НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ШУМУ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗАСОБАМИ ЗВУКОПОГЛИНАННЯ ТА ЕКРАНУВАННЯ

ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013

Київ
Мінрегіон України
2014

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", ТК 304 "Захист будівель та споруд", ПК 6 "Будівельна акустика та захист від шуму"

РОЗРОБНИКИ: **Л. Осипчук**; **М. Трохименко** (науковий керівник); **Г. Фаренюк**, д-р техн. наук

ЗА УЧАСТЮ: Київський національний університет будівництва і архітектури (**О. Сергейчук**, д-р техн. наук)

Науково-дослідний інститут будівельної фізики Російської академії архітектури і будівельних наук (**Л. Борисов**, д-р техн. наук; **В. Гусєв**, д-р техн. наук; **І. Шубін**, д-р техн. наук)

ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури" (**В. Захаров**; **Ю. Захаров**, канд. техн. наук; **П. Саньков**, канд. техн. наук; **Н. Ткач**)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 р. № 306, чинний з 2014-01-01

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

© Мінрегіон України, 2014

Видавець нормативних документів
у галузі будівництва і промисловості будівельних матеріалів
Мінрегіону України
Державне підприємство "Укрархбудінформ"

ЗМІСТ

1 Сфера застосування . . . 1
2 Нормативні посилання . . . 1
3 Терміни та визначення понять . . . 2
4 Звукопоглинальні конструкції. Класифікація, конструктивні і акустичні характеристики . . . 4
4.1 Загальні положення. Класифікація . . . 4
4.2 Акустичні характеристики звукопоглинальних матеріалів і конструкцій . . . 4
4.3 Плоскі одношарові конструкції із однорідних звукопоглинальних елементів . . . 6
4.4 Плоскі багатошарові конструкції із перфорованим покриттям . . . 6
4.5 Об'ємні звукопоглинальні конструкції . . . 8
4.6 Резонаторні звукопоглинальні конструкції . . . 11
4.7 Мембранні звукопоглинальні конструкції . . . 12
5 Розрахунок зниження шуму в приміщеннях звукопоглинальним облицюванням . . . 13
5.1 Загальні положення . . . 13
5.2 Акустичні характеристики приміщень і їх визначення . . . 14
5.3 Розрахунок зниження рівнів звукового тиску звукопоглинальним облицюванням у пропорційних приміщеннях з джерелами шуму . . . 19
5.4 Розрахунок зниження рівнів звукового тиску звукопоглинальним облицюванням у непропорційних приміщеннях з джерелами шуму . . . 20
5.5 Розрахунок необхідної площі звукопоглинального облицювання в приміщеннях . . . 21
6 Вибір і розміщення звукопоглинальних конструкцій . . . 23
7 Акустичні екрани . . . 25
7.1 Сфера застосування і основні правила проектування . . . 25
7.2 Розрахунок ефективності акустичних екранів у пропорційних приміщеннях . . . 26
7.3 Розрахунок ефективності акустичних екранів у непропорційних приміщеннях . . . 32
8 Розрахунок зниження шуму в приміщеннях при спільному застосуванні звукопоглинального облицювання і акустичних екранів . . . 33
8.1 Розрахунок у пропорційних приміщеннях . . . 33
8.2 Розрахунок у непропорційних приміщеннях . . . 34
Додаток А
Акустичні характеристики звукопоглинальних матеріалів, виробів та конструкцій . . . 35
Додаток Б
Величини зниження рівнів звукового тиску акустичними екранами . . . 41
Додаток В
Бібліографія . . . 43

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ШУМУ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗАСОБАМИ ЗВУКОПОГЛИНАННЯ ТА ЕКРАНУВАННЯ

УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ СРЕДСТВАМИ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ И ЭКРАНИРОВАНИЯ

MANUAL ON DESIGNING OF NOISE PROTECTION IN PREMISES WITH SOUND ABSORPTION MEANS AND SCREENING

Чинний від 2014-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт спрямований на реалізацію положень ДБН В.1.1-31 і відповідно до Закону України "Про будівельні норми" є обов'язковим до застосування.

1.2 Цей стандарт установлює правила проектування захисту від шуму та методи розрахунку зниження рівнів звукового тиску в приміщеннях з джерелами шуму при застосуванні облицювання поверхонь огороджувальних конструкцій приміщень звукопоглинальними конструкціями та акустичних екранів.

1.3 Цей стандарт не поширюється на застосування акустичного облицювання приміщень спеціального призначення (радіо-, кіно- та телевізійні студії, театри, кінотеатри, концертні зали, студії звукозапису тощо), в яких звукопоглинальні конструкції застосовують для оптимізації часу реверберації звуку.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні акти і нормативні документи:

ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму

ДСТУ 3515-97 Акустика й електроакустика. Терміни та визначення

ДСТУ Б В.2.7-183:2009 Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги

ДСТУ Б В.2.7-184:2009 Будівельні матеріали. Матеріали звукоізоляційні і звукопоглинальні. Методи випробовувань

ДСТУ ГОСТ 31295.1:2007 (ИСО 9613-1:1993) Шум. Затухання звуку під час розповсюдження на місцевості. Частина 1. Розрахунок поглинання звуку атмосферою (ГОСТ 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993), IDT; ISO 9613-1:1993, MOD)

ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях

РСТ УССР 1977-87 Маты звукопоглощающие базальтовые марки БЗМ. Технические условия (Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ. Технічні умови)

РСТ УССР 1981-77 Маты теплоизоляционные и звукопоглощающие. Технические условия (Мати теплоізоляційні і звукопоглинальні. Технічні умови)

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 звукопоглинання

Здатність матеріалів чи предметів перетворювати в інші види енергії, зокрема в тепло, звукову енергію під час поширення звуку в середовищі або падіння його на межу між двома середовищами (ДСТУ 3515)

3.2 звукопоглинальний матеріал

Матеріал (пористої, пористо-губчастої, волокнистої, зернистої структури), який має наскрізну пористість і характеризується відносно високим коефіцієнтом звукопоглинання α ($\alpha > 0,2$)

3.3 коефіцієнт звукопоглинання α

Відношення потоку звукової енергії хвилі, поглинутої поверхнею, до потоку звукової енергії хвилі, що впала на поверхню за даної частоти для певних умов і конкретної поверхні (ДСТУ 3515)

3.4 реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання

Коефіцієнт звукопоглинання, обчислений або виміряний у реверберaційній камері з дифузним звуковим полем за умови падіння плоских звукових хвиль на поверхню під рівноймовірними кутами

3.5 акустичний імпеданс (акустичний опір) звукопоглинальної конструкції *Z*

Комплексна величина, що являє собою відношення звукового тиску на поверхні конструкції до добутку лінійної коливальної швидкості частинок повітря на площу поверхні, нормальної до напряму поширення плоскої звукової хвилі.

Примітка. В акустичних розрахунках використовують безрозмірний акустичний імпеданс, віднесений до хвильового опору повітря

3.6 еквівалента площа звукопоглинання об'єкта чи поверхні *A*

Площа умовної поверхні з коефіцієнтом звукопоглинання, що дорівнює одиниці, яка мала б таку саму здатність поглинати звук у реверберaційній камері з дифузним звуковим полем, як і даний об'єкт чи поверхня.

Примітка. У випадку поверхні еквівалентна площа звукопоглинання виражається добутком площі поверхні на її коефіцієнт звукопоглинання (ДСТУ 3515)

3.7 еквівалентна площа звукопоглинання приміщення *A*

Площа умовної поверхні з коефіцієнтом звукопоглинання, що дорівнює одиниці, яка мала б таку саму здатність поглинати звук у реверберaційній камері з дифузним звуковим полем, як і всі огороджувальні поверхні, предмети і устаткування в даному приміщенні разом узяті

3.8 середній реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення

Відношення еквівалентної площі звукопоглинання приміщення до сумарної площі всіх огороджувальних поверхонь приміщення

3.9 акустичне відношення *Q*

Відношення в даній точці приміщення густини енергії відбитих від огорож приміщення звукових хвиль до густини енергії звукових хвиль, що надходять безпосередньо від джерела шуму.

Примітка. Акустичне відношення характеризує ступінь дифузності звукового поля в даній точці приміщення з джерелом шуму

3.10 зона прямого звуку в приміщенні

Зона приміщення, в якій величина акустичного відношення менша від одиниці

3.11 зона відбитого звуку в приміщенні

Зона приміщення, в якій величина акустичного відношення більша від одиниці

3.12 звукова потужність джерела шуму W

Загальна кількість звукової енергії, що випромінюється джерелом в навколишній простір за одиницю часу

3.13 рівень звукової потужності L_W

Десять десяткових логарифмів відношення звукової потужності до порогової величини звукової потужності.

Примітка. Величина порогової звукової потужності становить 10^{-12} Вт

3.14 рівень звукового тиску L

Десять десяткових логарифмів відношення квадрата даного звукового тиску до квадрата порогової величини звукового тиску.

Примітка. Величина порогового звукового тиску становить 2×10^{-5} Па

3.15 частотна характеристика акустичної величини

Сукупність значень відповідної акустичної величини у третинноктавних або октавних смугах частот

3.16 пористість

Відношення об'єму пустот у пористому матеріалі до його загального об'єму (ДСТУ 3515)

3.17 наскрізна пористість

Відношення об'єму пор у матеріалі, які сполучаються із зовнішнім середовищем, до його загального об'єму

3.18 опір продуванню постійним потоком повітря

Відношення різниці тисків повітря з обох боків зразка пористого матеріалу до лінійної швидкості потоку повітря через зразок

3.19 реверберація

Процес поступового затухання звуку (спадання рівня звукового тиску) в закритому приміщенні після вимкнення джерела звуку

3.20 стандартний час реверберації T

Інтервал часу в секундах, протягом якого рівень звукового тиску в закритому приміщенні зменшується на 60 дБ після вимкнення джерела звуку даної частоти або даної смуги частот

3.21 реверберaційна камера

Звуко- і віброізольоване приміщення відповідної геометричної форми, в якому звукове поле максимально наближене до дифузного

3.22 дифузне звукове поле

Звукове поле, в якому густина звукової енергії у заданій ділянці статистично рівномірна, а напрямки поширення звуку в кожній точці мають випадкові розподіли (ДСТУ 3515)

3.23 акустичний екран

Звукоізолювальна перепона скінченних розмірів і відповідної форми, яку встановлюють у приміщенні між джерелом (джерелами) шуму і робочим місцем або частиною приміщення, що потребують захисту від шуму даного джерела або групи джерел

3.24 звукопоглинальне (акустичне) облицювання приміщення

Облицювання частини внутрішніх поверхонь приміщення плоскими звукопоглинальними конструкціями або розміщення в приміщенні об'ємних (штучних) звукопоглиначів з метою зниження шуму в приміщенні і його лункості

4 ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ. КЛАСИФІКАЦІЯ, КОНСТРУКТИВНІ І АКУСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1 Загальні положення. Класифікація

4.1.1 Звукове поле, створюване джерелом шуму в приміщенні, складається із прямого звуку, що безпосередньо випромінюється джерелом, і звуку, багаторазово відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення. Наявність відбитих звукових хвиль приводить до збільшення рівня шуму в зоні відбитого звуку приміщення до 8 дБ – 12 дБ у порівнянні з рівнями шуму, створюваного тим самим джерелом у вільному просторі.

