

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Римар Тетяни Ернстівни**
“ Розробка наукових основ НВЧ-технології композиційних матеріалів
для теплоізоляції на основі рідинного скла ”,

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

Склад і структура дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Римар Т.Е. представлена в об’ємі 433 сторінки повного тексту, який включає анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, список використаних джерел із 359 найменувань на 37 сторінках та 4 додатки на 21 сторінці. Рукопис дисертації містить 362 сторінки основного тексту, в тому числі, 48 таблиць та 106 рисунків.

Актуальність теми дослідження не викликає сумнівів, оскільки стосується актуального питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом впровадження нових видів неорганічних теплоізоляційних матеріалів. На сьогоднішній день традиційні матеріали для ізоляції промислового устаткування та трубопроводів не забезпечують вимоги ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015 та мають обмежену температуру експлуатації. Відомі матеріали на основі рідинного скла можуть експлуатуватися при температурі до 600°C та мають ряд екологічних переваг та значну довговічність.

В метою підвищення ефективності матеріалів на основі рідинного скла автором запропоновано використовувати у якості альтернативного джерела термообробки мікрохвильове випромінювання з метою об’ємного прогріву всіх шарів рідинноскляної композиції і як результат- підвищення якості матеріалу.

Таким чином, науково-практична проблема створення основ технології теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла під дією НВЧ випромінювання з комплексом необхідних експлуатаційних характеристик є актуальною та визначила основні напрямки дисертаційного дослідження.

З метою розроблення ефективних теплоізоляційних композиційних матеріалів автором запропоновано дослідити та розробити наукові основи НВЧ-технології виготовлення матеріалів на основі рідинного скла із регульованими властивостями.

Тому встановлення наукових закономірностей впливу технологічних параметрів виготовлення композитів на основі рідинного скла на їхню структуру, властивості та розробка сучасних, ефективних теплоізоляційних матеріалів зробить вагомий внесок в розвиток будівельного матеріалознавства.

Актуальність вибраного автором напрямку дослідження підтверджується її участю у виконанні науково-дослідних тем «Термостійкі теплоізоляційні матеріали на основі неорганічного полімеру – рідкого скла» (№ ДР 0114U005449), «Полімерні піноматеріали з використанням рідкоскляного грануляту» (№ ДР 0116U008701) та участю у договірній науково-дослідній роботі "Отримання спіненого полімерного

наповнювача для теплоізоляції" (ТОВ «Хімеселен», м. Северодонецьк, договір № 1 від 01.11.2009 р.) В роботах автор була керівником тем.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні **наукові положення** дисертації полягають у встановленні наукових основи створення технології теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла, що виражається у розкритті та використанні закономірностей формування їх структури і властивостей залежно від параметрів надвисокочастотного випромінювання та модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів.

В якості **наукової новизни** слід відзначити запропоновані автором закономірності формування структури і властивостей теплоізоляційних матеріалів залежно від параметрів надвисокочастотного випромінювання, зміни структури рідинноскляної композиції в процесі її поризації при об'ємному прогріві.

Встановлені закономірності трансформації частини енергії електромагнітного випромінювання у теплоту, яка сприяє об'ємному розширенню рідинноскляної композиції, а інша частина енергії впливає на структурні зміни в матеріалі, що пов'язано з ефектом «нетеплової» дії НВЧ випромінювання.

Виявлені особливості переходу суспензії на основі рідинного скла під дією випромінювання в піропластичний стан в умовах протікання конкуруючих процесів дегідратації і поризації структури матеріалу та встановлено, що процес поризації під дією НВЧ випромінювання характеризується двома послідовними періодами з різними значеннями кінетичних параметрів.

Вперше визначена роль модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів в умовах мікрохвильового випромінювання та встановлено роль добавки ZnO , яка сприяє сповільненню процесів гелеутворення та збільшує час досягнення рівноважного стану, забезпечуючи оптимальну в'язкість суспензії для подальшої її поризації.

