УДК 691.17; 699.844.1
DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.300819.58.511

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ПАНЕЛІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГУМОВОЇ КРИХТИ НА ПОКАЗНИК ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ

ПОПОВ О. О.[1], *к. т. н., доц.,*
ГОСТРИК А. М.[2*], *аспір.,*
ЦРНОЯ А.[3], *аспір.*

[1] Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (067) 300-41-09, e-mail: oleg.a.popov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4021-5199
[2*] Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (068) 274-03-83, e-mail: anna.hostryk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1638-0912
[3] Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (067) 300-41-09, e-mail: crnoja.doo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9557-9411

Анотація. ***Постановка проблеми.*** Сьогодні дуже важлива проблема повторного застосування матеріалів. Одним із таких прикладів застосування відходів використаних автомобільних шин – гумова крихта. Найбільше її застосовують у дорожньому будівництві, для благоустрою територій спортивних майданчиків, у ремонті мостів та трубопроводів, тому актуальним постає визначення можливості застосування цього матеріалу в сучасному будівництві. Рециркульована гумова панель являє собою високоефективний звукоізоляційний матеріал із відносно хорошими механічними властивостями. Ці властивості дозволяють використовувати його в різних легких конструкціях як матеріал, що підсилює структурну звукоізоляцію і зменшує вібрацію. Стаття присвячена питанню підвищення показника звукоізоляції в стінових конструкціях панельного типу, виготовлених із застосуванням гумової крихти. Адже один із найважливіших критеріїв оцінювання якості під час проектування житлових будівель – це забезпечення мешканців акустично комфортними умовами. Для вирішення проблеми проведено аналіз впливу щільності панелі на значення індексу звукоізоляції. Проілюстровано структуру установки звукоізоляційних панелей під час проведення експерименту. Результати визначення рівня звукоізоляції залежно від показника щільності панелей, виготовлений із застосуванням гумової крихти, порівняні та наведені на діаграмах для кожної групи окремо. ***Мета статті*** **–** проаналізувати властивості гумової крихти та можливості застосування в будівництві, а також дослідити вплив щільності панелей, виготовлених із застосуванням цього матеріалу, на величину загальної звукоізоляції конструкції. ***Висновок.*** На основі результатів експерименту та даних вимірювань зроблено висновок, що щільність значно впливає на показник звукоізоляції. Зі збільшенням щільності поліпшуються звукоізоляційні властивості стінової конструкції.

Ключові слова*:* *звукоізоляція; гумова крихта; індекс звукоізоляції; стінова панель; діапазон частот*

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПАНЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ

ПОПОВ О. А.[1], *к. т. н., доц.,*
ГОСТРИК А. Н.[2*], *аспир.,*
ЦРНОЯ А.[3], *аспир.*

[1] Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (067) 300-41-09, e-mail: oleg.a.popov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4021-5199
[2*] Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (068) 274-03-83, e-mail: anna.hostryk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1638-0912
[3] Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (067) 300-41-09, e-mail: crnoja.doo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9557-9411

Аннотация. ***Постановка проблемы.*** Сегодня важной является проблема повторного применения материалов. Одним из таких примеров применения отходов использованных автомобильных шин является резиновая крошка. Наибольшее применение она получила в дорожном строительстве, в благоустройстве территорий спортивных площадок, при ремонте мостов и трубопроводов, поэтому актуальным является определение возможности применения этого материала в современном строительстве. Рециркулированная резиновая панель представляет собой высокоэффективный звукоизоляционный материал с относительно хорошими механическими свойствами. Эти свойства позволяют использовать его в различных легких

конструкциях в качестве материала, который усиливает структурную звукоизоляцию и уменьшает вибрацию. Статья посвящена вопросу повышения показателя звукоизоляции в стеновых конструкциях панельного типа, изготовленных с применением резиновой крошки. Ведь одним из важнейших критериев оценки качества при проектировании жилых зданий является обеспечение жителей акустически комфортными условиями. Для решения проблемы проведен анализ влияния плотности панели на значение индекса звукоизоляции. Проиллюстрирована структура установки звукоизоляционных панелей во время проведения эксперимента. Результаты определения уровня звукоизоляции в зависимости от показателя плотности панели, изготовленной с применением резиновой крошки, сравнены и представлены на диаграммах для каждой группы отдельно. ***Цель статьи*** − проанализировать свойства резиновой крошки и возможности применения в строительстве, а также исследовать влияние плотности панелей, изготовленных с применением этого материала, на величину общей звукоизоляции конструкции. ***Вывод.*** На основе полученных результатов проведенного эксперимента и данных измерений сделан вывод, что плотность значительно влияет на показатель звукоизоляции. С увеличением плотности увеличиваются звукоизоляционные свойства стеновой конструкции.

