

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**Црноя Анджелка**

**«Ефективні звукоізоляційні матеріали для реконструкції огорожувальних конструкцій будівель», представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 180 сторінок, з них 125 сторінок основної частини, 62 рисунки, 43 таблиці, список використаної літератури з 152 найменувань на 17 сторінках, а також додатки на 8 сторінках.

**Актуальність теми.** Створення необхідного акустичного комфорту в приміщеннях будівель і споруд є однією з актуальних проблем, вирішенню якої надається велике значення. З кожним роком збільшується кількість джерел шуму і вібрацій, особливо у великих містах, спричинюючи посилення рівня негативного впливу на людей, що викликає зростання негативних наслідків для їх здоров'я. Використання традиційних методів забезпечення звуко-, шумо- та віброізоляції, як правило, супроводжується значним ростом вартості будівництва внаслідок збільшення витрат матеріалів або складності конструктивного рішення та монтажу. Тому насущним є пошук нових звукоізоляційних матеріалів та технологій, які б дозволили забезпечувати нормативні вимоги до звукоізоляції будівель без суттєвого збільшення матеріалоемності матеріалів і конструкцій. До числа основних шляхів реалізації цієї проблеми можна віднести підвищення звукоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій, що в багатьох випадках є найбільш раціональним засобом зниження шуму, який проникає в приміщення будівлі ззовні або передається між суміжними приміщеннями всередині самої будівлі. Підвищити звукоізоляцію огорожувальної конструкції будівлі можна різними способами. Найбільш поширеним є збільшення товщини та масивності конструкцій стін або перекриттів, але, при простоті вирішення проблеми, цей спосіб зумовлює зростання навантажень на окремі конструктивні елементи будівлі, а також суттєво підвищує загальну вартість зведення будівлі, що позначається на споживачах. Перспективним напрямком можна вважати застосування звукоізоляційних виробів, матеріал яких забезпечує необхідний опір проходженню звукових хвиль, маючи при цьому невелику густину. Для підвищення звукоізоляційних властивостей матеріал таких виробів має одночасно забезпечувати умови для відбивання звуку та його розсіювання. В дисертаційній роботі було запропоновано використовувати панелі типу «сендвіч» з внутрішнім прошарком – гумовою складовою, виготовленою з переробленої гуми автомобільних шин. Внутрішній прошарок є полімервміщуючим композитом, який складається з гумових гранул різного фракційного складу, скріплених між собою полімерним зв'язуючим. Направлений розподіл неоднорідних за розміром гранул гуми, шляхом підбору їх раціональних співвідношень, дозволяє підвищувати звукоізоляцію приміщення за рахунок організації такої структури

прошарку, яка забезпечує ускладнення для проходження звукових хвиль в матеріалі виробу в результаті збільшення кількості перешкод на його шляху. Це зумовлює можливість тривалого перенаправлення руху хвиль від однієї гумової гранули до іншої з поступовим їх поглинанням, що перешкоджає виходу звуку на поверхні виробу. Одночасно вирішуються екологічні питання, пов'язані з недоліками традиційної утилізації відходів гумових речовин через спалювання, тоді як розроблені панелі можна віднести до дешевих, довговічних та екологічно чистих матеріалів.

Таким чином, при зростаючих об'ємах будівництва, вдосконалення рецептурно-технологічних факторів для покращення властивостей звукоізоляційних виробів робить вибір теми досліджень обґрунтованим та своєчасним.

Актуальність теми також підтверджується тим, що робота виконана відповідно до Закону України від №2623-III «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» (напрямки «Енергетика та енергоефективність» та «Рациональне природокористування»), а також в рамках науково-дослідної тематики кафедри Технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури – «Наукові основи вибору ефективних рішень у технології будівництва».

#### **Аналіз основного змісту роботи, наукової новизни, ступеню обґрунтованості наукових положень та висновків.**

Основні наукові положення дисертації полягають у розробці питань підвищенні ізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій будівель і споруд за рахунок використання панелей з прошарком з гумової крихти, отриманої з переробленої сировини.

