

## Список літератури

1. Гірничі машини та обладнання для добування руд: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / **Ю.Г. Горбачов, Б.М. Гопкало, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов, М.С. Плішко, В.А. Семенов, А.О. Хруцький, Ю.І. Чумак, І.А. Шиповський** / Під заг. ред. **А.С. Громадського**. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ. – 2017. – 410 с.
2. **Бизов В.Ф.** Гірничі машини. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». Бібліотека гірничого інженера в 14 томах. Том IX / **В.Ф. Бизов, В.П. Франчук**. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004. – 468 с.
3. **Громадський А.С.** Проектування, формування та використання комплексів гірничорудного механізованого обладнання: Навч. посібник / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов**. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 229 с.
4. **Громадський А. С.** Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов**. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
5. **Учитель А.Д.** Вибрационный выпуск горной массы / **А.Д. Учитель, В.В. Гушин**. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
6. **Каварма И.И.** Комплексы поточного транспорта для подземной разработки крепких руд / **И.И. Каварма, А.В. Бровко**. – М.: Недра, 1986. – 86 с.
7. **Искович-Лотоцкий Р.Д.** Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій / **Р.Д. Искович-Лотоцкий, Р.Р. Обертюх, І.В. Севостьянов** // – Вінниця: Універсум, 2006, - 291 с.
8. **Blechman I.I.** Revisiting the models of vibration screening process / **I.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov**. – Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
9. **Гончаревич И.Ф.** Вибротехника в горном производстве / **И.Ф. Гончаревич**. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
10. Вибрационные машины для выпуска и доставки руды / **В.Н. Потураев, В.И. Дырда, О.К. Авдеев, И.К. Поддубный, В.П. Нагутый, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.И. Финюгеев**. – К.: Наукова думка, 1981. – 152 с.
11. Вибрации в технике: Справочник. Вибрационные процессы и машины, т. 4 / Под ред. **Э.Э. Лавендела**. - М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
12. **Франчук В.П.** Инженерные методы расчета и выбора динамических параметров вибрационных грохотов, конвейеров, питателей / **В.П. Франчук** // Збірник «Збагачення корисних копалин». Випуск 12 (53). – Дніпропетровськ: НГУ, 2001. – С. 126-143.
13. **Кальницкий А.М.** Расчет фактической производительности вибропитателя для выпуска и доставки руды / **А.М. Кальницкий** // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 11. – М.: Недра, 1990. – С. 151-154.
14. Вибродоставочные комплексы в технологиях разработки рудных месторождений / **В.Н. Потураев, В.И. Дырда, И.К. Поддубный, О.К. Авдеев, Н.А. Гордиенко, А.В. Коваль, В.И. Финюгеев, Н.И. Лисица, А.Х. Дудченко**. АН УССР, Ин-т геотехнической механики – К.: Наукова думка, 1989. – 168 с.
15. **Марюсиук О.С.** Дослідження та удосконалення конструкції віброживильника для випуску руди з блоку: Випускна кваліфікаційна робота магістра. Рукопис / **О.С. Марюсиук**. – Кривий Ріг: КНУ, 2022. – 73 с.

Рукопис подано до редакції 27.04.2023

УДК 692.21:699.844

**Р.О. ТИМЧЕНКО**, д-р техн. наук., проф., **Д.А. КРИШКО**, канд. техн. наук, ст. викладач,  
**Д.З. ПАВЛИШАК**, магістрант,  
Криворізький національний університет

## КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ЛЕГКИХ ОГОРОДЖЕНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ

**Мета.** Розробка ефективних конструктивних рішень багатошарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції.

**Методи дослідження.** Використовувався теоретичний метод дослідження. Інженерний розрахунок виконували графоаналітичним методом, у якому використовують безпосередні залежності характеристик звукоізоляції від параметрів конструкцій, що змінюються під час проектування.

**Наукова новизна.** Отримано показники частотних характеристик ізоляції повітряного шуму звукоізолювальних асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що забезпечують порівняно з базовими більш високу акустичну та економічну ефективність. Запропоновано рекомендації з проектування типових технічних рішень асиметричних каркасних перегородок, що забезпечують нормативний шумовий режим у приміщеннях житлових і громадських будівель, а також допоміжних будівель виробничих підприємств.