4.1.2 Звичайні будівельні матеріали, такі як бетон, цегляна кладка, штукатурка, скло тощо характеризуються незначним звукопоглинанням і практично повністю відбивають звукові хвилі, що на них падають.

Для зниження енергії відбитої частини звукового поля застосовують у приміщеннях спеціальні матеріали та конструкції – звукопоглинальні, які характеризуються значно більш високими звукопоглинальними властивостями.

4.1.3 Найбільш поширеним способом використання засобів звукопоглинання для зниження шуму в приміщенні є облицювання внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій приміщення звукопоглинальними конструкціями (акустичне облицювання).

4.1.4 За конструктивними ознаками і акустичними характеристиками звукопоглинальні конструкції, які застосовують у будівництві, поділяють на такі типи:

– плоскі одношарові конструкції із однорідних звукопоглинальних елементів;

– плоскі багатошарові конструкції із перфорованим покриттям;

– об'ємні звукопоглинальні конструкції (штучні звукопоглиначі);

– резонансні звукопоглинальні конструкції (резонаторні і мембранні).

4.1.5 Матеріали, які застосовують у звукопоглинальних конструкціях, повинні мати стабільні акустичні і фізико-технічні характеристики протягом всього терміну експлуатації, бути біо- і вологостійкими, не виділяти шкідливих речовин в кількості, що перевищує гранично-допустимі концентрації, бути дозволеними до використання органами виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

Звукопоглинальні конструкції повинні відповідати загальним будівельним вимогам, таким як довговічність, вогнестійкість, достатня механічна міцність, гігієнічність, економічність, легкість очищення, декоративність.

4.1.6 Основні положення щодо застосування звукопоглинальних конструкцій в приміщеннях наведені у розділі 9 ДБН В.1.1-31.

4.2 Акустичні характеристики звукопоглинальних матеріалів і конструкцій

4.2.1 До звукопоглинальних матеріалів відносять різні види волокнистих або пористих матеріалів з наскрізною пористістю, в яких при падінні на них звукових хвиль їх звукова енергія в результаті в'язкого тертя в порах і супровідних невідновних термодинамічних процесів, перетворюється в тепло. Найбільш широкого застосування на практиці набули пористо-волокнисті звукопоглинальні матеріали у вигляді плит або матів із мінеральних або скляних волокон.

Примітка. Класифікація звукопоглинальних матеріалів наведена в ДСТУ Б В.2.7-183.

4.2.2 Однією з основних величин, що характеризує акустичні властивості шару звукопоглинального матеріалу або звукопоглинальної конструкції, є коефіцієнт звукопоглинання.

При коефіцієнті звукопоглинання, близькому до нуля, звукові хвилі, що падають на дану поверхню, повністю відбиваються від неї і, навпаки, енергія звукових хвиль повністю поглинається, якщо коефіцієнт звукопоглинання даного шару матеріалу або конструкції дорівнює одиниці.

4.2.3 Іншою характеристикою шару звукопоглинального матеріалу або звукопоглинальної конструкції є безрозмірний (віднесений до хвильового опору повітря) акустичний імпеданс (акустичний опір) *Z*. Акустичний імпеданс визначають за формулою:

$$Z = R + jY, \tag{1}$$

де R і Y – відповідно активна і реактивна складові імпедансу, безрозмірні (віднесені до хвильового опору повітря).

Примітка. Експериментально імпеданс шару звукопоглинального матеріалу або звукопоглинальної конструкції визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-184.

4.2.4 Коефіцієнт звукопоглинання α однозначно визначається за відомими складовими R і Y безрозмірного імпедансу за формулою:

$$\alpha = \frac{4R\cos\theta}{(R\cos\theta + 1)^2 + Y^2\cos^2\theta}, \tag{2}$$

де θ – кут падіння плоскої звукової хвилі до поверхні звукопоглинальної конструкції.

Максимальних значень коефіцієнт звукопоглинання набуває, коли величина реактивної складової Y імпедансу наближається до нуля, а величина активної складової R – до одиниці.

4.2.5 Акустичний імпеданс і коефіцієнт звукопоглинання шару звукопоглинального матеріалу залежать від частоти звуку, наскрізної пористості матеріалу, питомого опору продуванню потоком повітря, питомої площі поверхні пор, товщини шару, кута падіння звукової хвилі на поверхню шару, а також від способу розташування даного шару відносно огороджувальної конструкції (безпосередньо на жорсткій поверхні чи з повітряним проміжком).

4.2.6 Для отримання високого звукопоглинання необхідно, щоб хвильовий опір звукопоглинального матеріалу для звукової хвилі, що падає на його поверхню, наближався за величиною до хвильового опору повітря $\rho_0 c_0$ (де ρ_0 – густина повітря; c_0 – швидкість звуку у повітрі). Тобто, матеріал повинен бути високопористим з наскрізною пористістю, близькою до одиниці.

З іншого боку, для забезпечення високого внутрішнього затухання звукової хвилі на товщині шару звукопоглинальний матеріал повинен мати порівняно високий опір продуванню потоком повітря, значно більший від $\rho_0 c_0$ повітря (тобто, мати відносно високу густину).

Ці дві суперечливі умови досягнення високого звукопоглинання при даній товщині шару звукопоглинального матеріалу вимагають компромісного рішення при виборі структурних характеристик матеріалу в залежності від необхідної частотної характеристики коефіцієнта звукопоглинання.

4.2.7 Імпеданс шару будь-якого пористого звукопоглинального матеріалу, розташованого на жорсткій поверхні, на низьких частотах обумовлюється пружністю повітря, наявного в наскрізних порах матеріалу. Абсолютна величина реактивної складової імпедансу Y на низьких частотах тонких (у порівнянні із довжиною хвилі λ) шарів є великою, що обумовлює незначне звукопоглинання на цих частотах.

Для зменшення пружності повітря в матеріалі і підвищення звукопоглинання треба або збільшувати товщину шару, або влаштовувати повітряний проміжок між жорсткою поверхнею і шаром матеріалу, або застосовувати обидва ці способи одночасно.

4.2.8 Із збільшенням частоти звуку абсолютна величина реактивної складової імпедансу Y звукопоглинального шару, розташованого на жорсткій поверхні, поступово зменшується, а коефіцієнт звукопоглинання монотонно зростає до деякого найбільшого значення на частоті f_1, яка є обернено пропорційна товщині шару і залежить від структурних характеристик даного матеріалу.

На частотах, нижчих від f_1, завжди наявний спад величини коефіцієнта звукопоглинання, а на частотах, більших від f_1, коефіцієнт звукопоглинання залишається більш-менш постійним з деякими коливаннями навкруги середнього значення для цієї області частот, обумовленими резонансними явищами в шарі.

4.2.9 При оптимальних параметрах звукопоглинального шару (наскрізної пористості, опору продуванню потоком повітря, товщини) можна досягти високих значень коефіцієнта звукопоглинання (близьких до одиниці) в широкому діапазоні частот. При заданій товщині шару діапазон ефективно-

го звукопоглинання може бути більш розширеним за рахунок улаштування повітряного проміжку між звукопоглинальним шаром і огороджувальною конструкцією.

4.2.10 В акустичних розрахунках використовують реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах частот нормованого діапазону. Реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання у смугах частот визначають за результатами вимірювань в реверберaційній камері.

Реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання найбільш повно характеризує "роботу" звукопоглинальної конструкції в реальних умовах приміщень, в яких їх зазвичай застосовують.

4.3 Плоскі одношарові конструкції із однорідних звукопоглинальних елементів

4.3.1 Плоскі однорідні звукопоглинальні елементи звукопоглинальних конструкцій являють собою вироби пористо-волокнистої, зернистої або ніздрюватої структури, як правило, повної заводської готовності у вигляді самонесучих (жорстких або напівжорстких) плит підвісних акустичних стель або стінових плит з відповідним фактурним рисунком лицьової поверхні або частковою ненаскрізною перфорацією, чи з певним декоративним покриттям.

4.3.2 Конструкції із однорідних плоских звукопоглинальних елементів мають найрізноманітніші частотні характеристики реверберaційного коефіцієнта звукопоглинання в залежності від густини і товщини елемента, його наскрізної пористості, застосованого звукопоглинального матеріалу, властивостей лицьового оздоблювального шару, способу розміщення відносно огороджувальних конструкцій.

4.3.3 Звукопоглинальні конструкції із плоских однорідних елементів повної заводської готовності застосовують здебільшого в приміщеннях будівель громадського призначення (приміщення загального використання навчальних і лікарняних закладів, готелів, залів кафе і ресторанів, залів очікування залізничних, аеро- і автовокзалів, приміщення адміністративних будинків, офісів, торговельних, виставкових і спортивних залів, конференц-залів, читальних залів бібліотек тощо) для зниження шуму і створення в них покращених акустичних умов з одночасним виконанням декоративно-оздоблювальної функції.

4.3.4 Для зниження шуму в приміщеннях промислових підприємств однорідні одношарові звукопоглинальні вироби застосовують порівняно рідко через їх недостатні міцнісні характеристики і відносно невисокі коефіцієнти звукопоглинання в низькочастотному і середньочастотному діапазонах.

4.4 Плоскі багатошарові конструкції із перфорованим покриттям

4.4.1 Для зниження шуму в приміщеннях із джерелами шуму промислових підприємств, а також на шумних об'єктах іншого призначення найбільш широкого застосування із плоских звукопоглинальних конструкцій набули багатошарові конструкції, що складаються із шару звукопоглинального матеріалу, захисної оболонки і захисного перфорованого покриття.