До наукової новизни одержаних автором результатів можна віднести таке: доведена можливість використання панелей з гумовим прошарком в якості звуко- та теплоізоляційних конструкцій будівель та споруд при забезпеченні потрібного рівня їх фізико-механічних властивостей; визначені закономірності розповсюдження і затухання звукової хвилі в прошарку з гумової крихти; встановлено вплив товщини та густини матеріалу прошарку на звуко- та теплоізоляційні властивості конструкцій будівель і споруд; виявлено вплив гранулометричного складу гумової крихти на ізоляційні властивості конструкцій будівель і споруд; встановлено вплив гранулометричного складу гумової крихти, товщини і густини матеріалу на фізико-механічні властивості та структуру прошарку з гумової крихти.

Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений експериментальними дослідженнями.

У вступі наведено відомості щодо обґрунтованості обраної теми, мети та задач досліджень, наукової новизни та практичної цінності роботи, апробації одержаних результатів, ступеня опублікування основних положень дисертації.

У першому розділі наведено результати аналізу науково-технічної інформації з питань проблеми звукоізоляції огорожувальних конструкцій. Надано інформацію щодо принципів зниження рівня шуму та звукових хвиль. Проведено огляд основних типів звукоізоляційних матеріалів, визначені їх

переваги та недоліки. Розглянуто роботи провідних вчених з питань підвищення звукоізоляції конструкцій будівель, проаналізовано конструктивні рішення виробів, що використовуються для ізоляційних робіт.

Сформульовано робочу гіпотезу дисертаційної роботи, згідно з якою найбільшу звукоізоляцію будуть мати вироби з меншою густиною і виготовлені з використанням гранул гумової крихти різного фракційного складу. Обґрунтування базується на тому, що при поширенні звукова хвиля зустрічає перешкоду, тоді в разі, коли її довжина значно менше довжини перешкоди, буде спостерігатися явище відбиття хвиль. Якщо ж розміри перешкоди набагато менше довжини хвилі, буде спостерігатися явище дифракції. В тих випадках, коли розміри перешкоди дорівнюють довжині хвилі, умови поширення звукової хвилі стають більш складними, тому, що одночасно мають місце два явища – і певне відбиття хвилі, і дифракція. Перешкодою, від якої відбиваються хвилі, є будь-яка границя розділу, на якому змінюється акустичний опір середовища. При падінні звукової хвилі на границю розділу двох середовищ частина її енергії переходить в енергію відбитої хвилі, а частина проникає в інше середовище. Звукова хвиля, що розповсюджується в середовищі, досягає границі розділу цього середовища з іншим середовищем. При цьому відбувається відбиття хвилі чи її поглинання. В дисертаційній роботі такими середовищами є гранули гуми, полімерне зв'язуюче та поровий простір. Направлене збільшення неоднорідностей розподілу гумових зерен, що впливає також на інші характеристики композиту, є ефективним способом покращення звуко- та теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій будівель.

У **другому розділі** представлені характеристики вихідних матеріалів для виготовлення зразків. Проаналізовано негативний вплив подрібнених шин на здоров'я людей та навколишнє середовище. Розглянуто способи отримання і спектр застосування в сучасній промисловості гумової крихти як продукту подрібнення зношених шин, що є одним з найбільш багатотоннажних полімерних відходів. Проілюстровано експериментальну установку, яку використано під час визначення звукоізоляційних властивостей панелей з гумовою крихтою. Приведено порядок виготовлення зразків та опис методики проведення експерименту із визначення звуко- та теплоізоляційних властивостей виробу. Представлено методики досліджень із визначення міцності при розтягу зразків виготовлених з гумових гранул, модуля пружності, пористості, кута внутрішнього тертя гранул в зразках та контролю внутрішніх напружень в матеріалі з детальним описом використаного обладнання.