**Практична значимість.** Доведено можливість підвищення звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками порівняно зі звукоізоляцією симетричними (базовими) каркасно-обшивними перегородками. Розглянуто конструктивні рішення звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що дають змогу розширити можливість застосування цих конструкцій у будівлях різного типу за рахунок підвищення їхньої звукоізоляції в нормованому діапазоні частот, при цьому зменшуючи матеріальні витрати на їхнє зведення. Запропоновано рекомендації з проектування конструкцій звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів.

**Результати.** Знайдено кількісні залежності звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками від маси і кількості шарів обшивок у всьому нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Техніко-економічний аналіз вартості монтажу симетричних (базових) і асиметричних каркасних перегородок доводить ефективність застосуван-

ня асиметричних каркасних перегородок як міжквартирних перегородок, перегородок між приміщеннями офісів, стін і перегородок між робочими приміщеннями допоміжних будівель виробничих підприємств. Застосування цих перегородок дасть змогу знизити витрати на монтаж. Принцип проектування таких конструкцій можна використовувати під час влаштування кабін спостереження на виробництві, шумозахисних екранів систем вентиляції та кондиціонування. На практиці можна домогтися додаткової звукоізоляції близько 3...10 дБ.

**Ключові слова:** багатошарові легкі огороження, звукоізоляція, каркасні перегородки, гіпсокартонні листи.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Звукоізоляція будівельними конструкціями є галуззю будівельної акустики, в якій досліджуються явища, пов'язані з поширенням через них звукових хвиль. У багатьох випадках звукоізоляція будівельних конструкцій є найраціональнішим способом зниження шуму, що проникає в приміщення із суміжних об'ємів і із зовнішнього середовища. Шум на виробництві, в офісних будівлях і в побуті завдає великої шкоди, шкідливо впливаючи на організм людини, знижуючи продуктивність праці. На виробництві з безперервним збільшенням потужності та продуктивності промислового обладнання частотний спектр шуму зміщується в область високих частот, особливо чутливих для вуха людини. В офісних будівлях і приміщеннях шум від наявності великої кількості офісної оргтехніки, розміщеної в приміщеннях з декількома робочими місцями, з внутрішніми огорожувальними конструкціями, як правило, виконаними з жорстких звуковідбивальних матеріалів (ламіновані ДСП, світлопрозорі панелі) за принципом каркасно-обшивних перегородок, призводить до передчасної втоми і зниження продуктивності праці. Причинами зниження звукоізоляційних характеристик цих конструкцій є невисока власна звукоізоляція, наявність обхідних шляхів поширення звуку (підвісна стеля, стики між конструкціями тощо). Шум впливає на людину не тільки на виробництві, а й на сільбищних територіях і в квартирах, особливо в містах поблизу шумних підприємств, а також на вулицях із великою кількістю транспорту. Таким чином, дослідження, пов'язані з розробленням ефективних конструктивних рішень підвищеної звукоізоляції на основі базових каркасно-обшивних перегородок є актуальним науковим завданням у галузі будівельної акустики, що має важливий практичний інтерес [1-5].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблемою підвищення звукоізоляції реальних огорожувальних конструкцій будівель і споруд займалися багато дослідників. У роботах І.І. Боголепова, Е. Wintergerst, В.П. Гусева, В.І. Заборова, М.І. Іванова, О.О. Климухіна, О.О. Кочкіна, В.Г. Крейтана, С.Н. Овсяннікова, Г.Л. Осипова, М.С. Седова, Є.Я. Юдіна, L. Cremer, A. London, A. Schoch, H. Reisner, K. Gosele, L. L. Veranek, M. Heckl та ін. розроблено методи розрахунку й проектування різних типів звукоізолюючих огорожень [6-10].

Однак досі залишається маловивченим питання досягнення максимально можливих значень звукоізоляції реальних огорожувальних конструкцій, зокрема каркасно-обшивних перегородок. До теперішнього часу недостатньо досліджено проблему впливу зміни співвідношення поверхневих густин і товщини обшивок із гіпсокартонних листів каркасних перегородок на їхні звукоізоляційні властивості в нормованому частотному діапазоні від 100 до 3150 Гц і так званих "акустичних містків", що не дає змоги раціонально проектувати огорожувальні конструкції підвищеної звукоізоляції.

