

Голові разової спеціалізованої ради ДФ 41.085.006
у Одеській державній академії будівництва та архітектури
д.т.н., професору Вировому Валерію Миколайовичу

ВІДГУК

офіційного опонента к.т.н., доцента кафедри технології будівельного виробництва
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

ДІКАРЕВА КОСТЯНТИНА БОРИСОВИЧА

на дисертаційну роботу **Анджелко Црноя** на тему:

**“Ефективні звукоізоляційні матеріали для реконструкції огороджуючих
конструкцій будівель”**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

192 Будівництво та цивільна інженерія,

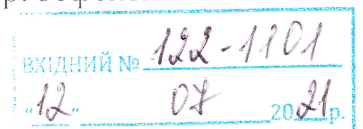
галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Актуальність обраної теми обґрунтовується необхідністю підвищення ізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Цю проблему пропонується вирішувати за рахунок використання панелей з гумової крихти. В актуальності, що викладена в дисертації, акцент ставиться на тому, що є ефективним використання в якості сировини відходів у вигляді дисперсних матеріалів. Одним з таких матеріалів є гумова крихта, отримана з перероблених шин. Тому, доцільною є розробка нових конструкцій, які мають необхідну звукоізоляцію і мають при цьому невелику масу. Захист від шуму і вібрацій є однією з основних вимог до будівель, які використовуються для промислового виробництва та в інших технічних галузях.

На сьогоднішній день вплив різних джерел шуму і вібрацій на організм людини дуже великий. Різна інтенсивність, частота, потужність і рівень шуму негативно впливають на виникнення і розвиток різних захворювань, деякі з яких проявляються через 20-30 років. Тому зниження шуму і забезпечення акустичного комфорту в будівлях та спорудах є актуальною проблемою, вирішення якої має велике соціально-економічне значення.

Однак, на сьогоднішній час немає даних про умови використання гумової крихти в якості звукоізоляційного матеріалу. Крім того, необхідно визначити інші властивості матеріалу з гумового грануляту. Висновки щодо застосування цього матеріалу можна зробити тільки після проведення відповідних досліджень. Враховуючи вищесказане, дану роботу можна вважати актуальною та своєчасною.

Актуальність теми також підтверджується тим, що дисертаційна робота виконана відповідно до Закону України від №2623-III «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» (напрямки «Енергетика та енергоефективність» та



«Раціональне природокористування») та роботи кафедри «Технологія будівельного виробництва» Одеської державної академії будівництва та архітектури в рамках науково-дослідної тематики кафедри «Наукові основи вибору ефективних рішень у технології будівництва.

Склад і структура дисертаційної роботи.

Дисертація Анджелко Црною, складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації складає 180 сторінок, обсяг основного тексту 125 сторінок, 62 рисунки, 43 таблиці, список використаних джерел із 152 найменувань.

Аналіз основного змісту, наукової новизни, достовірності отриманих результатів та обґрунтованості висновків.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета та задачі досліджень, наведені положення наукової новизни та практичного значення отриманих результатів.

У першому розділі проаналізовано стан проблеми звукоізоляції огорожувальних конструкцій. Наведено принципи зниження рівня шуму та звукових хвиль. Проведено огляд основних типів звукоізоляційних матеріалів. Встановлено, що всі звукоізолюючі матеріали можна розділити відповідно до основи, на якій вони виробляються, – на матеріали, вироблені на органічній основі та матеріали, виготовлені на неорганічній основі.

Встановлено, що звукоізоляційні конструкції більш ефективні порівняно зі звукоізоляційними матеріалами, оскільки розраховані на широкий частотний діапазон звукової хвилі, яка має високі проникаючі властивості. За рахунок застосування в звукоізоляційних конструкціях матеріалів різної щільності і структури, а також через дотримання правил герметичності та відсутність жорстких зв'язків з іншими огорожувальними конструкціями їх ефективність значно збільшується.