Прийняті в дослідженнях матеріали та методи визначення основних характеристик спрямовані на вирішення поставлених конкретних завдань, сформульованих відповідно до мети досліджень.

У **третьому розділі** викладені результати досліджень звуко- та теплоізоляційних властивостей виробів, що містять гумовий прошарок. Проаналізовано вплив товщини зразків та густини гумового матеріалу, а також гранулометричного складу гумових зерен на показники звукоізоляції та теплоізоляції виробів, призначених для використання в якості огорожувальних конструкцій.

Під час досліджень проведено аналіз впливу частотного діапазону звуку та гранулометричного складу суміші зерен гумової крихти на значення індексу

звукоізоляції виробів та досліджено варіювання величини звукоізоляції в залежності від товщини виробу з гумової крихти.

Кількісно проаналізовано яким чином змінювався показник звукоізоляції при різній товщині зразка з постійним гранулометричним складом і густиною матеріалу, що варіювалася в різних групах зразків. На підставі отриманих результатів було зроблено висновок, що густина матеріалу істотно впливає на показник звукоізоляції виробів. Проаналізовано вплив прийнятих факторів на теплоізоляційні властивості огорожувальної конструкцій. За результатами досліджень встановлено, що використання обраного виду переробленої гуми (каучуку) сприяє поліпшенню теплових властивостей конструкцій будівлі. Показано, що збільшення товщини гумового виробу майже не впливає на значення звукоізоляції матеріалу. При збільшенні густини матеріалу показник звукоізоляції виробу збільшується. Збільшення кількості поліуретанового зв'язуючого веде до підвищення величини звукоізоляції виробу. Результати дослідження термічних властивостей виробу показали, що найкращі теплоізоляційні властивості мають зразки, що містили гранули змішаного складу, а також вироби з найменшою густиною та максимальним об'ємом пор в матеріалі.

**Четвертий розділ** присвячений дослідженням з визначення фізико-механічних властивостей гумових виробів залежно від впливу прийнятих змінних факторів.

Досліджено вплив гранулометричного складу гумової крихти та витрати зв'язуючого на міцність гумових матеріалів при розтягу, модуль пружності та теплофізичні властивості. Встановлено, що кращі показники за міцністю та теплопровідністю досягаються при використанні гранул гумової крихти різних фракцій. Виконано аналіз впливу гранулометричного складу гумових гранул, товщини виробу та густини матеріалу на пористість зразків. Проведено контроль внутрішніх напружень гумових виробів при різних факторах. Проведено аналітичне визначення куту внутрішнього тертя гранул.

Проведена промислова апробація конструкцій, виконаних із застосуванням прошарку, виготовленого з переробленої гуми автомобільних шин. Результати досліджень впроваджені компанією Stas d.o.o (Хорватія) при монтажі звукоізоляційних панелей в зовнішніх стінах слюсарного заводу для зниження шуму від будівлі в оточуючому середовищі, а також у навчальному процесі в Одеській державній академії будівництва та архітектури та University Nord (Хорватія).

В цілому, наведений аналіз результатів досліджень дозволяє зробити загальний висновок про те, що деякі висновки автора є дискусійними, проте основні наукові положення, що викладені в дисертаційній роботі, є обґрунтованими та базуються на отриманих експериментальних результатах.

**Практичне значення дисертаційної роботи** полягає в розробці складів матеріалів для виготовлення конструкцій з підвищеними рівнями звуко- та теплоізоляційних властивостей. Розроблені склади дозволили отримати відповідні конструкції, що мають прошарок з гумової крихти, з достатнім рівнем фізико-механічних властивостей для проведення будівельних робіт. Можливість використання запропонованих конструкцій підтверджена в реальних умовах будівництва. Основні результати дисертаційного дослідження апробовані в

промислових умовах при виготовленні дослідно-промислової партії виробів з гумової крихти в компанії Gumi Imprex (м. Вараждин, Хорватія).