Як звукопоглинальний матеріал в таких конструкціях найчастіше застосовують пористо-волокнисті матеріали у вигляді плит або матів із мінеральних або скляних волокон.

4.4.2 Захисні оболонки застосовують для захисту звукопоглинального матеріалу від висипання або вивітрювання з нього дрібного волокна, а перфороване покриття – для захисту від механічних пошкоджень з одночасним виконанням декоративної і конструктивної функцій.

4.4.3 Як перфороване покриття застосовують тонкі листи із сталі, алюмінієвих сплавів, пластика, просічно-витяжні металеві листи, гіпсокартонні плити, декоративні сітки і тому подібні матеріали.

4.4.4 Захисні оболонки поділяють на продувні потоком повітря і непродувні. До продувних відносять різні види склотканин і нетканих матеріалів, а до непродувних – полімерні плівки.

Плівки застосовують у звукопоглинальних конструкціях, призначених для використання в приміщеннях з високими вимогами до чистоти оточуючого повітря (підприємства електронної, фармацевтичної, харчової промисловості тощо).

4.4.5 Акустичні властивості перфорованого покриття з отворами, рівномірно розподіленими по його поверхні, характеризують комплексним акустичним імпедансом, який залежить від частоти звуку, товщини листа, лінійних розмірів отворів, коефіцієнта перфорації.

Акустичні властивості захисних оболонок характеризують комплексним акустичним імпедансом, який залежить від частоти звуку, товщини матеріалу оболонки, поверхневої густини, приведеної жорсткості (для непродувних плівок) і опором продуванню потоком повітря (для продувних тканин).

Крім того, імпеданс вказаних покриттів залежить також від того, щільно або нещільно (з проміжком від 2 мм до 3 мм) ці покриття прилягають до шару звукопоглинального матеріалу. Щільний контакт поверхні звукопоглинального шару з захисними покриттями приводить до помітного зниження коефіцієнта звукопоглинання конструкції в діапазоні частот від 2000 Гц і вище.

4.4.6 Акустичним імпедансом всієї звукопоглинальної конструкції є сума комплексних імпедансів усіх її складових (звукопоглинального шару, захисної оболонки і перфорованого покриття).

4.4.7 Перфороване покриття може суттєво впливати на звукопоглинальні характеристики даного шару звукопоглинального матеріалу в конструкції. При значній ефективній масі перфорованого листа, яка у більшості практичних випадків дорівнює приєднаній масі повітря в отворах перфорації (і яка збільшується при зменшенні коефіцієнта перфорації і діаметра отворів і збільшенні товщини листа), коефіцієнт звукопоглинання конструкції різко знижується в області високих і середніх частот і збільшується на низьких частотах так, що частотна характеристика коефіцієнта звукопоглинання набуває резонансного характеру.

4.4.8 Аналогічно впливають на звукопоглинання пористо-волокнистого шару захисні оболонки із непродувних плівок з відносно великою поверхневою густиною. Збільшення маси плівки приводить до різкого зменшення коефіцієнта звукопоглинання на високих і середніх частотах і зміщення максимуму звукопоглинання в область більш низьких частот.

Захисні оболонки із продувних тканин з малими поверхневою густиною і опором продуванню потоком повітря значно менше впливають на змінювання акустичних характеристик звукопоглинального шару в конструкції.

4.4.9 Широке застосування плоских звукопоглинальних конструкцій з перфорованим покриттям обумовлене можливістю управління їх частотною характеристикою коефіцієнта звукопоглинання в широких межах шляхом змінювання коефіцієнта перфорації, лінійних розмірів отворів, товщини перфорованого листа і звукопоглинального шару, характеристик захисних оболонок, структурних характеристик звукопоглинального матеріалу (густина, діаметр волокна, довжина волокна).

4.4.10 Оскільки у практиці боротьби з шумом (у виробничих приміщеннях і на об'єктах іншого призначення) найчастіше зустрічаються шуми з широкосмуговим спектром, то для їх зниження треба застосовувати ефективні звукопоглинальні конструкції з коефіцієнтом звукопоглинання, близьким до одиниці також у широкому діапазоні частот.

Звукопоглинальна конструкція вважається ефективною і широкосмуговою, якщо її ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах, починаючи з частоти (250–300) Гц і вище, перевищує значення 0,8. Такі конструкції є найбільш застосовуваними в практиці зниження шуму.

4.4.11 Для досягнення ефективного і широкосмугового звукопоглинання плоских конструкцій з перфорованим покриттям треба, щоб захисні покриття в конструкції (оболонка і перфорований лист) якнайменше впливали на звукопоглинальні властивості шару звукопоглинального матеріалу. Для виконання цієї умови необхідно:

– застосовувати перфороване покриття з рівномірно розподіленими отворами по його поверхні і з коефіцієнтом перфорації, не меншим ніж 0,25 (захисні покриття з коефіцієнтом перфорації 0,25 і більше є "акустично прозорими");

– забезпечувати нещільний контакт перфорованого листа з поверхнею звукопоглинального шару (з проміжком від 2 мм до 3 мм, необхідним для рівномірного розподілу повітряного потоку по поверхні звукопоглинального матеріалу);

– діаметри отворів перфорації вибирати оптимальними в залежності від коефіцієнта перфорації і товщини листа;

– застосовувати продувні і непродувні захисні оболонки з якомога меншою поверхневою густиною і якнайменшим опором продуванню потоком повітря продувних оболонок.

Примітка. Діаметри отворів перфорації слід визначати згідно з ДСТУ Б В.2.7-183.

4.4.12 Згідно з ДСТУ Б В.2.7-183 для забезпечення мінімального впливу захисних оболонок на акустичні характеристики звукопоглинального шару продувні оболонки повинні мати опір продуванню постійним потоком повітря не більший ніж 200 Па·с/м^2, а поверхневу густину – не більшу ніж 0,15 кг/м^2.

Непродувні оболонки (плівки) повинні застосовуватись з поверхневою густиною, не більшою ніж 0,03 кг/м^2 і товщиною, не більшою ніж 30 мкм.

Оболонка повинна укладатися на звукопоглинальний матеріал вільно, без натягу (тобто, з нещільним контактом).

4.4.13 Акустичною характеристикою звукопоглинальних плоских одношарових конструкцій і плоских конструкцій з перфорованим покриттям, яку використовують в акустичних розрахунках, є реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах частот нормованого діапазону $\alpha_{обл}$.

4.5 Об'ємні звукопоглинальні конструкції

4.5.1 Об'ємні звукопоглинальні конструкції (штучні звукопоглиначі) являють собою об'ємні тіла різних геометричних форм (сфера, куб, призма, конус тощо), які підвішують до стелі в шумних приміщеннях. За конструктивними ознаками об'ємні елементи поділяють на два основних типи: одношарові і багатошарові.

4.5.2 Одношаровий об'ємний елемент складається із матеріалу жорсткої, напівжорсткої, зернисто-пористої або волокнистої структури, який забезпечує необхідну жорсткість конструкції і відповідну геометричну форму з повітряною порожниною всередині.

4.5.3 Багатошаровий об'ємний елемент складається зазвичай із легкого каркаса відповідної форми, звукопоглинального заповнювача із пористо-волокнистого матеріалу, захисної оболонки із тканини (або плівки) і перфорованого покриття. Звукопоглинальний матеріал може розташовуватись або у вигляді поверхневого шару скінченної товщини, або заповнювати весь об'єм елемента.

4.5.4 Об'ємні звукопоглинальні конструкції характеризуються рядом переваг у порівнянні з плоскими, головними з яких є: підвищена ефективність звукопоглинання за рахунок більш розвиненої звукопоглинальної поверхні та додаткового звукопоглинання (на частотах, довжина хвиль яких перевищує розміри об'ємного елемента) внаслідок дифракції звукових хвиль, простота монтажу, можливого в умовах діючого виробництва, зручність ремонту і заміни окремих елементів, можливість, за необхідності, розміщення більшої кількості одиниць звукопоглинання поблизу особливо інтенсивних джерел шуму.

4.5.5 Основною акустичною характеристикою окремого об'ємного звукопоглинального елемента є еквівалента площа звукопоглинання $A_{шт}$, м^2, в октавних смугах частот або його умовний коефіцієнт звукопоглинання $\alpha_{шт}$, який визначають за формулою:

$$\alpha_{шт} = \frac{A_{шт}}{S_{шт}}, \qquad (3)$$

де $S_{шт}$ – площа поверхні об'ємного елемента, м^2.

Примітка. Коефіцієнт $\alpha_{шт}$ називають умовним у зв'язку з тим, що в окремих смугах частот, завдяки явищу дифракції, його величина перевищує одиницю.

4.5.6 Величина і розташування на шкалі частот максимуму звукопоглинання об'ємного елемента визначаються геометричними розмірами звукопоглинача і величиною комплексного імпедансу його поверхні Z.

Максимальні значення коефіцієнта звукопоглинання окремого об'ємного звукопоглинача знаходяться в межах частот $0,8 \le ka \le 1,2$ (де $k = 2\pi / \lambda$ – хвильове число). Для звукопоглинача сферичної

форми величина a – це радіус сфери. Для звукопоглиначів інших форм (куб, паралелепіпед) з близькими розмірами граней величина a – це еквівалентний радіус $a_{екв}$, який визначають за формулою:

$$a_{екв} = \sqrt[3]{V_{сф}}\ , \tag{4}$$

де $V_{сф}$ – об'єм сфери, рівновеликої за об'ємом звукопоглинача іншої геометричної форми, м^3.

Найбільше значення коефіцієнта звукопоглинання у вказаному діапазоні частот досягається при забезпеченні оптимальної величини імпедансу Z, а саме: $1 \le R \le 2$; $-1 \le Y \le -0{,}5$.

4.5.7 Для забезпечення високого звукопоглинання в широкій смузі частот слід одночасно застосовувати об'ємні елементи даної форми з різним об'ємом.

Для елементів однакової форми, але різного об'єму співвідношення між частотами максимального звукопоглинання визначають за формулою:

$$f_{м1} = f_{м2}\sqrt{V_2 / V_1}\ , \tag{5}$$

де $f_{м1}$ і $f_{м2}$ – відповідно частоти максимуму звукопоглинання елементів з об'ємами V_1 і V_2.