Під час проектування абсолютно не враховуються рекомендації щодо забезпечення звукоізоляції каркасними перегородками завдяки влаштуванню обшивок із різної кількості шарів гіпсокартонних листів. У наукових і нормативних джерелах відсутня інформація про якісні характеристики зниження шуму в нормованому діапазоні частот, тобто про частотні характеристики ізоляції повітряного шуму та індекси ізоляції повітряного шуму  $R_w$ , дБ, асиметричних конструкцій.

Для ефективного застосування в будівництві каркасних перегородок підвищеної звукоізоляції з обшивками з гіпсокартонних листів необхідно розробити їхні конструктивні рішення. Під час вибору оптимального проектного рішення необхідно мати можливість швидко розраховувати звукоізоляційні характеристики різних варіантів розглянутої конструкції. Наявні характерні частотні залежності звукоізоляції подвійних огорожень покладено в основу графоаналітичного методу розрахунку, що дає змогу вибрати оптимальне поєднання змінних під час проектування характеристик і забезпечити нормативну звукоізоляцію приміщень.

**Постановка задачі.** Розробка ефективних конструктивних рішень багатошарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції.

**Викладення матеріалу та результати.** Створення сприятливого акустичного режиму в будівлі – одна з найактуальніших проблем сучасного будівництва. Шуми, що проникають у приміщення, поділяють на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх джерел шуму належать: транспорт, промислові підприємства, ігрові майданчики тощо. До внутрішніх – інженерне та санітарно-технічне обладнання, побутові джерела шуму тощо. Для зниження шуму нині розроблено ефективні будівельно-акустичні методи, зокрема й метод звукоізоляції.

Останнім часом у містах спостерігається тенденція ущільнення забудови, розміщення великих торговельних, культурно-розважальних і адміністративних комплексів на мінімально допустимих відстанях від житлових будинків. На відміну від традиційних цивільних будівель, у яких були спеціальні капітальні приміщення для розміщення вентиляційних камер, калориферів і кондиціонерів, у сучасних будівлях теплове, холодильне та вентиляційне обладнання часто розміщують на покритті, і воно є одним з основних джерел шуму в міському середовищі. Зниження повітряного шуму досягається завдяки заходам, що ґрунтуються на методах звукоізоляції, звукопоглинання та екранування. Засоби зниження повітряного шуму – це влаштування акустичних екранів, шумозахищених будівель і шумозахисних вікон. Акустичний режим у приміщеннях здебільшого залежить від звукоізолювальних і звукопоглинальних якостей його огороджувальних конструкцій.

У будівельній практиці на зміну громіздким, матеріаломістким і відповідно трудомістким у процесі будівництва внутрішнім огороджувальним конструкціям приходять багатошарові системи легких огорожень підвищеної звукоізоляції, переважно з листових матеріалів. Зокрема набули поширення каркасно-обшивні огороджувальні конструкції. Вони легко монтуються, мають малу вагу і майже порівнянні за мобільністю з трансформованими перегородками, що забезпечує вільне проектування об'ємно-планувальних рішень внутрішнього простору будівель.

Але поряд з великою кількістю позитивних якостей під час застосування таких легких конструкцій утруднене виконання вимог звукоізоляції між приміщеннями, оскільки одним з основних чинників, що визначають звукоізолюючу здатність огорожі, є її маса і поверхнева щільність стінової конструкції. Існуючі наразі конструктивні рішення каркасно-обшивних перегородок являють собою легкі каркасні стінові конструкції, що містять у собі одинарний або подвійний металевий (дерев'яний) каркас, обшитий одинарним, подвійним або потрійним шаром гіпсокартонних (ГКЛ) або гіпсоволокнистих (ГВЛ) листів зі звукопоглинаючим матеріалом у повітряному прошарку. Зовнішні листи обшивок з двох сторін приймаються однакової товщини з жорстким з'єднанням з каркасом.