Встановлено каталітичну функцію модифікатору $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ в контактнo-конденсаційному і колоїдно-коагуляційному механізмах твердіння рідинноскляних композицій, яка забезпечує утворення гетерогенної структури теплоізоляційних матеріалів з підвищеними показниками міцності і водостійкості.

Важливим досягненням дисертаційної роботи вбачається встановлена автором ефективність мікрохвильової обробки матеріалів при введенні у рідинноскляну композицію пороутворювача H_2O_2 , швидкість розкладання якого співставима із швидкістю процесу гелеутворення композиції під дією НВЧ випромінювання, та поверхнево-активної речовини ОП-10, що дозволяє стабілізувати спучену масу та отримати механічно міцний матеріал з рівномірно розподіленою структурою.

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується також на представленому в роботі аналітичному і експериментальному матеріалах.

В першому *розділі* роботи автором здійснено аналіз наукових розробок в напрямку отримання ефективних силікатних теплоізоляційних матеріалів і виробів, зокрема, на основі рідинного скла. Детально описано сутність процесу виготовлення більшості спучених рідинноскляних матеріалів, в тому числі, гранульованих,

зернистих, з висвітленням їх переваг і недоліків. Показано закономірності структуроутворення теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих силікат-натрієвих композицій, наповнених різними видами активних мінеральних добавок, з використанням сировинних природних і техногенних продуктів.

Автор приділила велику увагу розробкам високоміцних та водостійких алюмосилікатних лужних матеріалів наукової школи В.Д.Глуховського, які в процесі структуроутворення моделюють синтез цеолітів і гідролід. Вивчено закордонний досвід наукових досліджень щодо розроблення теплоізоляційних матеріалів на основі лужно активованих алюмосилікатних композитів та техногенних відходів з високою термостійкістю. Критично оцінено недоліки технологій їх виробництва та запропоновано шляхи покращення технологічних параметрів одержання матеріалів за рахунок використання мікрохвильової обробки композитів.

Аналізом наукової літератури логічно доведено, що використання НВЧ випромінювання дозволяє досягти розігріву і розм'якшення всієї маси рідинноскляної композиції за рахунок внутрішніх процесів прискорення руху молекул води, їх тертя та виділення теплової енергії, а не за рахунок підводу високих температур ззовні.

Аналіз літературних джерел та відомих закономірностей в області будівельного матеріалознавства дозволив автору висунути **наукову гіпотезу** про можливість використання НВЧ випромінювання для виготовлення ефективних композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла при більш низьких температурах і впродовж значно меншого часу термообробки, в порівнянні з конвективним нагрівом.

В цілому, матеріал розділу викладено логічно, чітко, в послідовності, яка дозволила коректно сформулювати мету, наукову гіпотезу і задачі досліджень.

Другий розділ присвячено опису структури та полімерної природи рідинного скла, процесів, які протікають при його термічному та хімічному затвердінні.

Обґрунтовано вибір компонентного складу рідинноскляної композиції для виготовлення теплоізоляційних матеріалів. Для одержання спучених гранул як модифікатори коагуляційно-кристалізаційних процесів використовували добавки, хімічно активні по відношенню до рідинного скла.

В розділі наводяться критерії вибору сировинних сумішей рідинноскляної композиції, які можна ефективно піддавати дії НВЧ випромінювання та на основі яких можна отримувати якісні теплоізоляційні матеріали.

Детально описано фізико-хімічні процеси, які протікають у рідинноскляної композиції при її спученні, різні методи отримання гранул з рідинного скла і композиційних матеріалів на їх основі.

Аналіз теоретичної інформації та експериментальних даних дозволив автору сформулювати особливості компонентного складу рідинноскляної суміші, яка спучується за температури навколишнього середовища та при НВЧ нагріві, та показати роль кожного з компонентів у формуванні структури якісного композиту.

В *третьому розділі* роботи представлено технологію гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла в умовах НВЧ випромінювання. Встановлено необхідність використання у композиціях різних

добавок для забезпечення необхідних будівельно-експлуатаційних властивостей матеріалів.