Проведено огляд патентів та сучасних методів звукоізоляційних робіт. Проаналізувавши знайдені патенти на корисні моделі, наукові статті та праці, встановлено, що тема звукоізоляції є досить актуальною. Але більшість цих патентів показують, що звукоізоляцію виконують за допомогою гіпсокартону, скла та нашаруванням волокнистих матеріалів.

Сформульовано *робочу гіпотезу* роботи, згідно з якою найбільшу звукоізоляцію будуть мати панелі з меншою щільністю і виготовлені з гранул різного фракційного складу. Обґрунтування базується на тому, що при поширенні звукова хвиля зустрічає перешкоду, то в разі, коли її довжина значно менше перепони, буде спостерігатися явище відображення хвиль. Якщо ж розміри перешкоди набагато менше довжини хвилі, буде спостерігатися явище дифракції: хвилі огинають перешкоду, заходячи в область геометричної тіні. У тих випадках, коли розміри перешкоди можна порівняти з довжиною хвилі, закони поширення звукової хвилі стають більш складними, тому, що одночасно має місце і певне відображення, і дифракція. Перешкодою, від якої відображаються хвилі, є будь-який кордон, на якій змінюється акустичний опір середовища. При падінні звукової хвилі, на кордон розділу двох середовищ частина її енергії переходить в енергію відбитої хвилі, а частина проникає в інше середовище. Звукова хвиля, що розповсюджується в середовищі, досягає межі розділу цього середовища з іншим

середовищем. При цьому виникають відображена і заломлена хвилі. У нашому випадку такими середовищами є гранули з в'язучим та поровий простір.

У *другому розділі* описано методику проведення досліджень і наведено характеристики використаних матеріалів. Основною сировиною для виробництва панелей в роботі є використанні автомобільні шини. Встановлено, що матеріал може використовуватися в звукоізоляційних конструкціях, а також в якості самостійного матеріалу для звукоізоляції. Для виготовлення зразків, які використовувались під час експерименту, був обраний метод при якому, під час переробки шин проводилось її нагрівання, після відбувалось поділення на металеві, текстильні та гумові складові, а потім гума подрібнювалась до фракції, яка потрібна. Для проведення експерименту були використані три фракційні комбінації гранул: 0,5-2,0 мм; 2,0-3,5 мм; 35% (0,5-2,0 мм) та 65% (2,0-3,5 мм).

Наведена загальна послідовність проведення досліджень. На всіх етапах досліджено вплив змінних параметрів на значення досліджуваних властивостей. Перший змінний параметр є товщина панелі у трьох розмірах: 10, 15 та 20 мм. Другим змінним параметром виступила щільність панелі, в залежності від показників якої, досліджувані зразки були класифіковані наступним чином: близько 600 кг/м³, близько 700 кг/м³, близько 900 кг/м³. Третім змінним параметром є гранулометричний склад суміші, який змінювався таким чином: 0,5-2 мм; 2-3,5 мм; 0,5-2 мм (35%) + 2-3,5 мм (65%).

Разом з цим, також, проведені вимірювання звукоізоляції для різних частотних діапазонів: для низьких (до 500 Гц), середніх (500-2000 Гц) та високих (2000-5000 Гц). Вимірювання проводилося таким чином, щоб потужність звуку була приблизно 105 дБ та випромінювалася протягом 60 секунд в два етапи.

У *третьому розділі* проаналізовано вплив змінних параметрів на показник звукоізоляції в огорожувальних конструкціях. Всього було виготовлено 27 зразків різної товщини, ваги і гранулометричного складу.

В ході проведення досліджень проаналізовано вплив частоти і гранулометричного складу суміші на значення індексу звукоізоляції. Також було показано варіювання величини звукоізоляції в залежності від товщини стінової панелі, яка була виготовлена з використанням гумової крихти. Розглянуто способи отримання і спектр застосування в сучасній промисловості гумової крихти, як матеріалу подрібнення зношених шин, що є одним з найбільш багатотоннажних полімерних відходів. Проілюстровано структуру установки звукоізоляційних панелей під час проведення експерименту. Результати були порівняні та представлені на діаграмах для кожної групи окремо.