Сучасний аналіз таких огорожень показує, що вони не мають достатньої звукоізоляції в діапазоні середніх і високих частот (630...1250 Гц), викликаної резонансом системи "маса-пружність-маса". Цей недолік добре відомий фахівцям у галузі будівельної акустики і є одним зі стримувальних чинників широкого впровадження багатошарових легких огорожень у практику будівництва. Найбільш економічно обґрунтованим є спосіб, за якого звукоізоляційні характеристики огорожі поліпшуються без збільшення матеріаломісткості. Подальшим розвитком подвійних огорожень є розробка багатошарових легких конструкцій підвищеної звукоізоляції, що складаються з обшивок різної поверхневої щільності, зокрема асиметричних каркасних перегородок.

Одним із найважливіших завдань під час проектування нових типів огороджувальних конструкцій з урахуванням ресурсозбереження та високої економічної ефективності є зниження їхньої маси та товщини. При цьому огороджувальні конструкції повинні забезпечувати необхідний захист від шуму в приміщеннях житлових і громадських будівель, а також допоміжних будівель виробничих підприємств відповідно до нормативних вимог [11-16].

У будівельній практиці на зміну матеріаломістким внутрішнім огороджувальним конструкціям приходять легкі багатошарові огороження. У практиці проектування і будівництва знайшли застосування такі конструктивні рішення багатошарових систем: роздільні (подвійні) огороження, одношарові огороження з гнучкими плитами на відкосі, сендвіч-панелі, конструкції вікон і конструкції міжповерхових перекриттів. Під роздільними огорожами мають на увазі конструкції, що складаються з двох стінок, розділених повітряним прошарком або звукопоглинальним матеріалом незначної жорсткості. Переважного поширення набули роздільні огороження з листових матеріалів, зокрема каркасно-обшивні перегородки, насамперед конструкції звукоізоляційних перегородок поелементного складання фірми КНАУФ та ін.

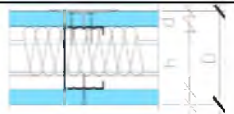
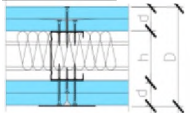
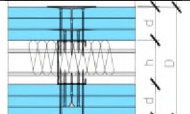

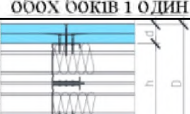



Існуючі наразі конструктивні рішення каркасно-обшивних перегородок являють собою легкі каркасні стінові конструкції, що містять у собі одинарний або подвійний профільний металевий (дерев'яний) каркас, що обшитий одинарним, подвійним або потрійним шаром гіпсокартонних (ГКЛ) або гіпсоволокнистих (ГВЛ) листів зі щільністю до  $1100 \text{ кг/м}^3$ , товщиною від

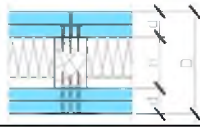
100 мм до 225 мм, поверхневою щільністю від 25 до 90 кг/м<sup>2</sup> і масою від 28 до 78 кг, у повітряному прошарку яких розташовано звукопоглинальний матеріал. Зовнішні листи обшивок із двох боків прийнято однакової товщини з жорстким з'єднанням із каркасом.

Схеми конструктивних рішень каркасно-обшивних перегородок наведено в табл. 1. Каркасно-обшивні перегородки мають такі переваги перед іншими типами перегородок: значно меншу поверхневу щільність, порівнюючи з цегляними або гіпсобетонними перегородками; високу швидкість зведення; відсутність "мокрих" процесів під час монтажу; легкий доступ до комунікацій; меншу товщину – тонкі стінові конструкції дають змогу збільшити корисну площу.

