. Обґрунтованість висновків забезпечена теоретичними побудовами з використанням апаратів загальної та динамічної теорії систем, топології, геометричної параметризації, а також проведенням експериментальних досліджень гіпсових композитів із залученням методів тепловізійного відображення багатоосередкового структуроутворення, комп'ютерної обробки зображень, системного дослідження кривих структуроутворення. Розроблені на основі теоретичних та експериментальних моделей структуроутворення нові критерії оптимізації композиційних матеріалів на основі гіпсу, зокрема індекс водостійкості, дозволили отримати корисний теплозвукоізолюючий зологіпсоцементний композит, що підтверджує ефективність запропонованих підходів.

Наукова новизна одержаних результатів.

Основні наукові положення полягають у розробленні науково-концептуальних засад композиційної побудови ефективних будівельних композитів на основі гіпсу, які



базуються на встановлених автором закономірностях направленої керування процесами багатоосередкового структуроутворення матеріалу на всіх масштабних рівнях шляхом комплексного поєднання будівельного гіпсу, портландцементу, золи-винесення, цілого ряду заповнювачів та пластифікаторів з врахуванням їх сумісності та із забезпеченням необхідних експлуатаційних властивостей.

У якості **наукової новизни** слід відзначити встановлені закономірності опосередкового структуроутворення багатокомпонентних гіпсових в'язучих залежно від впливу змін потенціалу взаємодії між частинками в'язучого і наповнювача на локальні характеристики матеріалу з урахуванням флуктуаційних і релаксаційних явищ. Автором розроблено новий підхід до процесів структуроутворення, що враховує топологічні перетворення в життєвому циклі гіпсових матеріалів, зокрема зміни зв'язаності та роду фаз, а також запропоновано геометродинамічні моделі структуроутворення з використанням геометричної параметризації, що описують зміну об'ємних частин гіпсового композиту як коливальне явище. Розроблено метод дослідження структуроутворення, який поєднує тепловізійний аналіз екзотермічних процесів з комп'ютерною обробкою зображень для виявлення термічних осередків, а також удосконалено метод аналізу кривих структуроутворення через графічне відображення зміни кривизни, що дозволило системно оцінити зміни твердої фази, зв'язаної та вільної води у капілярно-пористій структурі матеріалу. Подальший розвиток отримали теоретичні уявлення про роль структурно-геометричних особливостей у процесах структуроутворення та закономірності утворення кластерної структури в нерівноважних умовах.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність результатів забезпечується використанням широкого спектру експериментальних методів дослідження: тепловізійного аналізу екзотермічних процесів тужавлення, ультразвукової діагностики процесу структуроутворення, комп'ютерної мікроскопії, аналізу гістограм зображень структури, а також сучасних математичних моделей. Особливо варто відзначити застосування перетворень експериментальних кривих у функції кривизни, використання геометро-топологічних моделей для інтерпретації отриманих результатів та застосування комбінованих критеріїв до оптимізації складу гіпсових композитів. Збіг теоретичних прогнозів і експериментальних даних підтверджує достовірність отриманих висновків.

Практичне значення результатів, наведених в дисертаційній роботі, полягає в розробленні інноваційних комп'ютерно-мікроскопічних методів аналізу зображень структури композиційних матеріалів та їх моментального стану в процесі структуроутворення, що дозволяє визначати об'єм і співвідношення гідратних фаз та непрогідратованого матеріалу, а також характеристики розподілу великих частинок і пор. Автором розроблено тепловізійний метод дослідження екзотермічного тверднення композиційних матеріалів, який базується на комп'ютерній обробці теплових зображень, що дає можливість прогнозувати формування структур руйнування. Запропоновано сучасні підходи до проектування композитів на гіпсовій основі, що дозволили суттєво покращити їх тепло- та звукоізоляційні властивості та забезпечило ефективне використання як підлогового покриття. Розроблені склади впроваджені у виробництві на підприємствах ЧП «Практик», ПП «Русрембуд», КП «Будова» для влаштування покриттів під підлоги.

Отримані наукові та методичні результати використовуються у навчальному процесі при підготовці студентів за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія», зокрема у таких дисциплінах: «Фізико-хімічні процеси в адитивних

технологіях», «Оптимізація складів матеріалів для 3D-друку», «Органічна та фізична хімія, хімія силікатів», «Фізико-хімічні методи дослідження будівельних матеріалів», «Структурування та тверднення композиційних матеріалів».