Досліджено механізми впливу НВЧ випромінювання на властивості гранульованого матеріалу, описано параметри НВЧ установки: робочу частоту, потужність, температуру. Підбрано та оптимізовано рецептуру сировинної суміші для виготовлення гранул із наперед заданими властивостями. Підтверджено переваги НВЧ випромінювання у порівнянні з конвективним нагрівом для отримання гранул найкращої порової структури, механічних та гідрофізичних властивостей.

Підтвердженням ефективності обраної технології слугують результати растрової мікроскопії, що демонструють зовнішній вигляд зразків гранул при різних технологіях спучування, який впливає і на властивості матеріалу.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено процесам отримання композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинноскляних гранул. Процес може здійснюватися за двома температурними параметрами: при температурі навколишнього середовища, за допомогою газоутворювача, що штучно вводиться у сировинну композицію, а також за умови дії підвищених температур, де пороутворювачем виступає силанольна або водневозв'язана молекулярна вода.

Експериментальними дослідженнями з визначення структури і властивостей матеріалів в залежності від компонентного складу рідинноскляної композиції дозволили визначити оптимальну рецептуру зв'язуючого матеріалу. Показано можливість направленого впливу на кінцеві властивості матеріалів залежно від вмісту компоненту у складі композиційного матеріалу, що у поєднанні з гранульованим заповнювачем сприяє отриманню теплоізоляційних виробів з покращеними експлуатаційними властивостями, а саме, пониженим водопоглинанням, гігроскопічністю, лінійною температурною усадкою, та вдвічі підвищеними показниками міцності.

Показано переваги композиційних матеріалів, отриманих під дією НВЧ випромінювання, що виявляється у сумісному НВЧ нагріві гранульованого напівфабрикату разом із зв'язуючим матеріалом в замкнутому просторі.

Оптимізовано компонентний склад сировинної суміші для отримання композиційних матеріалів за технологією НВЧ випромінювання з найкращими структурними параметрами, швидкістю гелеутворення та експлуатаційними властивостями.

Доведено, що з застосуванням НВЧ випромінювання дозволяє отримати композиційні теплоізоляційні матеріали з кращим комплексом властивостей при більш низьких енергетичних витратах, що пов'язано з модифікацією рідинноскляної матриці добавками, за рахунок утворення зшитої тривимірної структури рідинного скла з менш дефектною низькомолекулярною фракцією.

З використанням фізико-хімічних методів аналізу досліджено склад новоутворень композиційного матеріалу при різних технологіях вплив: конвективного прогріву та НВЧ випромінювання, та доведено ефективність останнього.

Показано, що в умовах НВЧ випромінювання спостерігається швидка коагуляція і кристалізація рідинного скла під впливом напівводного гіпсу з

утворенням CaSiO_3 , що призводить до підвищення кристалічності перегородок і міцності матеріалу, надає їм більшу водостійкість.

В цілому аналіз наведених результатів досліджень дозволяє зробити висновок про дещо дискусійні висновки автора, проте основні наукові положення, які розробляються в розділах 3 і 4 є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих особисто автором експериментальних результатах.

У **п'ятому розділі** розглянуто технологію отримання гранульованих і композиційних теплоізоляційних матеріалів при різних параметрах НВЧ нагріву. Встановлено оптимальні параметри процесу спучення гранул: потужність НВЧ-установки - 650 Вт і тиск ~ 100 кПа

З використанням математичних методів планування експерименту здійснено оптимізацію технологічних параметрів отримання композиційних матеріалів під дією НВЧ випромінювання (потужність випромінювання, тривалість процесу, тиск). Наведено графічну інтерпретацію результатів проводилась за допомогою побудови поверхні відгуку зміни вихідних властивостей.