Ключевые слова*: звукоизоляция; резиновая крошка; индекс звукоизоляции; стеновая панель; диапазон частот*

EFFECT OF PANEL DENSITY WITH THE APPLICATION OF RUBBER CRUMB ON THE SOUND INSULATION INDICATOR

POPOV O.O.[1], *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,*
HOSTRYK A.M.[2*], *Postgrad. Student,*
TSRNOYA A.[3], *Postgrad. Student*

[1] Department of the Building Construction Technology, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrikhsona Str,, 65029, Odesa, Ukraine, tel. +38 (067) 300-41-09, e-mail: oleg.a.popov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4021-5199
[2*] Department of the Building Construction Technology, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrikhsona Str, 65029, Odesa, Ukraine, tel. +38 (068) 274-03-83, e-mail: anna.hostryk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1638-0912
[3] Department of the Building Construction Technology, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrikhsona St., 65029, Odesa, Ukraine, tel. +38 (067) 300-41-09, e-mail: crnoja.doo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9557-9411

Abstract. ***Problem statement.*** Today the problem of reuse of materials is important. One of such waste used car tires is crumb rubber. It has received the greatest application in road construction, for the improvement of the territories of sports playgrounds, in the repair of bridges and pipelines, therefore it is relevant to determine the possibility of using this material in modern construction. Recycled rubber panel is a highly efficient sound insulation material with relatively good mechanical properties. These properties allow it to use in a variety of lightweight structures as a material that enhances structural sound insulation and reduces vibration. The article is devoted to the issue of increasing the level of sound insulation in wall structures of panel type, made with the use of crumb rubber. Indeed, one of the most important criteria for assessing quality in the design of residential buildings is to provide residents with acoustically comfortable conditions. To solve the problem, an analysis of the effect of panel density on the sound insulation index value was carried out. The installation structure of soundproof panels during the experiment is illustrated. The results of determining the level of sound insulation depending on the density of the panel made using crumb rubber were compared and presented in diagrams for each group separately. ***The purpose of the article*** is to analyze the properties of crumb rubber and the possibility of using it in construction, as well as to investigate the effect of the density of panels made with the use of this material on the magnitude of the overall sound insulation of the structure. ***Conclusion.*** Based on the obtained results of the experiment and measurement data, it was concluded that the density significantly affects the sound insulation index. With increasing density, the sound insulation properties of the wall structure increase.

Keywords: *sound insulation; crumb rubber; sound insulation index; wall panel; frequency range*

Постановка проблеми. Щоденне використання транспортного обладнання і стрімке щорічне зростання його кількості викликають серйозні екологічні проблеми. Елемент автомобільного засобу, який найбільш негативно впливає на навколишнє середовище, − це гумова шина. Для зниження такого впливу необхідна переробка відходів. Технологічні методи переробки відносно прості і дешеві, а сировина легкодоступна. Однак актуальним залишається питання застосування такого продукту в більш широкому спектрі галузей виробництва.

Панелі з додаванням гумової крихти можуть бути використані як невід'ємна частина конструкції для поліпшення звукоізоляційних властивостей. Проблема звукоізоляції легких міжкімнатних стін та перегородок пов'язана з вібрацією шару їх облицювання, який передає коливальні рухи безпосередньо в конструкцію.

Звукоізоляція огороджувальних і внутрішньоквартирних конструкцій регламентується низкою будівельних норм і правил [1–4]. Однак навіть за умови виконання нормативних вимог, у деяких випадках, спостерігається акустичний дискомфорт [5].

Мета експериментів − аналіз можливості застосування гумової крихти як одного з продуктів переробки шин у будівництві, а також вивчення впливу щільності панелей, виготовлених із застосуванням цього матеріалу, на показник загальної звукоізоляції конструкції.

Виклад матеріалу. Досліджено вплив зміни щільності за константних величин гранулометричного складу. Для порівняння відібрано 9 зразків, які залежно від ряду факторів поділялися на 3 групи.

Перша група характеризувалася товщиною зразка рівною 10 мм, з гранулометричним складом зерна розміром 0,5...2,0 мм і змінною щільністю, яка варіювалася від 700 до 1 110 кг/м^3.

Друга група − товщина зразка 15 мм, гранулометричний склад − 0,5...2,0 мм, із щільністю, яка була змінною в діапазоні від 600 до 916 кг/м^3.