4.5.8 При вирішенні задач зниження шуму застосовують не окремі об'ємні звукопоглинальні елементи, а їх системи. Ефективність системи об'ємних звукопоглиначів залежить не тільки від акустичних властивостей поверхні самого елемента, які визначаються в основному хвильовими параметрами застосованого пористо-волокнистого матеріалу, але і від геометричних розмірів елемента, відстані між окремими елементами, їх розташування відносно огороджувальних конструкцій приміщення і джерел шуму.

4.5.9 Об'ємні елементи в системі розміщують на відстанях один від одного, що визначаються їх зонами впливу. Розміри зони впливу залежать від геометричних розмірів об'ємного елемента, імпедансу його поверхні і частоти звуку. Максимальних розмірів зона впливу набуває на частотах, що відповідають максимальному звукопоглинанню елемента.

Примітка. Зона впливу являє собою частину простору навкруги об'ємного елемента, в межах якого відбувається помітне спотворення звукового поля завдяки внесенню звукопоглинального елемента.

4.5.10 Якщо в системі зони впливу окремих елементів не перекриваються, то кожний з них може розглядатися, як елемент, функціонуючий незалежно від інших. У такому випадку величина внесеного звукопоглинання в приміщення системою звукопоглиначів дорівнює сумі величин $A_{шт}$ усіх $n_{шт}$ елементів даної системи ($A_{шт} \times n_{шт}$).

4.5.11 Мінімальну відстань l між геометричними центрами об'ємних елементів, яка забезпечує їх незалежну роботу, визначають експериментально. Допускається при практичних розрахунках визначати відстань l за наближеною формулою:

$$l \approx 2\sqrt{A_{шт} / \pi}\ , \tag{6}$$

де $A_{шт}$ – еквівалента площа звукопоглинання об'ємного елемента на частоті максимуму звукопоглинання, м^2.

Співвідношення у формулі (6) справедливе також і при визначенні відстані l між центром окремого елемента і площиною огороджувальної конструкції приміщення (стелі або стіни), найближчого до огорожі.

4.5.12 Для максимального використання звукопоглинальної здатності кожного об'ємного елемента їх розміщують в системі так, щоб зони впливу окремих елементів взаємно не перекривались. Однак у багатьох реальних умовах отримане таким способом сумарне звукопоглинання в приміщенні є недостатнім для необхідного зниження шуму. Для його збільшення виникає необхідність у більш щільному розміщенні елементів, тобто з перекриттям їх зон впливу.

При ущільненні елементів у системі її сумарне звукопоглинання зростає, але не пропорційно збільшенню кількості елементів $n_{шт}$, а повільніше (потенційна здатність кожного із елементів при цьому знижується).

При деякій максимальній щільності елементів у системі її сумарне звукопоглинання при подальшому збільшенні кількості елементів $n_{шт}$ перестає зростати, тобто настає насичення (спочатку на високих і середніх частотах, а при подальшому ущільненні і на низьких частотах).

4.5.13 Для конкретних систем об'ємних звукопоглиначів з відповідним взаємним розміщенням елементів між собою і відносно огороджувальних конструкцій акустичною характеристикою може бути також умовний реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання системи $\alpha_{шт,\,с}$, який визначають в октавних смугах за формулою:

$$\alpha_{шт,\,с} = \frac{A_{шт,\,с}}{S_с}, \qquad (7)$$

де $A_{шт,\,с}$ – сумарна еквівалентна площа звукопоглинання всієї даної системи звукопоглиначів, м^2;
$S_с$ – площа, на якій розміщена дана система, м^2.

4.5.14 У самостійну і найбільш широко застосовувану групу об'ємних звукопоглиначів виділяють звукопоглинальні конструкції кулісного типу. Окрема куліса являє собою плоский звукопоглинальний елемент у формі паралелепіпеда, товщина якого значно менша від його довжини і висоти.

Основними перевагами звукопоглиначів кулісного типу у порівнянні з об'ємними елементами інших геометричних форм є простота їх виготовлення, економічність, задовільний зовнішній вигляд створюваного ними інтер'єру. Звукопоглинальні куліси – це по суті єдиний тип штучних звукопоглиначів, які можуть виготовлятися серійно на технологічних лініях з відносно високим ступенем автоматизації.

4.5.15 Звукопоглинальні підвісні системи із кулісних елементів можуть бути реалізовані у вигляді паралельних рядів, у шаховому порядку, у вигляді системи кесонів тощо. У більшості випадків порядок розміщення куліс у системі може бути досить довільним.

4.5.16 Якщо для об'ємних звукопоглинальних елементів у формі сфери або куба розміри зон впливу характеризують їх радіусами, то для кулісних звукопоглиначів у формі пластин названі зони не мають сферичної симетрії.

Більш придатним параметром, що характеризує відстані між елементами в системі кулісних звукопоглиначів, є коефіцієнт щільності $n_щ$, який являє собою відношення сумарної односторонньої площі куліс в системі ($n_{шт} \times S_к$, де $n_{шт}$ – кількість куліс у системі; $S_к$ – площа однієї бокової поверхні куліси, м^2) до площі стелі $S_с$, на якій розміщена ця система куліс $n_щ = n_{шт}S_к/S_с$.

Цей параметр не залежить від геометричних розмірів куліси і деталей її форми. У випадку, коли $n_щ = 1$, куліси, розташовані на площі $S_с$, можна при їх розвертанні в горизонтальне положення перетворити у плоску звукопоглинальну конструкцію з тією ж площею $S_с$.

4.5.17 Експериментально встановлено, що ефективність системи кулісних звукопоглиначів починає перевищувати ефективність плоскої конструкції, утвореної із тієї ж кількості куліс, при коефіцієнті щільності $n_щ \geq 0{,}4$.

4.5.18 Оптимальна щільність розміщення кулісних звукопоглиначів у системі знаходиться (в залежності від частотного діапазону, в якому необхідно отримати найбільше звукопоглинання) в межах величин коефіцієнта щільності від $n_щ = 0{,}5$ до $n_щ = 1{,}0$.

4.5.19 Для отримання максимальної величини умовного коефіцієнта звукопоглинання $\alpha_{шт,с}$ системи кулісних елементів на даній частоті висоту $h_к$ куліс слід визначати за умови $0{,}5\lambda < h_к \leq 0{,}75\lambda$ (де λ – довжина звукової хвилі на частоті, що відповідає максимальному значенню $\alpha_{шт,с}$).

4.5.20 Сумарне звукопоглинання системи об'ємних елементів залежить не тільки від їх щільності в системі, але у деякій мірі і від конфігурації самої системи. Зокрема, розташування куліс у двох взаємно перпендикулярних площинах (у вигляді клітин) є більш доцільним ніж розташування паралельними рядами внаслідок більш плавної залежності коефіцієнта звукопоглинання $\alpha_{шт,с}$ системи від кутів падіння на неї звукових хвиль. Схеми з роздільно розташованими кулісами вигідніші від схем, в яких куліси безпосередньо стикуються торцями одна з одною, завдяки більш повному використанню крайових ефектів кожної із куліс.

4.5.21 Акустичними характеристиками об'ємних звукопоглиначів, які використовують в акустичних розрахунках, є або еквівалентна площа звукопоглинання окремого об'ємного звукопоглинача $A_{шт}$, м^2, в октавних смугах частот нормованого діапазону, або умовний реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання системи об'ємних звукопоглиначів $\alpha_{шт.с}$ в октавних смугах нормованого діапазону частот, визначені в дифузному звуковому полі.

4.6 Резонаторні звукопоглинальні конструкції

4.6.1 Плоскі звукопоглинальні конструкції, в яких товщина звукопоглинального шару на практиці зазвичай не перевищує 100 мм, і конструкції об'ємних звукопоглиначів є ефективними в області середніх і високих частот нормованого діапазону. В діапазоні низьких частот (нижче від 250 Гц) їх ефективність у багатьох випадках є недостатньою для необхідного зниження шуму.

4.6.2 Для досягнення значного звукопоглинання в низькочастотному діапазоні з одночасною економією звукопоглинального матеріалу застосовують резонансні звукопоглинальні конструкції (резонаторні і мембранні).

Позитивною ознакою резонансних звукопоглинальних конструкцій є те, що при відповідному виборі параметрів загальна товщина конструкції може бути невеликою навіть на найнижчих частотах.

4.6.3 Найбільш простою резонаторною звукопоглинальною конструкцією є одношаровий резонаторний звукопоглинач, який являє собою жорсткий з відповідною перфорацією екран, встановлений на певній відстані від жорсткої стінки.

Окремий резонатор (комірка) при його малих розмірах у порівнянні з довжиною звукової хвилі є коливальною системою, в якій масою є маса повітря, що коливається в отворі екрана, а пружністю – пружність повітря в порожнині за екраном.

4.6.4 Як перфорований екран можуть застосовуватися листи із алюмінієвих сплавів, гіпсові, гіпсокартонні, деревноволокнисті плити, а також інші матеріали з достатньою жорсткістю. Отвори перфорації можуть бути різної форми: круглі, квадратні, прямокутні, щілинні тощо.

4.6.5 Наявність перегородок у повітряному проміжку конструкції між окремими резонаторними комірками не обов'язкова, але в окремих випадках вони сприяють підвищенню механічної міцності системи і усуненню небажаних власних коливань перфорованого екрана, які залежать від його загальної площі.

4.6.6 Активні втрати звукової енергії в резонаторі обумовлені тертям повітря в отворі або додатково у фрикційному матеріалі, розташованому поблизу отворів екрана. На практиці це реалізується приклеюванням з внутрішнього боку екрана фрикційного матеріалу (тканина, сітка, повсть тощо) з відповідними опором продуванню потоком повітря і поверхневою густиною. Можливі варіанти резонаторного звукопоглинача, в якому повітряна порожнина частково або повністю заповнюється пористо-волокнистим звукопоглинальним матеріалом.

4.6.7 Найбільше звукопоглинання резонаторної конструкції досягається на резонансній частоті, яка наступає при рівності (за абсолютною величиною) реактивних інерційного і пружного імпедансів системи. Ширина частотної характеристики коефіцієнта звукопоглинання визначається активними втратами звукової енергії.