Результати досліджень рекомендовано використовувати при проектуванні нових композиційних матеріалів на основі гіпсу, в теплотехнічних і звукоізоляційних системах, при виготовленні підлогових покриттів, а також для реконструкції та ремонту існуючих будівель і споруд. Крім того, методики, розроблені автором, можуть бути використані для оцінки довговічності та руйнівних механізмів в інших класах композитів.

Склад і структура дисертаційної роботи. Дисертація викладена чітко, логічно, грамотно, з дотриманням вимог до оформлення наукових праць. Робота складається зі вступу, шести розділів основної частини, загальних висновків, додатків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 512 сторінок, з яких 358 сторінок – основний текст. Дисертація містить 168 рисунків, 24 таблиці, 5 додатків та 348 джерел літератури.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичну значущість, а також наведено дані щодо апробації та публікацій.

У **першому розділі** дисертації викладено наукову мету роботи, яка полягає у розробці методів дослідження структурування композиційних матеріалів на основі гіпсових в'язучих. Основна увага приділяється вивченню динамічних властивостей структурних перетворень у матеріалах та обґрунтуванню принципів їх оптимізації з метою підвищення експлуатаційних характеристик. Наукова гіпотеза ґрунтується на уявленні про матеріал як динамічну ієрархічну систему, в якій процеси структурування визначаються багаторівневою взаємодією елементів мікро- та макроструктури. У розділі визначено основні завдання дослідження, що включають розробку методів системного аналізу структури композиційних матеріалів на основі гіпсу, моделювання структурування з урахуванням багатоосередковості, створення геометродинамічних моделей для прогнозування поведінки структури в умовах експлуатації. Показано, що формування структури матеріалу значною мірою залежить від процесів структурування на різних ієрархічних рівнях, а також від взаємодії мікро- та макроелементів у складі композиту. Виявлення закономірностей ієрархічної організації дозволить оптимізувати структуру композитів на основі гіпсових в'язучих, забезпечуючи їхню надійність та довговічність. В той же час, у першому розділі дисертації недостатньо чітко визначено терміни «багатоосередкове структурування» та «структурно-функціональні відношення», що ускладнює сприйняття матеріалу. При цьому за основу будівельних композитів вибрано багатокомпонентні гіпсові в'язучі, що поєднують будівельний гіпс, портландцемент, золу-винесення та різного роду модифікатори. Тому слід було детальніше розглянути літературні дані щодо послідовності фазоутворення багатокомпонентної системи, які включають одночасну дію трьох механізмів: швидка кристалізація гіпсу, більш довготривала гідратація портландцементу та повільна пуцоланова взаємодія золи-винесення з гідроксидом кальцію - продуктом гідролізу алітової фази. Слід також зазначити, що в дисертації недостатньо широко охоплено сучасну міжнародну наукову літературу з відповідної тематики. В той же час, значна частина літературних джерел налічує понад 20 років і вже не відповідає сучасним уявленням про процеси структурування в'язучих матеріалів (зокрема [190]. Уемов А. И. Вещи, свойства и отношения. Москва, 1963. 183 с.).

У **другому розділі** дисертації розглянуто методи та вихідні матеріали, що використовувалися для дослідження структуроутворення композиційних матеріалів на основі гіпсу. Основна увага приділена розробці комп'ютерно-мікроскопічних методів аналізу зображень, що дозволяють визначати об'ємні характеристики гідратних фаз і непрогідратованих частинок, а також параметри розподілу структуроутворюючих частинок і пор. Для високонаповнених композитів із щільною структурою запропоновано метод визначення термінів тужавлення, який базується на аналізі швидкості проходження ультразвукових хвиль крізь в'язуче тісто. Цей метод є альтернативою стандартним пенетраційним підходам і дозволяє оцінити структурні зміни під час тверднення. У цьому розділі обґрунтовано комплексний підхід до дослідження процесів структуроутворення гіпсових композитів. Разом з тим, для поглибленого дослідження процесів структуроутворення гіпсових композиційних в'язучих слід використати комплекс методів фізико-хімічного аналізу (рентгенофазовий, електронно-мікроскопічний та ін.). Крім цього для прогнозування довговічності будівельних композитів необхідно більш детально розглянути методи визначення їх будівельно-технічних характеристик.