До третьої групи належали зразки товщиною 20 мм з аналогічним гранулометричним складом з розміром зерна 0,5...2,0 мм і змінною щільністю від 585 до 915 кг/м^3.

Разом із цим вимірювання звукоізоляції проводилося для різних діапазонів частот: низькі (до 500 Гц), середні (500–2 000 Гц) і високі (2 000–5 000 Гц).

Експеримент здійснювали відповідно до нормативних вимог стандарту HRN EN ISO 717-1:2013 [1]. Цей нормативний документ регламентує оцінку звукоізоляції в різних конструктивних елементах будівель, враховує зовнішні і внутрішні джерела шуму та містить методи, що визначають результати вимірювань і їх перетворення на значення звукоізоляції будівельного елемента, виражене одним числом.

Експеримент проводився в Лабораторії будівельної фізики та акустичних випробувань Хорватського інституту будівництва (IGH). Приймальна кімната була повністю відокремлена від кімнати, де містилося джерело звуку. Проріз у стіні, що розділяв кімнати, призначений для випробування звукоізоляційних властивостей вікон і дверей. Зразки вбудовувалися в коробку, подібну до віконного блока, площею 0,75 м^2.

Значення звукоізоляції перегородки між кімнатою приймача і кімнатою передавача становить приблизно 75 дБ. Згідно з нормативним документом [1] необхідно, щоб значення звукоізоляції за рахунок досліджуваного зразка відрізнялося не менше ніж на 1 дБ.

Для забезпечення повного розділення передавача і приймальної кімнати та запобігання будь-якої можливої передачі звуку чи звукових коливань, виникнення звукових містків, конструкції лабораторії були зведені без взаємопов'язаних елементів, всі стики мали повітропроникність, яка не перевищує нормативних вимог.

Панелі, що використовувалися в експерименті, були виготовлені компанією Gumi Impex [6] (м. Вараждин, Хорватія) на заводі з переробки автомобільних шин. З урахуванням обладнання заводу та деяких технологічних рішень вони можуть виготовлятися різної товщини.

Обрана товщина зразків становить 10, 15 і 20 мм, що стало першим змінним фактором дослідження. Другий фактор, що варіюється, – маса зразків, які поділяються на чотири основні групи: 600 кг/м^3, близько 700 кг/м^3, близько 900 кг/м^3 і близько 1 110 кг/м^3.

Джерело звуку має декілька положень, в які вона поміщається під час вимірювання, в той час як мікрофон міститься на поворотній підставці і його положення незмінне.

Звуковий приймач являв собою мікрофон на спеціальній підставці, яка обертається в декількох площинах і повністю акумулює звук, що надходить від передавача (рис. 4−6).

Вимірювання відбувалося таким чином, що звукова потужність близько 105 дБ

випромінювалася протягом 60 секунд у два етапи. Стаціонарний шум близько 105 дБ випромінює незбалансоване джерело звуку протягом 1 хвилини.

Рис. 1, 2, 3. Установка звукоізоляційних панелей під час проведення експерименту / Fig. 1, 2, 3. Installation of soundproof panels during the experiment

Рис. 4, 5, 6. Приймач і передавач звуку / Fig. 4, 5, 6. Audio receiver and transmitter

Вимірювання повторювалося двічі для кожного зразка. Комп'ютерна обробка даних фіксує значення звукоізоляції на заданих частотах та, як результат, видає остаточне значення звукоізоляції панелі відносно звуку антени.

Порівняння таких властивостей як зміна щільності відносно фактора стабільного гранулометричного складу і змінної товщини панелі може дати відомості про вплив питомої маси на показник звукоізоляції перегородки та рекомендації щодо подальших випробувань.

Для порівняння ідентифіковано 9 зразків, розділених на 3 групи, де постійним параметром був гранулометричний склад. Змінною для груп була товщина зразка, а для всіх зразків змінним фактором була щільність матеріалу.

У таблицях 1–3 показана комбінація зразків із фіксованими і змінними факторами.

Результати експериментів визначення рівня звукоізоляції наведені для кожної групи окремо на діаграмах (рис. 7−9).

На них відображена залежність між

індексом значень звукової ізоляції для кожної з досліджуваних панелей. Графічно і візуально ми можемо відстежувати зміни, пов'язані зі значенням індексу звукоізоляції конкретного зразка, і порівнювати його з контрольною кривою. На підставі спостережень можна зробити висновки або подальші керівні принципи дослідження.