Таблиця 1

Технічні та акустичні характеристики каркасно-обшивних перегородок

Схеми перегородок / Звукоізоляційні системи «KNAUF»	Технічні та акустичні характеристики каркасно-обшивних перегородок						
	Товщина перегородки D, мм	Ширина профілю, h, мм	Товщина обшивки, d, мм	Поверхнева щільність, кг/м <sup>2</sup>	Товщина звукоізоляційного шару, мм	Звукоізоляція, R <sub>w</sub> , дБ	
С111/W111 – одинарний металевий каркас, обшитий одним шаром гіпсокартонних або гіпсокартонних листів з обох боків. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 28 кг. Висота перегородки до 8,0 м		100	75	1 x 12,5	25	60	45
С112/W112 – одинарний металевий каркас, обшитий двома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох боків. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 53 кг. Висота перегородки до 9,0 м		100 125 150	50 75 100	2 x 12,5	45	40 60 60/100	50 52 52/54
С113/W113 – одинарний металевий каркас, обшитий трьома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох боків. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 78 кг. Висота перегородки до 9,5 м		125 150 175	50 75 100	3 x 12,5	75	40 60 80	51 53 55
С115.1 – подвійний металевий каркас, обшитий двома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох сторін. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 57 кг. Висота перегородки до 6,5 м		155 205 255	105 155 205	2 x 12,5	50	40 60 80	55 57 57
W115.2 – подвійний металевий каркас, обшитий двома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох боків і один лист у середині. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 69 кг. Висота перегородки до 6,5 м		155 205 255	105 155 205	2 x 12,5	53	2 x 40 2 x 60 80	59 60 60
С116 / W115-1 – два незалежні металеві каркаси з повітряним проміжком 50 мм, обшиті двома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох боків. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 61 кг. Висота перегородки до 6,5 м		200	50 + 50	2 x 12,5	53	50 + 50	65
С121 – одинарний дерев'яний каркас, обшитий одним шаром гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох сторін. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 32 кг. Висота перегородки до 4,1 м		85	60	1 x 12,5	30	40	38
С122 – одинарний дерев'яний каркас, обшитий двома шарами гіпсокартонних або гіпсоволокнистих листів з обох сторін. Маса 1 м <sup>2</sup> перегородки – близько 57 кг. Висота перегородки до 4,1 м							



100	60	2 x 12,5	50	40	46
-----	----	----------	----	----	----

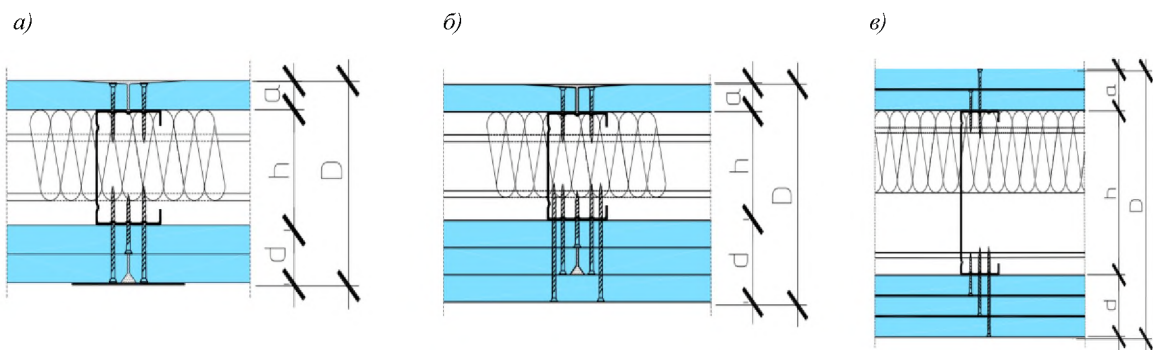
Для практичних цілей оцінка звукоізоляційних якостей огорожі зводиться до визначення одночислового показника – індексу ізоляції повітряного шуму. Залежність звукоізоляції від частоти дає якісну характеристику роботи огорожі, якою є частотна характеристика ізоляції повітряного шуму в нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Нормованим параметром ізоляції повітряного шуму внутрішніх огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, а також допоміжних будівель виробничих підприємств є індекс ізоляції повітряного шуму огорожувальними конструкціями  $R_w$ , дБ. Нормативні значення індексів ізоляції повітряного шуму внутрішніми огорожувальними конструкціями  $R_w$ , дБ, для житлових, громадських будинків, а також для допоміжних будинків виробничих підприємств наведено в нормативі.