4.6.8 В області частот, в якій виконується умова ($k \times L_п$) ≤ 0,4 (де k – хвильове число, м$^{-1}$; $L_п$ – глибина повітряної порожнини, м), резонансну частоту $f_р$ одношарової конструкції з рівномірно розподіленими отворами перфорації визначають за формулою:

$$f_р = \frac{c_0}{2\pi}\sqrt{\frac{\eta}{L_п(l_e + 2\delta_e)}}, \qquad (8)$$

де c_0 – швидкість звуку у повітрі, м/с;

η – коефіцієнт перфорації екрана, безрозмірний;

$L_п$ – глибина повітряної порожнини, м;

l_e – товщина екрана, м;

δ_e – кінцева поправка, м, яка залежить від форми, геометричних розмірів отворів та коефіцієнта перфорації.

Для круглих отворів діаметром d, розташованих по квадратній сітці з коефіцієнтом перфорації η, величину кінцевої поправки визначають за формулою:

$$\delta_e = 0{,}395 \cdot d\left(1 - 1{,}47\sqrt{\eta} + 0{,}47\eta\sqrt{\eta}\right). \quad (9)$$

Зниження резонансної частоти відбувається при зменшенні коефіцієнта перфорації та із збільшенням товщини екрана, діаметра отворів перфорації та глибини повітряної порожнини.

4.6.9 Одношарові резонаторні звукопоглинальні конструкції характеризуються високою селективністю з вузькою частотною характеристикою коефіцієнта звукопоглинання.

Для досягнення високих значень коефіцієнта звукопоглинання у відносно широкому діапазоні низьких частот застосовують системи резонаторів із різними резонансним частотами з паралельним або послідовним поєднанням.

4.6.10 Результуюча частотна характеристика коефіцієнта звукопоглинання резонаторного звукопоглинача з паралельним поєднанням резонаторів являє собою обвідну частотних характеристик коефіцієнта звукопоглинання кожного із типів резонаторів. При цьому максимальні значення звукопоглинання кожної системи резонаторів зменшуються у стільки разів, у скільки площа даної системи менша від сумарної площі всієї резонаторної системи.

Паралельне поєднання резонаторів розширює частотну смугу звукопоглинання, але приводить до деяких втрат акустичної ефективності.

4.6.11 Більш широкосмуговими і ефективними є багатошарові резонаторні конструкції з послідовним поєднанням резонаторів з різними частотами, які складаються із двох або трьох послідовно розташованих перфорованих екранів з повітряними проміжками між ними.

4.6.12 При проектуванні багатошарових резонаторних звукопоглинальних конструкцій з послідовним поєднанням треба враховувати такі фактори:

– глибина кожного наступного шару повинна поступово збільшуватись, починаючи від лицьової поверхні в напрямку до жорсткої стінки; активна складова імпедансу (наприклад, опір продуванню фрикційного матеріалу) кожного із шарів також повинна збільшуватись у напрямку до жорсткої стінки;

– для запобігання появі небажаних провалів у частотній характеристиці коефіцієнта звукопоглинання розміри повітряних проміжків між екранами не повинні бути кратними один одному.

4.7 Мембранні звукопоглинальні конструкції

4.7.1 Мембранний резонансний звукопоглинач являє собою суцільну панель (мембрану), встановлену на певній відстані від жорсткої поверхні (стінки) з замкнутою по периметру повітряною порожниною. Мембранні конструкції є селективними звукопоглиначами, ефективними тільки у вузькій смузі частот.

4.7.2 Як мембрани застосовують пружні суцільні панелі із тонких твердих матеріалів (фанера, деревноволокнисті плити, картон, гіпсокартонні плити, пластик тощо), а також непродувні полімерні плівки або інші матеріали з малою згинальною жорсткістю.

4.7.3 Інерційним елементом такої коливальної системи є маса мембрани з відповідною поверхневою густиною. Пружністю системи є комбінація пружності повітряного прошарку і згинальної жорсткості мембрани.

4.7.4 У звукопоглиначів з незначною згинальною жорсткістю мембрани (наприклад, у вигляді ненатягнутої плівки або натягнутої дуже слабко) пружність системи визначається переважно пружністю повітряного прошарку.

Резонансну частоту f_p мембранних звукопоглиначів з малою згинальною жорсткістю визначають за формулою:

$$f_р = \frac{60}{\sqrt{m \cdot L_п}}, \qquad (10)$$

де m – поверхнева густина мембрани, кг/м^2;

$L_п$ – глибина повітряної порожнини, м.

Формула (10) є застосовною для випадку нормального падіння звукових хвиль на звукопоглинач і за умови, коли $L_п << \lambda$ (де λ – довжина звукової хвилі).

При падінні звукових хвиль під іншими кутами формулу (10) можна застосовувати за умови, якщо у повітряному проміжку відсутнє поширення звукових хвиль паралельно мембрані. Цю умову забезпечують заповненням повітряної порожнини ефективним звукопоглинальним матеріалом, який забезпечує достатнє затухання цих звукових хвиль.

4.7.5 При застосуванні мембран із жорстких панелей, жорсткість яких є значно більшою від жорсткості повітряного проміжку (і якою можна знехтувати), резонансні частоти системи визначаються власними частотами згинальних коливань даної панелі, які залежать від модуля пружності і густини матеріалу панелі, лінійних розмірів і геометричної форми, а також від умов закріплення на контурі.

4.7.6 Втрати звукової енергії в мембранному звукопоглиначі відбуваються внаслідок внутрішнього тертя при коливаннях мембрани, а також втрат у повітряному проміжку. Максимальне звукопоглинання досягається на резонансній частоті системи.

4.7.7 Заповнення повітряної порожнини м'яким пористо-волокнистим матеріалом приводить до збільшення максимального значення коефіцієнта звукопоглинання з одночасним зсувом максимуму звукопоглинання у бік низьких частот.

4.7.8 Резонансні звукопоглинальні конструкції (резонаторні і мембранні) застосовують для зниження шуму з низькочастотним спектром або шуму, в спектрі якого є явно виражені тональні складові, а також для корекції частотної характеристики часу реверберації звуку у приміщеннях із спеціальними вимогами до їх акустичних характеристик.

4.7.9 Резонансні звукопоглинальні конструкції характеризуються стабільністю акустичних параметрів в процесі експлуатації, достатньою механічною міцністю, довговічністю.

4.7.10 Акустичною характеристикою резонансних конструкцій (резонаторних і мембранних), яку використовують в акустичних розрахунках, є реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах частот нормованого діапазону $\alpha_{обл}$.

5 РОЗРАХУНОК ЗНИЖЕННЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ

5.1 Загальні положення

5.1.1 Ефективність зниження шуму в приміщенні при застосуванні облицювання його поверхонь звукопоглинальними конструкціями залежить від багатьох факторів, головними з яких є акустичні характеристики звукопоглинальних конструкцій і способи їх розміщення на огороджувальних конструкціях, акустичні характеристики приміщення до облицювання, взаємне розташування розрахункових точок і джерел шуму, тип приміщення.

5.1.2 В залежності від співвідношення геометричних розмірів (висоти H, ширини G і довжини D) всі приміщення з джерелами шуму поділяють за акустичними властивостями на три типи: пропорційні, у яких відношення найбільшого розміру до найменшого становить не більше ніж 5; непропорційні плоскі, у яких відношення $D/H > 5$, $G/H \geq 4$; непропорційні видовжені, у яких $D/H > 5$, $G/H < 4$.

У приміщеннях непрямокутної форми у розрахунках використовують усереднені розміри H, G і D, визначені за правилом рівних площ у розрізі.

5.1.3 Необхідність і доцільність застосування акустичного облицювання приміщень для зниження шуму визначають на основі попереднього акустичного розрахунку, в результаті якого визначають величини необхідного зниження рівнів звукового тиску в октавних смугах частот $\Delta L^{нх}$ і

акустичні характеристики приміщення до його облицювання, зокрема середній коефіцієнт звукопоглинання $\bar{\alpha}_0$ в приміщенні.

Застосування звукопоглинального облицювання є ефективним, коли середній коефіцієнт звукопоглинання у приміщенні після облицювання $\bar{\alpha}_1$ збільшується у порівнянні з коефіцієнтом $\bar{\alpha}_0$ не менше ніж у 2 рази.

5.1.4 Теоретично максимально можливе зниження рівнів звукового тиску в даному приміщенні $\Delta L_{макс}$, дБ, при облицюванні всіх його поверхонь конструкцією з коефіцієнтом звукопоглинання, що дорівнює одиниці (тобто, за відсутності в облицьованому приміщенні поля відбитого звуку), визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L_{макс} = 10\lg(1+Q), \qquad (11)$$

де Q – величина акустичного відношення в розрахунковій точці приміщення, безрозмірна; визначається згідно з 5.3.2, 5.4.2.

5.1.5 У зоні відбитого звуку ($Q > 1$) зниження рівнів звукового тиску може досягати досить великих значень, а в точках, які знаходяться поблизу джерела шуму в зоні прямого звуку ($Q < 1$), зниження рівня звукового тиску є обмеженим.

5.1.6 Величина акустичного відношення залежить від акустичних характеристик приміщення, до яких в першу чергу відноситься середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні. Чим меншим буде початковий середній коефіцієнт звукопоглинання (до улаштування в приміщенні звукопоглинального облицювання) і чим більшим буде кінцевий (після улаштування акустичного облицювання), тим більшим буде зниження шуму.

5.1.7 Розрахунок за формулою (11) дозволяє надати попередню оцінку самої можливості зниження шуму на величину $\Delta L^{нх}$ за рахунок застосування лише засобів звукопоглинання і позбавляє при проектуванні від спроб, перебираючи всі відомі звукопоглинальні конструкції, досягти неможливого зниження.

5.1.8 Величину фактичного (реально досяжного) зниження рівнів звукового тиску ΔL, дБ, в розрахункових точках при застосуванні даного варіанта звукопоглинальних конструкцій і їх конкретної кількості слід визначати у пропорційних приміщеннях згідно з 5.3, у непропорційних – згідно з 5.4.

Розрахунок зниження рівнів звукового тиску ΔL в розрахункових точках приміщень потрібно виконувати в октавних смугах з середньогеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Остаточний результат обчислень заокруглюють до десятих часток децибела.

5.1.9 За відсутності необхідних вихідних даних для виконання розрахунку в октавній смузі із середньогеометричною частотою 31,5 Гц (наприклад, за відсутності акустичної характеристики застосовуваних звукопоглинальних конструкцій в даній октавній смузі) допускається на період створення необхідної бази даних для цієї октавної смуги розрахунок виконувати в октавних смугах з середньогеометричними частотами від 63 Гц до 8000 Гц.