Таблиця 1

Група зразків № 1 / The sample group no. 1

№ п/п	Товщина (мм)	Маса (кг/м^3)	Гранулометричний склад
1.	10	700	05...20
4.	10	900	05...20
7.	10	1 110	05...20

Таблиця 2

Група зразків № 2 / The sample group no. 2

№ п/п	Товщина (мм)	Маса (кг/м^3)	Гранулометричний склад
10.	15	600	05...20
13.	15	750	05...20
16.	15	916	05...20

Таблиця 3

Група зразків № 3 / The sample group no. 3

№ п/п	Товщина (мм)	Маса (кг/м^3)	Гранулометричний склад
19.	20	585	05...20
22.	20	750	05...20
25.	20	915	05...20

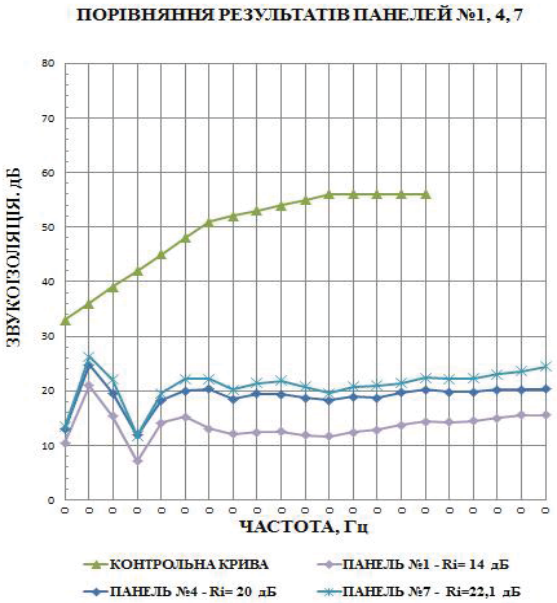


Рис. 7. Група зразків №1 /
Fig. 7. The sample group no. 1

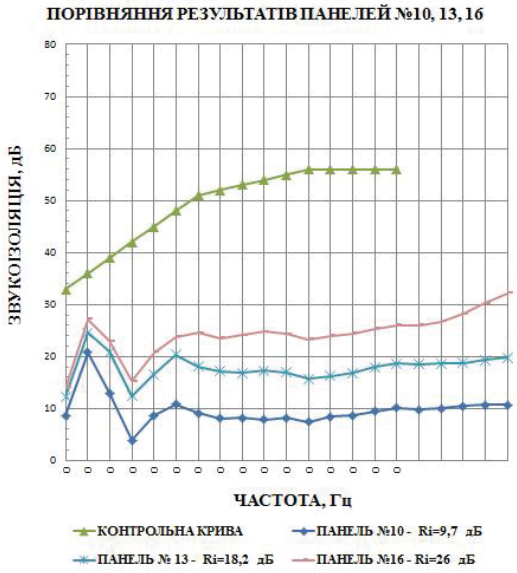
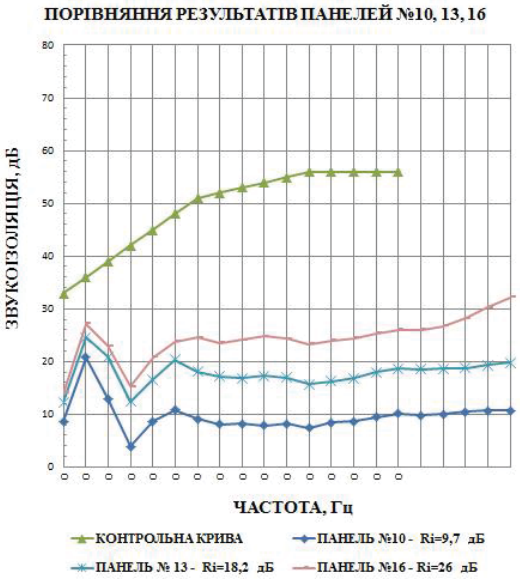