У **третьому розділі** дисертації представлено теоретичні підходи до моделювання структуроутворення композиційних матеріалів на основі гіпсових в'язучих. Основна увага зосереджена на геометродинамічних моделях, що враховують багаторівневу ієрархію структурних компонентів та емерджентні явища на проміжному рівні організації гіпсових композитів. Запропоновано концепцію динамічної ієрархічної системи, в якій процес структуроутворення визначається взаємодією між мікро- та макроструктурними елементами. Розроблено геометродинамічну модель структуроутворення, яка описує часові зміни об'ємних частин лінійних, поверхневих та об'ємних компонентів гіпсових композитів. Запропоновано модель структуроутворення на основі біфуркаційних явищ у керованій градієнтній системі, що враховує вплив мікроструктурних елементів на формування проміжного рівня. Автором також представлено геометричну модель руйнування композиційних матеріалів у вигляді «сітки розупорядкованих структур» з локально зниженими міцнісними властивостями. У даному розділі розроблено комплексну теоретичну базу для моделювання процесів структуроутворення, що дозволяє прогнозувати фізико-механічні властивості композиційних матеріалів на різних етапах їх життєвого циклу. Разом з тим, фізико-хімічні механізми структуроутворення гіпсових композиційних матеріалів та розподілені моделі їх багатоосередкового структуроутворення слід було представити з врахуванням формування складної морфології при утворенні поліфазної мікроструктури багатокомпонентних цементуючих композитів.

У **четвертому розділі** дисертації представлено системні уявлення про багатоосередкове структуроутворення гіпсових композитів та їх застосування. Автором проведено феноменологічне дослідження процесів структуроутворення композитів на основі гіпсу з використанням кривих структуроутворення. Методика включає обробку експериментальних даних про фізичні властивості матеріалу: швидкість ультразвуку, електропровідність, діелектричні втрати та тепловиділення при гідратації. Для виявлення прихованих закономірностей використовуються етапи нормування, побудови графіків кривизни та спільного аналізу особливостей. Аналіз показав ефекти синхронізації екстремумів та точок зміни кривизни на нуль, що проявляються у вузьких часових інтервалах, відомих як часові смуги синхронізації. При цьому електропровідність змінюється при руйнуванні перколяційного кластера вільної води, що бере участь у гідратації. Швидкість ультразвуку підвищується при

формуванні кластера твердої фази, що забезпечує механічну передачу коливань. Еволюція структури характеризується послідовним утворенням однозв'язаних фрагментів, які поступово перетворюються у дво- та тризв'язані елементи. Синхронізація фізичних процесів пояснюється одночасністю структурних змін у твердих, рідких та поверхневих підсистемах матеріалу. Темпи та ритми структуроутворення виявляються як послідовні процеси, які відображаються на графіках кривизни, що дозволяє наочно інтерпретувати етапи твердіння композиту. Разом з тим, в даних дослідженнях, наведених в розділі 4, слід було конкретизувати речовинний склад гіпсових композитів. При цьому зв'язок між фізичними змінами в матеріалі та його структурними параметрами, який має ключове значення для контролю якості матеріалів, слід пов'язати з результатами фізико-механічних випробувань гіпсових композитів.

У **п'ятому розділі** дисертації розглянуто застосування тепловізійних методів для моделювання структуроутворення композитів на основі гіпсу. Дослідження показали формування квазидискретної структури термічних осередків з майже однаковою температурою та умовних меж між ними, що нагадують поліедри Вороного. Розглядається процес екзотермічного твердіння гіпсового матеріалу, для якого встановлено, що швидкість реакцій відрізняється у різних точках в'язучого тіста. Це пояснюється початковою організацією матеріалу, нерівномірним скупченням твердої фази та дифузійними обмеженнями. Метод тепловізійного дослідження дозволяє виявити багатомасштабну структуру теплових осередків, частина з яких обумовлена прискоренням реакцій у проміжних масштабних зонах. Тепловізійні зображення надають можливість візуалізувати структуру, що формується під час твердіння, та визначити зони інтенсивних перетворень. Використання тепловізійних даних сприяє моделюванню структур руйнування композитів. В той же час, тепловізійне дослідження процесів твердіння композиційних матеріалів з високим тепловиділенням при гідратації слід було порівняти з даними калориметричного аналізу.