Індекс ізоляції повітряного шуму  $R_w$ , дБ огорожувальною конструкцією з відомою (розрахованою або виміряною) частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму визначається шляхом зіставлення цієї частотної характеристики з оцінною кривою, наведеною в нормативі. У тих випадках, коли необхідно знати частотну характеристику звукоізоляції, щоб її порівняти з необхідною звукоізоляцією для орієнтовних розрахунків, можна користуватися графоаналітичним методом побудови частотної характеристики. Сучасний аналіз багатошарових огорожень показує, що ці конструкції в низці випадків не мають достатньої звукоізоляції в нормованому діапазоні середніх і високих частот (630...1250 Гц), що викликана резонансом системи "маса-пружність-маса".

Подальшим розвитком таких огорожень є розробка нових ефективних звукоізоляційних багатошарових легких конструкцій з ефективних звукоізоляційних багатошарових легких конструкцій з обшивками різної поверхневої щільності та з різною кількістю шарів обшивок.

У роботі пропонуються асиметричні каркасні перегородки (рис. 1), обшивки яких виконані з гіпсокартонних листів товщиною 12,5 мм по одинарному каркасу з тонкостінного металевого профілю зі звукопоглинальним матеріалом. Товщина обшивки гіпсокартонними листами з кожного боку каркаса прийнята різна, що залежить від кількості листів гіпсокартону: один плюс два листи (1+2) – (12,5+25 мм), один плюс три листи (1+3) – (12,5+37,5 мм) і два плюс три листи (2+3) – (25+37,5 мм).

Ці конструкції порівняно з поширеними каркасно-обшивними перегородками з однаковою товщиною обшивок і однаковою кількістю шарів, рівними за поверхневою щільністю, мають вищу звукоізоляцію завдяки виникненню явища хвильового збігу. звукоізоляцію за рахунок виникнення явища хвильового збігу, що відбувається в різних частотних діапазонах.



**Рис.1.** Схеми асиметричних каркасних перегородок із різною товщиною обшивок із гіпсокартонних листів за одинарним каркасом із тонкостінного металевого профілю зі звукопоглинальним шаром: *a* –  $a = 1 \times 12,5$  мм,  $d = 2 \times 12,5$  мм; *б* –  $a = 1 \times 12,5$  мм,  $d = 3 \times 12,5$  мм; *в* –  $a = 2 \times 12,5$  мм,  $d = 3 \times 12,5$  мм

Асиметричні каркасні перегородки мають великий потенціал застосування в якості внутрішніх огорожувальних конструкцій у житлових і громадських будівлях, швидкокомтованих перегородок в офісних і адміністративних приміщеннях із вільним плануванням. Принцип проектування таких конструкцій можна використовувати під час влаштування вигоронок для обладнання, кабін спостереження на виробництві, а також при проектуванні шумозахисних екранів для систем вентиляції та кондиціонування. На практиці можна домогтися додаткової звукоізо-

ляції близько 3...10 дБ.

Каркасно-обшивні перегородки з обшивками з ГКЛ є перспективними конструкціями для застосування в житлових і громадських будівлях, а також допоміжних будівлях промислових підприємств. Даний тип огорожувальних конструкцій легко монтується, має малу вагу і майже можна порівняти за мобільністю з трансформованими перегородками. Каркасно-обшивні перегородки належать до акустично неоднорідних конструкцій. Під час теоретичного розгляду звукоізолювальної здатності акустично неоднорідної конструкції її найчастіше представляють як суму звукоізолювальної здатності акустично однорідного елемента  $R_0$  та її зміни  $\Delta R$ , спричиненої акустичною неоднорідністю огорожі  $R = R_0 + \Delta R$ . Водночас величина  $R_0$  може бути звукоізолювальною здатністю одного з елементів конструкції (зазвичай масивнішого) або акустично однорідної огорожі, поверхнева густина якої дорівнює повній поверхневій густині конструкції, яку ми розглядаємо. Досягти ефекту збільшення звукоізоляції подвійної огорожі можна, якщо об'єднати акустично однорідні елементи (одношарові огорожі) з граничними частотами, що відрізняються між собою не менше ніж у 2 рази. Як об'єкт дослідження розглядатимемо асиметричну каркасно-обшивну перегородку з шарнірним спиранням за контуром в отворі акустично жорсткого нескінченного екрана, на яку діє дифузне звукове поле. Схему конструкції наведено на рис. 2.