Рис. 8. Група зразків № 2 /
Fig. 8. The sample group no. 2



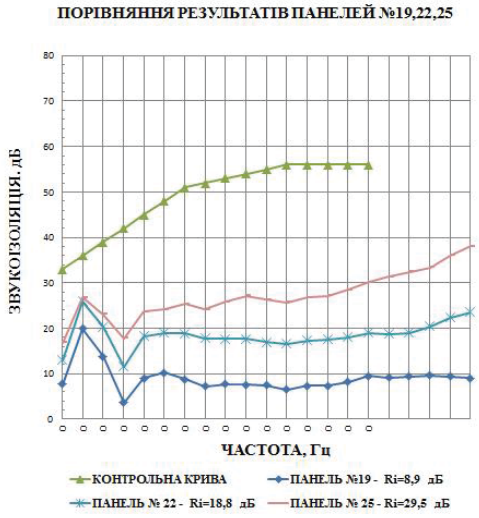


Рис. 9. Група зразків № 3 /
Fig. 9. The sample group no. 3

Аналіз результатів. Результати випробувань дозволили провести аналіз зміни показників звукоізоляції по відносно зміни певних параметрів. А саме, як змінювався показник звукоізоляції за різної товщині зразка з постійним гранулометричним складом, і щільністю, яка варіювалася в різних групах і зразках.

Перша група − три зразки товщиною 10 мм, гранулометричним складом 0,5...2,0 мм і з різною щільністю: зразок № 1 − 700 кг/м^3, зразок № 4 − 900 кг/м^3 і зразок № 7 – 1 110 кг/м^3.

Ми можемо бачити, що зразки 4 і 7 мають дуже схожий індекс звукоізоляції (криві вимірювання дуже близькі), в той час як зразок 1 знаходиться значно нижче.

Проаналізувавши більш докладно результати в різних діапазонах частот, можна зробити такі висновки:

– у низькочастотному діапазоні панель 7 володіє кращими звукоізоляційними властивостями, за винятком частоти 100 Гц, де значення звукоізоляції нижче на 0,1 Гц, ніж у панелі 4, а середня звукоізоляція панелі 7 на 7,08 % краща, ніж у панелі 4. Панель 1 має в середньому менше значення звукоізоляції на 38,35 %, ніж панель 4, і на 47,96 % порівняно з панеллю 7;

– у середньочастотному діапазоні панель 7 має кращі звукоізоляційні властивості і на 10,45 % кращу звукоізоляцію порівняно з панеллю 4. Панель 1 має в середньому менше звукоізоляційне значення на 49,64 %, ніж панель 4, на 65,24 % порівняно з панеллю 7;

– у високочастотній смузі панель 7 має кращі звукоізоляційні властивості і звукоізоляція панелі на 15,88 % вища порівняно з панеллю 4. Панель 1 має в середньому менше значення звукоізоляції на 32,92 %, ніж панель 4 та на 53,96 % порівняно з панеллю 7.

Друга група складається з трьох зразків товщиною 15 мм, гранулометричним складом від 0,5 до 2,0 мм і різною щільністю: зразок № 10 − 600 кг/м^3, зразок № 13 − 750 кг/м^3 і зразок № 16 − 916 кг/м^3.

Загальний результат показує однакову різницю між зразками 10 і 13 і зразками 13 і 16. Варто зазначити, що є аналогічна різниця в об'ємній вазі між зразками 10 і 13 та зразками 13 і 16.

Проаналізувавши більш докладно результати в різних діапазонах частот, можна зробити такі висновки:

− у низькочастотній смузі панель 16 володіє кращими звукоізоляційними властивостями і на 21,54 % кращою звукоізоляцією, ніж панель 13. Звукоізоляція панелі 10 має більш низьке значення − 91,65 % порівняно з панеллю 13, і на 135,68 % порівняно з панеллю 7;

− у середньочастотній смузі панель 16 має кращі звукоізоляційні властивості і на 43,51% кращу звукоізоляцію порівняно з панеллю 10. Панель 10 має значення звукоізоляції нижче на 99,44 % порівняно з панеллю 13, і на 186,39 % порівняно з панеллю 16;

− у високочастотній смузі панель 16 володіє кращими звукоізоляційними властивостями і на 52,84 % кращою звукоізоляцією порівняно з панеллю 13. Панель 10 має значення звукоізоляції нижче на 82,87 % порівняно з панеллю 13, і на 179,45 % по відносно панелі 16.

У третій групі ми маємо три зразки товщиною 20 мм із гранулометричним складом 0,5...2,0 мм і різною щільністю: зразок № 19 − 585 кг/м^3, зразок № 22 − 750 кг/м^3 і зразок № 25 − 915 кг/м^3.

Загальний результат показує однакову різницю між зразками 19 та 22 і зразками 22 та 25. Також є аналогічна різниця в щільності між зразками 19 та 22 і зразками 22 та 25. Таким чином, ситуація аналогічна групі 2.