Проведено порівняння процесів отримання композиційних теплоізоляційних матеріалів шляхом об'ємного і контактного поєднання. Останні характеризуються більш високими показниками міцності та нижчими показниками сорбційної вологості та водопоглинання, що досягається завдяки щільній упаковці гранул і рівномірному розподілу зв'язуючого матеріалу у просторі між гранулами. Таким чином, підтверджено ефективність використання НВЧ випромінювання, яке дозволяє здійснити об'ємний прогрів композиції та одночасно спучити і гранули, і зв'язуючу речовину та отримати міцний омонолічений композит.

Практичною новизною роботи вбачається запропонована автором технологічна схема виробництва композиційних матеріалів у вигляді теплоізоляційних виробів шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого під дією НВЧ випромінювання. Реалізація запропонованої технології дозволить отримати теплоізоляційні вироби з покращеними експлуатаційними властивостями при більш низьких енергетичних витратах на їх виробництво в порівнянні з конвективним нагрівом.

Наприкінці розділу автором здійснено порівняння основних експлуатаційних характеристик розробленого матеріалу з існуючими на ринку України теплоізоляційними неорганічними аналогами.

Автором виконано технологічно-економічна оцінку мікрохвильової технології спучення композиційних теплоізоляційних матеріалів порівняно з технологією виробництва алюмосилікатних виробів і піноскла. Встановлено, що переваги запропонованої технології полягають у зменшенні тривалості і температури процесу та відсутності необхідності у введенні додаткових компонентів для модифікації властивостей матеріалу.

Розрахунками показано, що ціна 1 м^3 запропонованого композиційного теплоізоляційного матеріалу є нижчою за ціну найпоширенішого зараз піноскла в 1,25 рази та тримається на рівні вартості алюмосилікатів.

Практичне значення роботи підтверджують результати за запропонованими технологіями на підприємстві ТОВ «Хімекселен» (м.Северодонецьк) виготовлені

дослідні партії гранульованого та композиційного матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла, які введені в експлуатацію на ТОВ «ДАЙМОНТХІМ» (м. Сєверодонецьк), випробування технічних характеристик матеріалів проведені у ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків).

Теоретичні та практичні результати, отримані при виконанні досліджень, впровадженні у практику навчального процесу кафедри хімічної інженерії та екології СНУ ім. В. Даля при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – «Хімічні технології та інженерія».

У додатках наведено акти випуску дослідних партій гранульованого та композиційного теплоізоляційного матеріалу та їх введення в експлуатацію, також акти випробувань дослідних зразків розробленого матеріалу.

Достовірність і наукова новизна положень , висновків і рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі Римар Т.Е. не викликає сумнівів, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та практичних досліджень і експериментів, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола сучасних методів досліджень, а також впровадженням результатів роботи на промислових і цивільних об'єктах України.

Загальні висновки по роботі висловлені чітко та аргументовані коректними результатами, отриманими особисто автором.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстрованих запозичень. Навмисних ілюстрованих спотворень не виявлено, що дозволяє зробити висновки про відсутність порушень в роботі академічної доброчесності.

По роботі є наступні зауваження:

1. Другий розділ дисертаційної роботи перевантажений відомою інформацією про рідинне скло, його будову, способи затвердіння композицій на основі рідинного скла тощо.

2. В роботі не наведено числові критерії, за якими було обрано добавки-модифікатори за ступенем активності до рідинного скла - помірно активні, активні.

3. Твердження автора про узгодженість між кількістю видаленої води та утворенням відкритих пор (стор.152) не підтверджено в роботі експериментально.

4. У якості добавок–отверджувачів до рідинноскляної композиції було запропоновано повітряну в'язучу речовину (напівводний гіпс) та гідравлічну в'язучу речовину (портландцемент), а також їх суміш (стр.208). Вбачається доцільним розглянути інші види мінеральних в'язучих речовин (шлакопортландцементу, пуццоланового цементу тощо) у якості прискорювачів твердіння розглянутої системи та визначити критерії вибору їх для розширення номенклатури добавок.