Результати випробувань дозволили провести аналіз зміни показників звукоізоляції відносно зміни певних параметрів, а саме, як змінювався показник звукоізоляції при різній товщині зразка з постійним гранулометричним складом і щільністю, яка варіювалася в різних групах і зразках. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що питома вага істотно впливає на показник звукоізоляції. Проаналізовано вплив факторів на теплоізоляційні властивості огорожувальної конструкції. Результати експерименту показують, що перероблений каучук може поліпшити теплові властивості конструкції будівлі. Вибір матеріалу залежить від потреб і способу застосування. Для всіх зразків наявність дрібних частинок дає найкращі результати. Також встановлено, що

значення коефіцієнта теплопровідності зменшується зі зменшенням середньої густоти.

У четвертому розділі проаналізовано вплив змінних параметрів на фізико-механічні та фізико-хімічні властивості панелей з переробленої гуми.

Проаналізовано вплив факторів на міцність при розтягу. Зразки були протестовані для перевірки загального ефекту і оцінки статистичної моделі, щоб отримати параметри, які можуть оцінити очікувану подію з точки зору деформації і руйнування матеріалу. Також зразки випробувались для отримання даних модуля пружності для кожної групи зразків. При випробуванні опір розтягуючого напруження було перевірено таким чином, що опір визначався шляхом прикладання сили. Результати розглядаються для визначення ступеня деформації по відношенню до даного навантаження. Також визначалось, як матеріал реагує та як він поводить себе в цих умовах. Отримані результати дозволяють визначити, як одинична зміна, наприклад, гранулометричного складу (або щільності, або кількості клею) впливає на зміну залежності від сили деформації. Встановлено, що при більш низькій щільності матеріалу (менше 750 кг/м^3), найкращі результати досягаються при поєднанні розподілу часток за розмірами. При більш високій щільності (більше 900 кг/м^3) результати змінюються. Слід підкреслити, що матеріали більш високої щільності мають більшу кількість клею. Тому можливо припустити, що цей параметр, також впливає на кінцеві результати.

Аналізувався вплив основних факторів на модуль пружності. Випробування проводилися на зразках, виготовлених відповідно до DIN 53504-S1. Згідно даного нормативного документу важливо, щоб дотримувався принцип обмеження площі максимум до 80% від пружної площі, який не має входити в зону пластичної деформації. Результати інтерпретуються для визначення ступеня деформації по відношенню до даного навантаження і того, як матеріал реагує і як він поводить себе в цих умовах. Експериментальні данні згруповані в три групи відповідно до щільності 700 кг/м^3 , 900 кг/м^3 і 1100 кг/м^3 . Кожен із зразків також відрізняється гранулометричним складом та кількістю в'язучого матеріалу. Аналіз результатів показує невеликий відсотковий розрив між ранжируемими зразками за модулем пружності. Спостерігається чітка тенденція, в якій переважає питома маса.

Аналізувався вплив основних факторів на пористість. Експеримент проводився за нормами EN 993-1: 2018. Аналіз результатів досліджень дозволив встановити, що зразки з гранулометричним складом з дрібних частинок мають найвищу пористість практично у всіх зразків незалежно від щільності матеріалу. Також встановлено, що зразки з гранулометричним складом з великих зерен мають знижену пористість незалежно від щільності матеріалу. Також підтверджено, що пористість матеріалу безпосередньо залежить від маси твердої складової панелі, чим вище маса, тим нижче пористість.

Проведено контроль внутрішньої напруги панелі. Встановлено, що зміни розміру зерна матеріалу можуть бути виміряні в процентах до та після прикладання навантаження. Було забезпечено порівняння фотографій, зроблених до і після вилучення зерна з матеріалу (або вивільнення зерна, хоча б по обидва боки), тобто зроблених в однакових умовах. Вимірювання виконували в різних (переважно вертикальних) напрямках. Результати експерименту показують, що в матеріалі існують внутрішні напруження.