Проаналізувавши докладніше, можна виділити такі результати для різних діапазонів частот:

− низькочастотний діапазон 25 має кращі звукоізоляційні властивості і на 28,26% кращу звукоізоляцію панелі 25, ніж панелі 22. Панель 19 має середнє більш низьке значення звукоізоляції 102,36 % відносно панелі 22, і 157,23 % відносно до панелі 25;

− у панель 25 діапазону середніх частот

володіє кращими звукоізоляційними властивостями і на 55,93 % кращу звукоізоляцію, ніж панель 22. Середня панель звукоізоляції панелі 19 має менше значення 126,43 % відносно панелі 22, і 252,57 % відносно до панелі 25;

− у високочастотному діапазоні панель 25 володіє кращими звукоізоляційними властивостями і на 64,28 % кращою звукоізоляцією, ніж панель 22. Панель 19 має нижче значення звукоізоляції 12,70 % порівняно з панеллю 22, і на 273,56 % – з панеллю 25.

Висновки. Дані вимірювань показують значний вплив питомої маси на показник звукоізоляції перегородки. Чим вища питома маса, тим краща звукоізоляція.

Так, панель 7 володіє кращими звукоізоляційними властивостями порівняно з панеллю 4 на 10,50 %, а порівняно з панеллю – кращими на 57,86 %.

Панель 16 має кращі звукоізоляційні властивості порівняно з панеллю 13 на 42,86 %, а порівняно з панеллю 10 – кращі на 168,04 %, а панель 25 володіє кращими звукоізоляційними властивостями порівняно з панеллю 22 на 56,91 %, а порівняно з панеллю 19 кращими, на 231,46 %. Отже, зміна щільності незалежно від товщини панелі значно впливає на показник звукоізоляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ISO 717-1:2013. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1 : Airborne sound insulation. – 2013. – 18 p. – Режим доступу : https://www.iso.org/standard/51968.html
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013. Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огороджувальних конструкцій житлових і громадських будинків. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 92 с. – Режим доступу : http://www.mcl.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/09/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-%D0%9D%D0%91% D0 %92.1.1-34.pdf
3. ДБН В.1.2-10-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – 2008. – 14 с. – Режим доступу : https://dbn.co.ua/_ld/9/995_DBN-V.1.2-10-20.pdf
4. ISO 717-2:1982. Acoustics – Rating of sound insulation in building and of building elements – Part 2: Impact sound insulation. – 1982. – 7 p. – Режим доступу : https://www.iso.org/standard/4941.html
5. Лунеева Г. С. Оценка беспокоящего воздействия на проживающих в жилых домах шумов, проникающих из соседних квартир и с улицы / Г. С. Лунеева // Звукоизоляция и защита от шумов в жилых домах / ЦНИИЭП жилища. – Москва, 1984. – С. 101–117.
6. Gumiimpex-GRP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://gumiimpex.hr

REFERENCES

1. ISO 717-1:2013. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation, 2013, 18 p.
2. *DSTU-N B V.1.1-34:2013 Nastanova z rozrahunku ta proektuvannya zvukoIzolyatsIYi ogorodzhuvalnih konstruktsIy zhitlovih I gromadskih budinkIv* [DSTU-NB B.1.1-34: 2013 Guidance on the calculation and design of sound insulation of enclosing structures of residential and public buildings]. Kyiv : Minregion Ukrayini, 2014, 92 p. (in Ukrainian).
3. DBN V.1.2-10-2008. *Sistema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeki budivel'nih ob'єktiv. Osnovni vimogi do budivel i sporud. Zahist vid shumu*. [System to ensure the reliability and safety of construction sites. Basic requirements for buildings and structures. Noise protection]. Kyiv : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2008, 14 p. (in Ukrainian).
4. ISO 717-2:1982. Acoustics – Rating of sound insulation in building and of building elements – Part 2: Impact sound insulation, 1982, 7 p.
5. Luneeva H.S. *Otsenka bespokoyaschego vozdeystviya na prozhivayuschih v zhilyih domah shumov, pronikayuschih iz sosednih kvartir i s ulitsyi* [Assessment of the disturbing effect on the noise of residents living in residential buildings penetrating from neighboring apartments and from the street]. *Zvukoizolyatsiya i zaschita ot shumov v zhilyih domah. TsNIIEP zhilischa* [Sound insulation and noise protection in residential buildings. TsNIIEP dwellings]. Moscow, 1984, pp. 101–117. (in Russian).
6. Gumiimpex-GRP. [Electronic resource]. (in Croatian).

Надійшла до редакції: 26.07.2019 р.