5. В роботі наводиться склад композиційного теплоізоляційного матеріалу, в якому представлено різне співвідношення в'язучої речовини та гранульованого заповнювача (табл. 2.3, стор.129; табл. 2.4, стор.130, табл. 4.1, стор. 206). Проте, обґрунтування вибору оптимальної кількості заповнювача у композиційному

матеріалі наводиться тільки на сторінці 220 дисертаційної роботи. Причому для певної технології виготовлення виробів (конвективною, НВЧ) співвідношення між зв'язуючою речовиною і гранулятом є різними. Для кращого сприйняття наукових досліджень бажано було принципи вибору кількості компонентів наводити раніше, ніж аналіз експериментальних даних.

6. В розділі 3 автором отримані цікаві результати з використанням у якості поризуючої добавки інтеркальованого графіту. Бажано було в подальших дослідженнях використати нанорозмірні вуглецеві речовини (нанотрубки, нановолокна), які можуть ефективно вплинути на одержання міцного, водостійкого, пористого матеріалу, особливо при їхньому незначному вмісті в рідинноскляній суміші – 0,1...0,01 мас. %.

7. Доцільним було б дослідити ступінь вогнестійкості розробленого композиційного матеріалу та надати рекомендації щодо можливості його застосування в громадському і промисловому будівництві.

8. Розділ 4 перевантажений однотипними дослідженнями, які можна було б об'єднати або скоротити без зниження якості сприйняття досліджень.

9. По тексту дисертації зустрічаються слова та словосполучення та лінгвістичні конструкції, які не є характерними для української мови.

10. Оскільки робота має назву «Розробка наукових основ...» було б логічно наприкінці дисертації висвітлити встановлені автором наукові основи НВЧ-технології композиційних матеріалів на основі рідинного скла для можливості їх використання іншими дослідниками при створенні нових будівельних матеріалів та виробів.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 39 наукових працях, зокрема, 22 статті, що опубліковані у наукових фахових виданнях України, 12 статей - у виданнях, які індексуються у наукометричній базі Index Copernicus, 5 - у наукометричній базі Scopus, 4 патенти України на корисну модель.

Приведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня як в Україні, так і за кордоном. Основні результати і положення дисертаційної роботи висвітлені в матеріалах конференцій, які містяться у 9 публікаціях.

Результати аналізу публікацій здобувача засвідчують повноцінне висвітлення в них основних положень і результатів дисертаційних досліджень. Відмічено 18 одноосібних публікацій за темою дисертації..

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації. Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та досить повно висвітлює її основні результати та висновки, а також містить необхідну інформацію про сутність досліджень та отриманих практичних результатів.

Висновок. Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що дослідження Римар Т.Е на тему “Розробка наукових основ НВЧ-технології композиційних матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла” є завершеним самостійним науковим дослідженням.

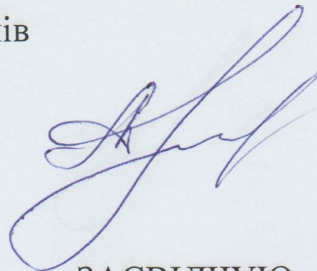
Наведені зауваження не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Дисертаційна робота Римар Т.Е. за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною є завершеною науково-дослідною роботою, яка може бути кваліфікована як перспективний науковий напрям, містить нові наукові результати, що в комплексі вирішують науково-прикладну проблему щодо розроблення НВЧ-технології композиційних матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла.

Дисертація Римар Тетяни Ернстівни за рівнем її наукової новизни і практичною значимістю відповідає комплексу вимог МОН України та п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року зі змінами і доповненнями, а її автор, Римар Тетяна Ернстівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри будівельних матеріалів
Київського національного університету
будівництва і архітектури

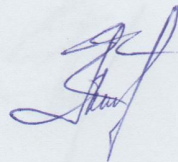


М.В. Суханевич

Підпис д.т.н., доцента Суханевич М.В.

ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар
Київського національного університету
будівництва і архітектури



О.С.Петренко