5.2 Акустичні характеристики приміщень і їх визначення

5.2.1 Акустичними характеристиками приміщень є: середній реверберацийний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення α; середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні, що враховує затухання звукової енергії у повітрі $\bar{\alpha}$; середня довжина вільного пробігу звукових хвиль в приміщенні $\bar{l}$; тип приміщення відповідно до класифікації 5.1.2; акустична постійна приміщення, що характеризує його повне звукопоглинання B; еквівалентна площа звукопоглинання приміщення A; показник звукопоглинання в приміщенні a.

Примітка. Акустична постійна B є акустичною характеристикою тільки пропорційних приміщень.

5.2.2 Акустичну постійну пропорційних приміщень без звукопоглинального облицювання B_0, м^2, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$B_0 = \frac{\bar{\alpha}_0 S_{огор}}{1-\bar{\alpha}_0} = \frac{A_0}{1-\bar{\alpha}_0}, \qquad (12)$$

де $S_{огор}$ – сумарна площа огороджувальних поверхонь приміщення (підлоги, стелі, стін), м^2;
A_0 – еквівалентна площа звукопоглинання приміщення в октавних смугах частот, м^2;
$\bar{\alpha}_0$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні, безрозмірний, який визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\bar{\alpha}_0 = 1-(1-\alpha_0)\cdot e^{-\bar{m}\cdot\bar{l}}, \qquad (13)$$

де α_0 – середній реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення в октавних смугах частот, безрозмірний;
$\bar{m}$ – стала затухання звукової енергії у повітрі в октавних смугах частот, м$^{-1}$;
$\bar{l}$ – середня довжина вільного пробігу звукових хвиль у приміщенні, м, яку визначають за формулою:

$$\bar{l} = \frac{4V}{S_{огор}}, \qquad (14)$$

де V – об'єм приміщення, м^3;
$S_{огор}$ – те саме, що у формулі (12).

Величини коефіцієнта α_0 у формулі (13) слід приймати відповідно до таблиці 1 в залежності від призначення приміщення і октавної смуги частот; величини сталої затухання $\bar{m}$ – відповідно до таблиці 2.

Примітка. При визначенні коефіцієнта $\bar{\alpha}_0$ за формулою (13) допускається приймати його величину, що дорівнює величині коефіцієнта α_0 ($\bar{\alpha}_0 = \alpha_0$) від початку розрахункового частотного діапазону до октавної смуги з середньогеометричною частотою 1000 Гц включно.

5.2.3 У загальному випадку середній реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення визначають за формулою:

$$\alpha = \frac{\sum_i^n \alpha_i S_i}{S_{огор}} = \frac{\sum_i^n A_i}{S_{огор}}, \qquad (15)$$

де α_i – реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання даного елемента огороджувальної поверхні приміщення з площею S_i;
n – кількість елементів огороджувальних поверхонь з різними значеннями α;
A_i – еквівалентна площа звукопоглинання i-го елемента поверхні з коефіцієнтом α_i;
$S_{огор}$ – те саме, що у формулі (12).

Таблиця 1 – Величини середнього реверберацийного коефіцієнта звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщень різного призначення (без звукопоглинального облицювання)

Призначення приміщення	Середній реверберацийний коефіцієнт звукопоглинання α_0 поверхонь огороджувальних конструкцій в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1 Машинні зали, генераторні, випробувальні стенди, вентиляційні камери, цехи виробництва залізобетонних конструкцій і їм подібні приміщення	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
2 Механічні і металообробні цехи	0,06	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13
3 Цехи агрегатного складання в авіаційній і суднобудівній промисловості, локомотивні і вагоноремонтні депо, цехи чорної і кольорової металургії	0,07	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14
4 Цехи підприємств харчової промисловості з огорожами, облицьованими плиткою, що миється	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
5 Цехи підприємств деревообробної, текстильної, швейної промисловості	0,08	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
6 Пости управління, конструкторські бюро, лабораторії, робочі приміщення управлінь на промислових підприємствах	0,10	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,25
7 Аудиторії шкіл і інших навчальних закладів, навчальні кабінети	0,10	0,12	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,20	0,23
8 Читальні зали бібліотек, виставкові зали, зали музеїв	0,10	0,14	0,15	0,17	0,20	0,20	0,24	0,26	0,26
9 Зали засідань, конференц-зали	0,10	0,15	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,28	0,28
10 Торговельні зали магазинів, приміщення підприємств побутового обслуговування	0,11	0,18	0,20	0,20	0,25	0,25	0,28	0,30	0,30
11 Зали очікування залізничних, аеро- і автовокзалів	0,10	0,15	0,16	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,29
12 Зали кафе, ресторанів, їдалень	0,10	0,18	0,20	0,20	0,25	0,25	0,28	0,30	0,30
13 Офісні приміщення, робочі приміщення і кабінети в адмінбудинках, банках, робочі приміщення науково-дослідних і проектних організацій тощо	0,11	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,22
14 Житлові приміщення квартир, гуртожитків, будинків відпочинку, санаторіїв, спальні приміщення дитячих дошкільних закладів тощо	0,10	0,14	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,24
15 Номери готелів	0,10	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,21	0,23	0,26

Кінець таблиці 1

Призначення приміщення	Середній реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання α_0 поверхонь огороджувальних конструкцій в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Примітка 1. Для виробничих приміщень з джерелами шуму (поз.1–5) величини α_0 наведені для пропорційних приміщень з урахуванням звукопоглинання, яке вноситься наявним у приміщенні обладнанням і предметами. Для непропорційних виробничих приміщень такого самого призначення величини α_0 треба приймати збільшеними у 1,2 раза для видовжених і у 1,3 раза – для плоских приміщень.

Примітка 2. Для приміщень, наведених у поз. 6–15, величини α_0 наведені з урахуванням звукопоглинання, яке вноситься відповідним устаткуванням, меблюванням і облаштуванням, а також з урахуванням розрахункової (характерної) кількості людей у тому чи іншому приміщенні в залежності від його функціонального призначення.

Примітка 3. Для приміщень, що не увійшли до переліку даної таблиці, їх величини α_0 слід приймати згідно з даною таблицею для приміщень подібного призначення і облаштування.

Таблиця 2 – Величини сталої затухання звукової енергії у повітрі за нормального атмосферного тиску

Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Стала затухання звукової енергії у повітрі, $\left(\overline{m}\cdot 10^3\right)$ м$^{-1}$, в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
–10	40	0,04	0,12	0,36	1,22	3,36	6,18	8,16	10,32
	60	0,04	0,08	0,22	0,74	2,51	6,82	12,33	16,75
	80	0,03	0,07	0,17	0,52	1,80	5,85	13,99	22,63
0	40	0,05	0,10	0,21	0,61	2,07	6,87	17,33	29,26
	60	0,04	0,09	0,18	0,41	1,27	4,45	14,59	35,48
	80	0,03	0,09	0,17	0,35	0,94	3,18	11,24	33,87
+10	40	0,04	0,12	0,24	0,46	1,17	3,87	13,59	40,78
	60	0,03	0,10	0,24	0,44	0,89	2,53	8,85	30,88
	80	0,02	0,09	0,24	0,45	0,82	2,02	6,61	23,73
+20	40	0,03	0,12	0,32	0,61	1,07	2,58	8,32	29,49
	60	0,02	0,09	0,28	0,64	1,11	2,13	5,85	20,23
	80	0,02	0,07	0,24	0,64	1,19	2,07	4,91	15,81

Примітка 1. Величини сталої затухання $\overline{m}$ за іншої температури і відносної вологості повітря слід визначати згідно з ДСТУ ГОСТ 31295.1 (ИСО 9613-1).

Примітка 2. Для октавної смуги з середньогеометричною частотою 31,5 Гц допускається приймати $\overline{m} = 0$.

5.2.4 Акустичну постійну пропорційних приміщень із облицюванням поверхонь звукопоглинальними конструкціями B_1, м^2, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$B_1 = \frac{\overline{\alpha}_1 S_{огор}}{1-\overline{\alpha}_1} = \frac{A_1}{1-\overline{\alpha}_1}, \qquad (16)$$

де $S_{огор}$ – те саме, що у формулі (12);

A_1 – еквівалентна площа звукопоглинання приміщення із звукопоглинальним облицюванням в октавних смугах частот, м^2;

$\overline{\alpha}_1$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні із звукопоглинальним облицюванням, безрозмірний, який визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\overline{\alpha}_1 = 1 - (1 - \alpha_1) \cdot e^{-\overline{m} \cdot \overline{l}}, \quad (17)$$

де $\overline{m}$ і $\overline{l}$ – те саме, що у формулі (13);

α_1 – середній реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення із звукопоглинальним облицюванням, безрозмірний, який визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0 (S_{огор} - S_{обл}) + \Delta A}{S_{огор}}, \quad (18)$$

де $S_{огор}$ і α_0 – те саме, що у формулах (12) та (13) відповідно;

$S_{обл}$ – площа огороджувальних поверхонь приміщення, зайнята звукопоглинальними конструкціями, м^2;

ΔA – величина еквівалентної площі звукопоглинання в октавних смугах частот, внесена в приміщення звукопоглинальними конструкціями, м^2; визначається згідно з 5.2.5–5.2.7.

5.2.5 Якщо в приміщенні застосовані звукопоглинальні конструкції тільки із плоских елементів, то величину ΔA визначають за формулою:

$$\Delta A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{обл\,i} S_{обл\,i}, \quad (19)$$

де $S_{обл\,i}$ – площа i-ої плоскої звукопоглинальної конструкції, м^2, з реверберацiйним коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_{обл\,i}$;

n – кількість типів застосованих плоских звукопоглинальних конструкцій з різними величинами реверберацiйного коефіцієнта звукопоглинання $\alpha_{обл\,i}$.

Якщо облицювання виконане із однотипних плоских звукопоглинальних конструкцій з коефіцієнтом $\alpha_{обл}$, то величину ΔA визначають за формулою:

$$\Delta A = \alpha_{обл} S_{обл}, \quad (20)$$

де $S_{обл}$ – те саме, що у формулі (18).