У **шостому розділі** розглянуто структурно-інваріантний метод дослідження і оптимізації гіпсових композитів, на основі якого запропоновано підхід до оптимізації будівельних композитів через розширення набору їхніх фізичних характеристик до індивідуальних комбінацій, тісніше пов'язаних зі структурою та цільовими властивостями. Ці "комбіновані критерії" (структурні, відносні, умовні) дозволяють проводити багатофакторну оптимізацію. Особливу увагу приділено "індексу водостійкості", який, на відміну від традиційного коефіцієнта розм'якшення, додатково враховує абсолютну міцність матеріалу у водонасиченому стані. Автор вважає його удосконаленим критерієм для оцінки довговічності гіпсовмісних матеріалів у вологому середовищі та ключовим при проектуванні водостійких композитів, зокрема теплоізоляційних, де важлива мінімізація теплопровідності при збереженні міцності у вологих умовах. Практично це реалізовано у створенні теплозвукоізолюючих композитів із покращеною водостійкістю на основі гіпсоцементнозольного в'язучого (ГЦЗВ). ГЦЗВ поєднує гіпс, портландцемент та золу винесення, формуючи подвійну гідратаційну матрицю, що підвищує щільність та стабільність у вологому середовищі. Багатофункціональність будівельного композиту досягається введенням трикомпонентного заповнювача: пінополістиролу (теплоізоляція, низька густина), гранульованого піноскла (вогнестійкість, армування) та пробкової крихти (звукопоглинання). Оптимізований склад продемонстрував збалансовані показники: прийнятну густину, низьку теплопровідність, достатню міцність для практичного застосування, хороші звукоізоляційні якості та покращену водостійкість порівняно з

традиційними аналогами, що підтверджується високим значенням індексу водостійкості. Розроблений гіпсовий композит успішно пройшов апробацію на кількох реальних будівельних об'єктах, зокрема, при влаштуванні стяжок підлоги в житлових та технічних приміщеннях на значній загальній площі. Впровадження розробки показало її достатньо високу економічну доцільність, що визначає практичну цінність та конкурентоспроможність запропонованого композиту. В той же час, значна частина розділу представляє собою літературні дані, а принципи розрахунку теплоізолюючої стяжки наведені в додатках до дисертації. Тому слід було більш повно обґрунтувати практичні аспекти впровадження розробленого гіпсового композиту в якості теплоізолюючої стяжки для підлог з врахуванням сучасних вимог до енергоефективності.

Текст роботи супроводжується значною кількістю ілюстрацій і прикладів, подано алгоритми, моделі, методики.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У дисертаційній роботі не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, що могли б поставити під сумнів дотримання норм академічної доброчесності.

Повнота викладення матеріалів дисертаційної роботи в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 52 друкованих працях, з них 1 монографія (в співавторстві), 21 стаття у фахових виданнях України, 6 статей у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus та WoS, 3 статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав, 21 публікація, що засвідчує апробацію матеріалів дисертації. Аналіз публікацій Колесникова Андрія Валерійовича свідчить, що вони всебічно і достатньо повно висвітлюють наукові положення, висновки та рекомендації, які знайшли своє відображення у дисертації.

Зміст реферату і основних положень дисертації є ідентичним та у достатній мірі висвітлює її наукові положення, висновки і рекомендації. Дисертація і реферат Колесникова Андрія Валерійовича викладені на достатньому науково-технічному рівні і оформлені у відповідності з вимогами щодо структури і правил оформлення документації у сфері науки і техніки.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Дана дисертаційна робота представляє яскраво виражене теоретичне обґрунтування щодо розроблення механізмів багатоосередкового структуроутворення будівельних композитів на основі гіпсу. Разом з тим, при цьому побудовано багато моделей структуроутворення загального типу, які не прив'язані до гіпсових композитів. Така особливість роботи вважається дещо невиправданою і потребує уточнення згідно представленої назви та мети дисертаційної роботи. Слід було більший акцент зробити на сучасні будівельні композити на основі гіпсу, а саме композиційні гіпсові в'язучі (КГВ), які представляють собою багатокомпонентні системи на основі будівельного гіпсу, портландцементу, золи-винесення та різного роду модифікаторів, а також більш детально висвітлити особливості процесів їх структуроутворення.
2. Загальні механізми та моделі структуроутворення недостатньо обґрунтовано поширюються (особливо в розділі 3 та 4) на композиційні матеріали іншого типу, зокрема цементні. Такий підхід не вважається достатньо обґрунтованим, а механізми структуроутворення композитів, що згадуються, можуть істотно відрізнятись.
3. У розділі 3 наведено одно-(1), дво (2) та тривимірні (3) елементи мікроструктури цементного композиту (рис. 3.46). Звідси неясно, які цементні композити

розглядаються. На рис. 3.63. представлено твердіння гіпсової дисперсії – фізична модель структуроутворення. Слід також доповнити дані моделі для гіпсо-цементно-зольного в'язучого.