**Рис. 2.** Горизонтальний розріз асиметричної каркасно-обшивної перегородки з обшивкою листами з двох сторін різної товщини ( $2 \times 12,5$  мм +  $3 \times 12,5$  мм) по каркасу з звукопоглинальним шаром

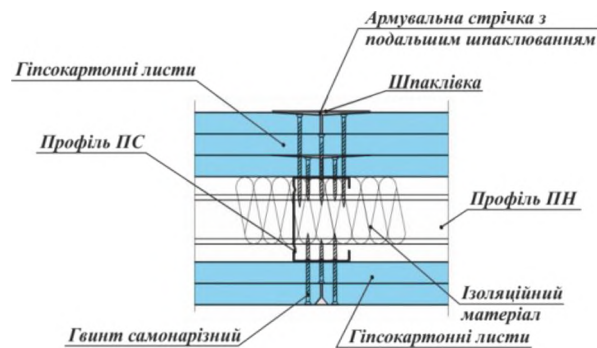
Розглядаються асиметричні каркасні перегородки, зовнішні листові обшивки яких виконані з ГКЛ щільністю від  $850 \text{ кг/м}^3$  до  $1100 \text{ кг/м}^3$  товщиною 12,5 мм по каркасу з тонкостінного металевого профілю. Ширина повітряного проміжку прийнята різна: 50, 75 і 100 мм.

Товщину аркушів обшивки з ГКЛ із двох боків прийнято різну: один плюс два (1+2), один плюс три (1+3) і два плюс три (2+3) листи. Звукопоглинальний матеріал – мінераловатні плити "ІЗОВЕР" товщиною 50 мм і щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$ .

**Висновки та напрямок подальших досліджень:** Доведено можливість підвищення звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками порівняно зі звукоізоляцією симетричними (базовими) каркасно-обшивними перегородками. На основі графоаналітичного методу розрахунку встановлено, що ефект підвищення звукоізоляції каркасно-обшивними перегородками за одночасного зменшення їхньої маси (або витрати матеріалу) можливий у разі поєднання обшивок різної товщини. При цьому, якщо величини поверхневих густин кожної обшивки відрізняються між собою (не менше ніж у 2 рази), відбувається перекриття провалів звукоізоляції в області хвильового збігу в нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Знайдено кількісні залежності звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками від маси і кількості шарів обшивок у всьому нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Техніко-економічний аналіз вартості монтажу симетричних (базових) і асиметричних каркасних перегородок доводить ефективність застосування асиметричних каркасних перегородок як міжквартирних перегородок, перегородок між приміщеннями офісів, стін і перегородок між робочими приміщеннями допоміжних будівель виробничих підприємств. Застосування цих перегородок дасть змогу знизити витрати на монтаж. Принцип проектування таких конструкцій можна використовувати під час влаштування кабін спостереження на виробництві, шумозахисних екранів систем вентиляції та кондиціонування. На практиці можна домогтися додаткової звукоізоляції близько 3...10 дБ.

#### Список літератури

1. Тимченко Р.А., Молчанова О.О. Шумозахисні пристрої для мереж підземного транспорту // Матеріали Міжнародної наук.-техн. конф. „Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку” (25-28 травня 2010 р.) – Кривий Ріг, 2010. – С. 211-212.
2. Тимченко Р.А., Овсяк В.М. Глушіння шуму в тунелі швидкісного трамваю // Матеріали Міжнародної наук.-техн. конф. „Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку” (25-28 травня 2010 р.) – Кривий Ріг, 2010. – С. 212-213.
3. Тимченко Р.А., Терещенко Р.Я. Шумозахисні екрани для ліній метрополитена і скоростного трамвая //



Разработка рудных месторождений. – 2005. – № 89. – С. 242-245.

4. Пат. 8666 Україна, МПК 7 G 10K 11/16, B 61D 49/00. Звукопоглинальна конструкція: **Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Терешенко Р.Я., Кочергін П.С.** (Україна). – № u 200501018; заявник і власник патенту Криворізький технічний університет; Заявл. 04.02.2005; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

5. Пат. 8667 Україна, МПК 7 G 10K 11/16, B 61D 49/00. Шумозахисний екран: **8667 Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Терешенко Р.Я., Кочергін П.С.** (Україна). – № u 200501019; заявник і власник патенту Криворізький технічний університет; Заявл. 04.02.2005; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

6. **Бобылев В.Н., Тишков В.А., Монич Д.В.** Оптимальное использование резервов звукоизоляции ограждающих конструкций // Вестник РААСН. – 2004. – Вып. 8. – С. 105-111.