Проведене аналітичне визначення куту внутрішнього тертя гранул та гранульної ваги переробленої гуми. Тест проводився за допомогою цифрового вимірювання масштабу і обчислення з використанням тангенса кута. Оскільки це нев'язкий матеріал, використовувався той факт, що при заливці матеріалу в одну точку створюється конічне тіло, похідна якого розташована відносно основи, утворюючи певний кут. Цей кут представляє собою кут внутрішнього тертя частинок.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- доведена можливість використання панелей з гумової крихти в якості звуко- та теплоізоляції конструкції будівель та споруд при забезпеченні потрібного рівня їх фізико-механічних властивостей;

- визначені закономірності розповсюдження і затухання звукової хвилі в панелях з гумової крихти;

- встановлено вплив товщини та щільності панелей на звуко- та теплоізоляційні властивості конструкцій будівель і споруд;

- виявлено вплив гранулометричного складу гумової крихти на звуко- та теплоізоляційні властивості конструкцій будівель і споруд;

- встановлено вплив гранулометричного складу гумової крихти, товщини і щільності панелі на фізико-механічні та властивості структури панелі з гумової крихти.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій.

Робота виконана із застосуванням сучасного обладнання, відповідних методик та методів аналізу. Випробування здійснювались за європейськими стандартами, стандартами Хорватії та України. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів досліджень, отриманих в дисертації, підтверджується значним експериментальним матеріалом та поведеним промисловим впровадженням.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

У дисертації відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, отриманих результатів досліджень, а також текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відмітити певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1. У першому розділі дисертації вся увага приділена аналізу звуку і всьому, що з ним пов'язано. Однак немає жодної згадки про теплоізоляційні властивості матеріалів і конструкцій та їх зв'язку зі звукоізоляцією. Також в першому розділі немає згадки про механічні властивості які були вивчені в ході проведення досліджень.

2. З роботи не ясно, чи є процес виготовлення панелей стандартною або оригінальною методикою. Це ж питання відноситься до фракційного складу гранул. Чи є використовувані фракції гранул стандартними при виготовленні панелей. Якщо ні то як зміняться властивості матеріалу при використанні іншого фракційного складу.

3. Значна увага в роботі була приділена вивченню фізико-механічних властивостей панелей. При великої значимості цих досліджень чіткого обґрунтування їх проведення не наведено.

4. У другому розділі поряд з наведеними 27 досліджуваними складами було б доцільно вказати які з них, в якому дослідженні застосовувалися і чому.

5. На мій погляд при підведенні результатів досліджень в третьому розділі були б умесни таблиця або діаграма пропонованих до применения складів панелей.

6. З роботи не ясно чому при дослідженні теплоізоляційних властивостей використовувались 24 а не 27 зразків.

7. Не зовсім зрозуміле відмінність досліджень наведених в пп 4.2. (Вплив основних факторів на коефіцієнт теплопередачі матеріалу гумових панелей) від досліджень теплопровідності наведених в третьому розділі.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Основні положення дисертаційної роботи в достатній мірі відображені 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 тез доповідей у збірниках наукових конференцій.

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.

Висновок.

Підсумовуючи критичний розгляд дисертаційної роботи Црноя Анджелко и “Ефективні звукоізоляційні матеріали для реконструкції огороджуючих конструкцій будівель”, вона може бути охарактеризована як завершена праця, що містить нові наукові результати, які в комплексі вирішують актуальну науково-прикладну проблему підвищення ізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій будівель і споруд за рахунок використання панелей з гумової крихти.

За своїм змістом, актуальністю досліджень, науковою новизною, ступенем обґрунтованості наукових положень, їх достовірністю та практичним значенням дисертація «Ефективні звукоізоляційні матеріали для реконструкції огороджуючих конструкцій будівель» 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:

кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології
будівельного виробництва
ДВНЗ «Придніпровська державна
академія будівництва та архітектури»

К.Б. Дікарев



06.07.2021р.