4. У розділі 4 наведена пластична міцність R_m чотирьох однакових складів в'язучого (рис. 4.3) та динаміка процесу їх структуроутворення (рис. 4.4). В той же час, характеристика даних складів при цьому не подана. В розділі 4.3 представлено якісні зміни характеристик досліджуваного гіпсового композиту (табл. 4.3), проте при цьому не представлені його фізичні характеристики. Тому доцільно порівняти фізичні та механічні характеристики будівельного гіпсу та розробленого гіпсо-цементно-зольного в'язучого.
5. Автором використовується такий показник для гіпсових в'язучих як індекс водостійкості $I_v = R_{\text{вол}}^2 / R_{\text{сух}}$ [МПа]. Разом з тим, коефіцієнт розм'ягшення $K_p = R_{\text{вол}} / R_{\text{сух}}$, тоді дану формулу слід трансформувати в наступному виді: $I_v = K_p \cdot R_{\text{вол}}$ [МПа]. При цьому неясно, яким є фізичний зміст даного показника як універсального критерію оцінки стійкості матеріалів до дії води, а також слід показати його відмінність від міцності у водонасиченому стані $R_{\text{вол}}$.
6. У розділі 6 «Просторова організація термічних процесів при структуроутворенні композиційних матеріалів на основі тепловізійних досліджень» зроблено висновок 5, що тепловізорне дослідження матеріалів з екзотермічним твердненням представляє собою варіант експрес-методу дослідження процесів багатоосередкового структуроутворення в різних умовах. Разом з тим, відомо, що термографічний метод (інфрачервона термографія) використовуються для поверхневої оцінки теплових процесів і більше підходить для діагностики, ніж для точного вимірювання. Тому необхідно було провести розрахунок тепловиділення для розроблених будівельних композитів та порівняти отримані результати з класичними методами визначення тепловиділення будівельних матеріалів: методи ізотермічної та диференціальної сканувальної калориметрії.
7. У розділі 6.5.3. «Практичне впровадження отриманого гіпсового композиту» слід було показати, що розроблена суміш має потенціал для функціонально-ефективного використання як одношарова теплоізоляційно-конструктивна стяжка, яка замінює традиційну багатошарову систему (цементно-піщана стяжка + утеплювач). При цьому для оцінки економічної ефективності доцільно проаналізувати три складові: матеріальні витрати (грн/м²), функціональна ефективність (трудозатрати, прискорення робіт та сумарна теплофізична ефективність), річна економічна ефективність. Разом з тим, економічні розрахунки, що містяться в додатках, є нетиповими, надмірно складними, а деякі їхні результати – не зрозумілими з практичної точки зору.
8. Використання будівельних композитів на основі гіпсу з керованим багатоосередковим структуруванням забезпечує значний потенціал щодо зменшення антропогенного навантаження на довкілля. Впровадження добавок техногенного походження (зола-винесення) сприяє вторинному використанню ресурсів, зменшенню потреби у первинній сировині та енергоємних матеріалах. Окрім пониженого вуглецевого сліду, досліджені гіпсові композити мають також позитивні екологічні характеристики. Проте в даній роботі цьому приділено недостатньо уваги, а екологічна ефективність і показники вуглецевого сліду практично не розглядаються.

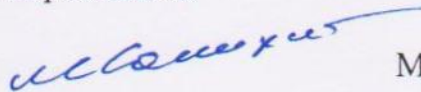
Відмічені недоліки не знижують цінності для науки і практики виконаної автором роботи.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

За актуальністю, обсягом проведених теоретичних та експериментальних досліджень та їх науковим рівнем, важливістю теоретичних і прикладних результатів та повнотою їх опублікування дисертація Колесникова Андрія Валерійовича «Механізми багатоосередкового структуроутворення будівельних композитів на основі гіпсу» є завершеним самостійним дослідженням, у якому запропоновано комплексний підхід до аналізу процесів структуроутворення гіпсових композиційних матеріалів з урахуванням топологічних, геометричних і фізико-хімічних чинників. У роботі сформульовано та аналітично обґрунтовано модель керованого багатоосередкового структуроутворення, засновану на геометродинамічному та топологічному аналізі, запропоновано методи експериментального вивчення структури матеріалу на різних етапах твердіння, зокрема тепловізійного контролю та комп'ютерної мікроскопії. Отримані результати дозволяють удосконалити існуючі уявлення про механізми структуроутворення в композитах на основі гіпсу та використовуються для оптимізації тепло- та звукоізоляційних властивостей матеріалів у практичних розробках. Дисертаційна робота виконана у відповідності до вимог паспорту спеціальності 05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби та пунктів 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора технічних наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021р. №1197, а її автор Колесников Андрій Валерійович заслуговує присудження наукового ступені доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри будівельного виробництва
Національного університету
«Львівська політехніка»



Мирослав САНИЦЬКИЙ

Особистий підпис д.т.н., професора М.А. Саницького

«засвідчую»

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