7. **Гребнев П.А.** Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий из сэндвич-панелей: автореф. дис... канд. тех. наук. – 2016. – 20 с.

8. Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций зданий при диффузном и направленном падении звука / **В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Монич, Д.Л. Щеголев** // Приволжский научный журнал. – 2007. – № 1. – С. 23-28.

9. Резервы повышения звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций // **В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Монич, П.А. Гребнев** // Монография: ННГАСУ. – 2014. – 117 с.

10. **Craik, R. J. M.** Non-resonant sound transmission through double walls using statistical energy analysis // Applied Acoustics. – 2003. – Vol. 64. – № 3. – P. 325-341.

11. **ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013.** Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків. – 2013. – 112 с.

12. **ДСТУ Б В.2.6-85:2009.** Конструкції будинків і споруд. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи оцінювання. – 2010. – 29 с.

13. **ДБН В.1.1-31:2013.** Захист територій, будинків і споруд від шуму – 2013. – 98 с.

14. **EN 12354-1:2000,** PDT Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms. – 2013. – 81 с.

15. **ISO 717-1** Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. – 2013. – 11 p.

16. **KNAUF.** Немецкий стандарт. Звукоизоляционные системы КНАУФ. – 2010. – 24 с

Рукопис подано до редакції 09.05.2023

УДК 338.3

**Г. І. АНДРУЩЕНКО**, д-р соц. наук, проф., **Є. В. ЧУПРИНОВ**, канд. техн. наук, доц.,  
**Д.О. КАССИМ**, д-р техн. наук, проф., **В. Г. ГРИГОР'ЄВА**,  
**І. А. ЛЯХОВА**, кандидати техн. наук, доценти  
Державний університет економіки і технологій

## **СИНЕРГІЯ ЕКОНОМІКИ ТА МЕТАЛУРГІЇ ЯК ОСНОВА МЕХАНІЗМУ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПОВНОГО ЦИКЛУ**

**Мета.** Головною метою даної роботи є вивчення та аналіз сучасних світових тенденцій на ринку чорної металургії, а також розробка нових комплексних методів та економічних заходів для взаємодії різних підрозділів одного металургійного підприємства.

**Методи дослідження.** У дослідженні використано наступні методи: організаційно-економічні – при управлінні економічною ефективністю процесу виробництва на сучасному металургійному підприємстві; аналітичні – при пошуку та винайденні нових засобів управління технологічним процесом виробництва сталі, нового параметру киснево-конвертерного процесу.

**Наукова новизна.** Запропоновано інноваційний підхід до організації роботи сучасного металургійного підприємства, оснований на тісній взаємодії важливих процесів, таких як економіка, виробництво та збут готової продукції. Даний науковий підхід базується на винайденні нових шляхів впровадження новітніх металургійних технологій з мінімально можливими виробничими і невиробничими витратами, які дозволять отримати підвищення рівня економічної ефективності процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві.

**Практична значимість.** Авторами розроблений новий виробничо-економічний механізм ефективної роботи металургійного підприємства, який дозволив побудувати логічний зв'язок між усіма визначальними ланками сучасного металургійного комбінату – від початкової стадії налагодження виробництва до економічної ефективності діяльності підприємства в цілому.

**Результати.** У даній роботі авторами проаналізовано світовий ринок металопрокату і визначено рівень конкурентоспроможності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» в умовах ринкової кон'юнктури; віднайдено нові шляхи впровадження новітніх металургійних технологій з мінімально можливими виробничими і невиробничими витратами; розраховано економічну ефективність процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві; розкрило нові механізми функціонування металургійного підприємства у сучасних ринкових умовах, у тому числі за рахунок синергії металургійних технологій та економіки, що в свою чергу, у сучасному висококонкурентному середовищі може