5.2.6 Якщо в приміщенні застосовані конструкції із плоских і об'ємних звукопоглинальних елементів, причому акустична характеристика об'ємних звукопоглиначів надана у вигляді еквівалентної площі звукопоглинання окремого звукопоглинача, то величину ΔA визначають за формулою:

$$\Delta A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{обл\,i} S_{обл\,i} + A_{шт} n_{шт}, \quad (21)$$

де $\alpha_{обл\,i}$ і $S_{обл\,i}$ – те саме, що у формулі (19);

$A_{шт}$ – еквівалентна площа звукопоглинання окремого об'ємного звукопоглинача, м^2;

$n_{шт}$ – кількість об'ємних звукопоглиначів.

5.2.7 Якщо в приміщенні застосовані конструкції із плоских і об'ємних звукопоглинальних елементів, а акустична характеристика даної системи об'ємних звукопоглиначів надана у вигляді умовного реверберацiйного коефіцієнта звукопоглинання системи $\alpha_{шт,\,с}$, то величину ΔA визначають за формулою:

$$\Delta A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{обл\,i} S_{обл\,i} + \alpha_{шт,с} S_с, \quad (22)$$

де $\alpha_{обл\,i}$ і $S_{обл\,i}$ – те саме, що у формулі (19);

$S_с$ – площа стелі, на якій розміщена дана система об'ємних звукопоглиначів, м^2.

5.2.8 За необхідності, акустична постійна B існуючого приміщення може бути визначена експериментально за результатами вимірювань в ньому часу реверберації звуку. При цьому величину B визначають за формулою:

$$B = \frac{A \cdot S_{огор}}{S_{огор} - A}, \tag{23}$$

де $S_{огор}$ – те саме, що у формулі (12);

A – еквівалентна площа звукопоглинання приміщення, м^2, яку визначають за формулою:

$$A = \frac{0{,}163 \cdot V}{T}, \tag{24}$$

де V – об'єм приміщення, м^3;

T – виміряні значення часу реверберації звуку в приміщенні в октавних смугах частот, с.

5.3 Розрахунок зниження рівнів звукового тиску звукопоглинальним облицюванням у пропорційних приміщеннях з джерелами шуму

5.3.1 Зниження рівнів звукового тиску ΔL, дБ, в розрахункових точках пропорційних приміщень при застосуванні звукопоглинального облицювання визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{B_1 \left(1 + Q_{пр}\right)}{B_1 + B_0 Q_{пр}} \right), \tag{25}$$

де B_0 – акустична постійна приміщення в октавних смугах частот до улаштування в ньому звукопоглинального облицювання, м^2; визначається згідно з 5.2.2;

B_1 – акустична постійна приміщення в октавних смугах частот після улаштування в ньому звукопоглинального облицювання, м^2; визначається згідно з 5.2.4;

$Q_{пр}$ – величина акустичного відношення в розрахунковій точці пропорційного приміщення, безрозмірна; визначається згідно з 5.3.2.

5.3.2 Величину акустичного відношення $Q_{пр}$ в розрахункових точках пропорційного приміщення з кількома n джерелами шуму визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$Q_{пр} = \frac{4 \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_{W i}}}{B_0 \sum_{i=1}^{m} \left(10^{0,1 L_{Wi}} \frac{\Phi_i}{S_i} \right)}. \tag{26}$$

Якщо в приміщенні знаходиться одне джерело шуму, то формула (26) набуває такого вигляду:

$$Q_{пр} = \frac{4S}{B_0 \Phi}. \tag{27}$$

Якщо в приміщенні усі n джерел характеризуються приблизно однаковими шумовими характеристиками (з різницею рівнів звукової потужності не більше ніж 5 дБ в кожній октавній смузі), то величину $Q_{пр}$ допускається визначати за формулою:

$$Q_{пр} = \frac{4n}{B_0 \sum_{i=1}^{m} \frac{\Phi_i}{S_i}}, \tag{28}$$

де B_0 – те саме, що у формулі (25);

$L_{W i}$ – рівні звукової потужності в октавних смугах частот i-го джерела шуму, дБ;

$S(S_i)$ – площа уявної поверхні правильної геометричної форми, яка оточує дане джерело шуму і проходить через розрахункову точку, м^2;

$\Phi(\Phi_i)$ – коефіцієнт спрямованості випромінювання шуму даним джерелом в напрямку розрахункової точки в октавних смугах частот, безрозмірний; визначається за експериментальними даними (для джерел з рівномірним в усіх напрямках випромінюванням або за відсутності даних приймають $\Phi = 1$);

m – кількість джерел шуму, ближніх до розрахункової точки (кількість джерел, які знаходяться на відстані $r_i \le 5r_{min}$, де r_{min} – відстань від розрахункової точки до акустичного центра найближчого джерела шуму, м);

n – загальна кількість джерел шуму в приміщенні з урахуванням середнього коефіцієнта одночасно працюючого устаткування.

Примітка 1. Величину $S(S_i)$ слід визначати згідно з 5.1.3 ДСТУ-Н Б В.1.1-35.

Примітка 2. За акустичний центр джерела шуму, розташованого на поверхні (підлозі, стелі або стіні), приймають проекцію геометричного центра джерела шуму відповідно на горизонтальну чи вертикальну площину. Для джерела, розташованого у просторі приміщення (віддаленого від огороджувальних конструкцій), акустичний і геометричний центри збігаються.

5.4 Розрахунок зниження рівнів звукового тиску звукопоглинальним облицюванням у непропорційних приміщеннях з джерелами шуму

5.4.1 Зниження рівнів звукового тиску ΔL, дБ, в розрахункових точках непропорційних (плоских і видовжених) приміщень при застосуванні звукопоглинального облицювання визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{1 + Q_{\text{нпр}0}}{1 + Q_{\text{нпр}1}}, \tag{29}$$

де $Q_{\text{нпр}0}$ і $Q_{\text{нпр}1}$ – величини акустичного відношення в розрахунковій точці непропорційного приміщення відповідно до і після улаштування в ньому звукопоглинальних конструкцій, безрозмірні.

5.4.2 Величину акустичного відношення $Q_{\text{нпр}0}$ в розрахунковій точці непропорційного приміщення з кількома джерелами шуму визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$Q_{\text{нпр}0} = \frac{\dfrac{1-\bar{\alpha}_0}{HG}\displaystyle\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{r_i + G}{r_i + H}\cdot J_{0i}\cdot 10^{0,1L_{Wi}}\right)}{\displaystyle\sum_{i=1}^{m}\left(10^{0,1L_{Wi}}\frac{\Phi_i}{S_i}\right)}, \tag{30}$$

де L_{Wi}, Φ_i, S_i, m, n – те саме, що у формулі (26);

$\bar{\alpha}_0$ – те саме, що у формулі (13);

r_i – відстань розрахункової точки від акустичного центра i-го джерела шуму, м;

G, H – відповідно ширина і висота приміщення, м;

J_{0i} – функція в октавних смугах частот для i-го джерела шуму, яка характеризує поле відбитого звуку в непропорційному приміщенні, безрозмірна; визначається згідно з 5.4.3.

Якщо в приміщенні знаходиться одне джерело шуму, то формула (30) набуває такого вигляду:

$$Q_{\text{нпр}0} = \frac{S(1-\bar{\alpha}_0)(r+G)\cdot J_0}{\Phi(HG)(r+H)}. \tag{31}$$

5.4.3 Функцію J_{0i} в приміщенні без звукопоглинального облицювання визначають для i-го джерела шуму за формулою:

$$J_{0i} = \frac{0,1}{\bar{\alpha}_0 + q_{0i}^2 \cdot e^{0,65q_{0i}}}, \tag{32}$$

де $\bar{\alpha}_0$ – те саме, що у формулі (13);

$q_{0\,i}$ – приведена відстань, безрозмірна; визначається для *i*-го джерела шуму за формулою:

$$q_{0i} = \frac{a_0 r_i}{\bar{l}} \tag{33}$$

де $\bar{l}$ – те саме, що у формулі (14);

r_i – відстань розрахункової точки від акустичного центра *i*-го джерела шуму, м;

a_0 – показник звукопоглинання в приміщенні, безрозмірний, який визначають за формулою:

$$a_0 = -\ln\left(1-\bar{\alpha}_0\right). \tag{34}$$

5.4.4 Величину акустичного відношення в тій самій розрахунковій точці після влаштування звукопоглинального облицювання $Q_{\text{нпр1}}$ визначають також згідно з формулою (30) при заміні в ній середнього коефіцієнта звукопоглинання $\bar{\alpha}_0$ на коефіцієнт $\bar{\alpha}_1$ і функції J_{0i} на функцію J_{1i}.

Середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні $\bar{\alpha}_1$ визначають згідно з формулою (17). Функцію J_{1i} визначають згідно з 5.4.3 при заміні у відповідних формулах функції J_{0i} на J_{1i}, коефіцієнта $\bar{\alpha}_0$ на коефіцієнт $\bar{\alpha}_1$, q_{0i} на q_{1i} і a_0 на a_1.

5.4.5 Якщо в приміщенні усі *n* джерел характеризуються приблизно однаковими шумовими характеристиками (з різницею рівнів звукової потужності не більше ніж 5 дБ в кожній октавній смузі), то величини $Q_{\text{нпр 0}}$ і $Q_{\text{нпр 1}}$ допускається визначати за формулою:

$$Q_{\text{нпр}(0,1)} = \frac{\left(1-\bar{\alpha}\right)\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{r_i + G}{r_i + H}\cdot J_i\right)}{HG\sum_{i=1}^{m}\frac{\Phi_i}{S_i}}, \tag{35}$$

де всі позначки ті самі, що у формулі (30).

У формулі (35) коефіцієнт $\bar{\alpha}$ і функція J_i приймають відповідно значення $\bar{\alpha}_0$ і J_{0i} при визначенні $Q_{\text{нпр 0}}$ і значення $\bar{\alpha}_1$ і J_{1i} при визначенні $Q_{\text{нпр 1}}$.

5.5 Розрахунок необхідної площі звукопоглинального облицювання в приміщеннях

5.5.1 Для розрахункових точок у пропорційних приміщеннях, в яких необхідне зниження рівнів звукового тиску $\Delta L^{\text{нх}}$ не перевищує у відповідних смугах частот величин $\Delta L_{\max}$, визначених згідно з формулою (11), то необхідну величину акустичної постійної $B_1^{\text{нх}}$, що забезпечує зниження рівнів звукового тиску на величину $\Delta L^{\text{нх}}$, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$B_1^{\text{нх}} = \frac{B_0 Q_{\text{пр}}}{\left(1+Q_{\text{пр}}\right)\cdot 10^{-0,1\Delta L^{\text{нх}}} - 1}, \tag{36}$$

де B_0 і $Q_{\text{пр}}$ – те саме, що у формулі (25).