Слід також відзначити впровадження отриманих в дисертаційній роботі теоретичних положень і практичних результатів в навчальний процес Університета Север (Хорватія) та Одеської державної академії будівництва та архітектури при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Аналіз змісту дисертації Црноя Анджелки дозволяє оцінити її як закінчену наукову роботу, результати якої мають **достовірну науково-технічну інформацію**, що стосується можливості одержання будівельних виробів з покращеними показниками звуко- та теплоізоляційних властивостей.

**Обґрунтованість** наукових положень і висновків, які сформульовано в дисертації, підтверджується використанням комплексу взаємодоповнюючих методів досліджень. Експериментальні дослідження, які покладено в основу дисертаційної роботи, виконано на високому науково-технічному рівні. Дисертація викладена з використанням сучасної технічної термінології. Ілюстрації та таблиці в достатній мірі доповнюють текстовий матеріал.

**Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**, викладених у дисертаційній роботі Црноя Анджелки не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень та випробувань, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

**Загальні висновки** по роботі відповідають поставленій меті та задачам досліджень, підтверджуються результатами експериментів, наведеними у роботі.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.**

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних ілюстративних спотворень не виявлено. Тому можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

**По роботі є наступні зауваження:**

1. В роботі досить часто застосовується вираз «...панелі, виготовлені з переробленої гуми...», «...гумові панелі...». Це не зовсім відповідає дійсності. Аналіз змістовної складової роботи показав, що автор застосовує панелі типу «сандвіч», в яких внутрішній простір заповнений грубозернистим матеріалом на основі фракціонованої гумової крихти, скріпленої полімерним зв'язуючим.

2. В роботі, на жаль, не досліджено вплив температури конструкційного елемента на його звукоізолюючі властивості. Адже, відомо, що передача енергії, включаючи енергію звуку, через матеріал залежить від його температури.

3. Основна увага приділяється звукоізоляції від зовнішніх, по відношенню до огорожувальних конструкцій, впливів. Тоді як накопичений досвід експлуатації різних за призначенням будівель показує, що нагальною потребою також є створення комфортних акустичних умов всередині приміщень, за рахунок застосування звукопоглинаючих матеріалів для ізоляції від внутрішніх джерел звуку, включаючи динамічні та ударні навантаження.

4. В роботі відсутня інформація про ефекти «старіння» матеріалів внутрішнього заповнення панелей, включаючи як самі деформовані гумові гранули, так і полімерний компонент зв'язуючого.

5. Автор, на жаль, не надав даних щодо вогнестійкості запропонованих виробів та їх пожежній небезпеці з урахуванням токсичності газової складової, що може виникнути при термічному впливі на компоненти матеріалу. Це обмежує, на думку опонента, галузь застосування ефективних звукоізоляційних виробів в будівництві.

Наведені зауваження не знижують наукову та практичну цінність дисертації, не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

#### **Повнота викладення результатів в опублікованих працях**

Основні положення дисертації висвітлено у 11 наукових працях, з яких 4 статті у фахових виданнях України, 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, що входить до Європейського Союзу, 2 статті у наукових періодичних виданнях що індексуються наукометричними базами Web of Science та Scopus, 4 тези доповідей у збірниках праць наукових конференцій.

Результати аналізу публікацій здобувача засвідчують повноцінне висвітлення в них основних положень та результатів дисертаційного дослідження.

#### **Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації**

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи, а також містить необхідну інформацію, яка дає достатнє уявлення щодо сутності досліджень і отриманих результатів.

#### **Висновок**

В цілому, дисертаційна робота Црноя Анджелки за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, рівнем її наукової новизни і практичним значенням є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові практично цінні результати. Робота відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167), а її автор Црноя Анджелко заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 – Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри Будівельних  
матеріалів, конструкцій та споруд  
Українського державного університету  
залізничного транспорту  
д.т.н., професор



Особистий підпис  
засвідчую \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

Д.А. Плугін

*Плугін Д.А.*

*[Signature]*