5.5.2 Величину необхідної еквівалентної площі звукопоглинання $\Delta A^{\text{нх}}$, м^2, яка забезпечує величину $B_1^{\text{нх}}$, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta A^{\text{нх}} = \frac{B_1^{\text{нх}} S_{\text{огор}}}{\left(B_1^{\text{нх}} + S_{\text{огор}}\right)\left(1-\alpha_0\right)} - B_0, \tag{37}$$

де $S_{\text{огор}}$ і B_0 – те саме, що у формулі (12);

α_0 – середній реверберацій ний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення до його облицювання, безрозмірний; приймають відповідно до таблиці 1 або визначають згідно з 5.2.3.

5.5.3 Якщо для зниження шуму застосовують звукопоглинальні конструкції із плоских елементів, то необхідну площу облицювання $S_{обл}^{нх}$, м^2, яка забезпечує величину $\Delta A^{нх}$, визначають за формулою:

$$S_{обл}^{нх} = \frac{\Delta A^{нх}}{\alpha_{обл}}, \quad (38)$$

де $\alpha_{обл}$ – реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання застосованої плоскої конструкції облицювання, безрозмірний.

5.5.4 Якщо для зниження шуму застосовують лише об'ємні звукопоглиначі, причому їх акустична характеристика надана у вигляді еквівалентної площі звукопоглинання окремого звукопоглинача $A_{шт}$, м^2, то необхідну їх кількість $n_{шт}^{нх}$ визначають за формулою:

$$n_{шт}^{нх} = \frac{\Delta A^{нх}}{A_{шт}}. \quad (39)$$

5.5.5 Якщо для зниження шуму застосовують конкретну систему об'ємних звукопоглиначів з умовним реверберaційним коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_{шт,с}$, то її необхідну площу $S_с^{нх}$, м^2, визначають за формулою:

$$S_с^{нх} = \frac{\Delta A^{нх}}{\alpha_{шт,с}}. \quad (40)$$

5.5.6 Якщо в результаті розрахунку необхідна площа облицювання плоскими звукопоглинальними конструкціями виявиться більшою ніж та, на якій їх можна розмістити в даному приміщенні, то її приймають наявною $S_{обл}$ і додатково застосовують об'ємні звукопоглиначі.

Необхідну додаткову кількість об'ємних звукопоглиначів визначають за формулою:

$$n_{шт}^{нх} = \frac{\Delta A^{нх} - \alpha_{обл} S_{обл}}{A_{шт}}, \quad (41)$$

де $\alpha_{обл}$ – те саме, що у формулі (38);
$A_{шт}$ – те саме, що у формулі (39).

5.5.7 Визначені в результаті розрахунку величини $S_{обл}^{нх}$, $S_с^{нх}$, $n_{шт}^{нх}$ вибираються при проектуванні найбільшими із отриманих серед усіх октавних смуг.

6 ВИБІР І РОЗМІЩЕННЯ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

6.1 Звукопоглинальне облицювання огороджувальних поверхонь приміщень може бути виконане із плоских, об'ємних або кулісних звукопоглинальних елементів (або їх комбінації) незалежно від типу приміщення.

Звукопоглинальні конструкції розміщують, як правило, на стелі і на верхніх ділянках стін, оскільки інші поверхні приміщень (зокрема у виробничих приміщеннях) виконують прямі технологічні функції.

6.2 У більшості випадків площа огороджувальних поверхонь у виробничих приміщеннях, не зайнята технологічним устаткуванням, світлотехнічним, вентиляційним та іншим обладнанням, на якій можна розмістити звукопоглинальні конструкції, становить від 30 % до 50 % від загальної площі огорож. В зв'язку з цим при проектуванні шумозахисту необхідно найбільш раціонально використовувати цю долю площі огороджувальних конструкцій приміщення.

6.3 У пропорційних приміщеннях для досягнення максимального зниження шуму необхідну кількість звукопоглинальних конструкцій слід розташовувати на стелі і на стінах. При облицюванні стін звукопоглинальні конструкції необхідно розташовувати в першу чергу на двох суміжних (непаралельних) стінах. Наприклад, якщо в одному приміщенні облицювання розмістити тільки на стелі, а в другому такому самому пропорційному приміщенні ту саму кількість звукопоглинальних конструкцій розподілити на стелі і на двох суміжних (непаралельних) стінах (при зменшенні площі облицювання стелі на 20 % – 30 %), то рівень шуму в зоні відбитого звуку в другому приміщенні буде додатково зниженим на величину від 2 дБА до 4 дБА.

6.4 У непропорційних приміщеннях розміщення звукопоглинальних конструкцій треба визначати на підставі попереднього розрахунку в залежності від ступеня непропорційності, який визначається граничною частотою $f_{гр}$. Частоту $f_{гр}$ визначають за формулою:

$$f_{гр} = 10^3 \frac{0{,}8DG}{H^2(D+G)}, \qquad (42)$$

де D, G, H – відповідно довжина, ширина і висота приміщення, м.

За необхідності зниження рівнів шуму в діапазоні частот, менших ніж $f_{гр}$ ($f \le f_{гр}$), звукопоглинальні конструкції треба розташовувати тільки на стелі. За необхідності зниження шуму в діапазоні частот, більших від $f_{гр}$ ($f > f_{гр}$), звукопоглинальні конструкції треба розташовувати на стелі і на двох або трьох суміжних стінах.

6.5 У плоских великих за площею приміщеннях (понад 500 м^2) і висотою не більше ніж 5 м внесок у звукове поле енергії відбитих звукових хвиль від стін є незначним і тому в таких приміщеннях облицювання стін є малоефективним. Ефективним є облицювання стелі. Аналогічно малоефективним є облицювання торцевих стін у непропорційних видовжених приміщеннях.

6.6 У всіх випадках ефективність зниження шуму зростає при максимальному наближенні звукопоглинальних конструкцій до встановленого в приміщенні шумного устаткування.

6.7 Якщо для облицювання стелі приміщення застосовують плоскі звукопоглинальні конструкції, то це облицювання потрібно виконувати у вигляді підвісної акустичної стелі і розташовувати її слід на мінімально можливій висоті від підлоги, яка допускається умовами виробництва, освітлення тощо. При цьому відпадає необхідність в облицюванні верхньої частини стін.

6.8 У високих приміщеннях доцільно застосовувати системи із об'ємних звукопоглиначів (наприклад, кулісного типу), які мають більш широкі можливості здійснення підвішування елементів на необхідній висоті.

6.9 Підвісні системи із об'ємних звукопоглинальних елементів потрібно застосовувати завжди у випадках, коли улаштування звукопоглинальної конструкції із плоских елементів неможливе (наприклад, через наявність в приміщенні аераційних ліхтарів, мостових кранів тощо) або коли покриття приміщення виконане світлопрозорим.

6.10 Застосування об'ємних елементів дозволяє зосереджувати, за необхідності, більшу кількість звукопоглиначів на окремих ділянках стелі, наприклад, над особливо шумним устаткуванням, забезпечуючи таким чином більш високе звукопоглинання на даній ділянці. Крім того, розташування об'ємних звукопоглиначів поблизу джерела шуму сприяє також зниженню інтенсивності прямого звуку даного джерела.

6.11 Для підвищення ефективності звукопоглинання плоских конструкцій в діапазоні низьких частот при їх розміщенні на стінах їх слід розташовувати на деякій відстані від огорожі – з повітряним проміжком шириною не менше ніж 100 мм (із збільшенням ширини повітряного проміжку ефективність звукопоглинання зростає). При облицюванні стелі ця умова виконується улаштуванням підвісної акустичної стелі.

6.12 При застосуванні плоских звукопоглинальних конструкцій їх розрахункову кількість доцільно розташовувати на огорожах (зокрема на стінах) не суцільним масивом, а рівномірно розподіленими невеликими за розмірами окремими фрагментами (ділянками) у вигляді смуг, квадратів або прямокутників, які чергуються з необлицьованими ділянками таких самих розмірів. Ефективність облицювання при такому розташуванні плоских елементів зростає в результаті дифракційних ефектів на краях кожного із елементів облицювання.

Подальше підвищення ефективності облицювання досягається при розташуванні вказаних фрагментів плоских конструкцій з повітряним проміжком між ними і огорожею. Ефективність при цьому додатково зростає внаслідок того, що у процесі звукопоглинання беруть участь обидві поверхні конструкції.

6.13 В низькочастотному діапазоні ефективність облицювання суттєво зростає при розташуванні звукопоглинальних конструкцій у кутах приміщення.

6.14 Для забезпечення найбільш ефективного застосування звукопоглинального облицювання для зниження шуму частотні характеристики застосовуваних звукопоглинальних конструкцій ($\alpha_{обл}$, $A_{шт}$, $\alpha_{шт,\,с}$) повинні відповідати частотній характеристиці необхідного зниження рівнів звукового тиску $\Delta L^{нх}$ і не мати завалу в області високих частот. Найбільшим значеннями $\Delta L^{нх}$ повинні відповідати найбільші значення $\alpha_{обл}$, $A_{шт}$ або $\alpha_{шт,\,с}$.

Примітка. Необхідне зниження рівнів звукового тиску $\Delta L^{нх}$ треба визначати згідно з розділом 8 ДСТУ-Н Б В.1.1-35.

6.15 Величини реверберацийного коефіцієнта звукопоглинання плоских звукопоглинальних конструкцій $\alpha_{обл}$, еквівалентної площі звукопоглинання об'ємних звукопоглиначів $A_{шт}$, умовного реверберацийного коефіцієнта звукопоглинання системи об'ємних звукопоглиначів $\alpha_{шт,\,с}$ в октавних смугах частот приймають при розрахунках за довідковими даними або визначають експериментально в реверберацийній камері.

Акустичні характеристики найбільш вживаних звукопоглинальних конструкцій, матеріалів і виробів наведені в додатку А.

7 АКУСТИЧНІ ЕКРАНИ

7.1 Сфера застосування і основні правила проектування

7.1.1 Акустичний екран являє собою перепону скінченних розмірів, яку встановлюють в приміщенні між джерелом (джерелами) шуму і робочим місцем (місцями) або частиною приміщення, що потребують захисту від шуму даного джерела або групи джерел.

7.1.2 Акустичні екрани застосовують для зниження рівнів звукового тиску на робочих місцях і зонах постійного перебування персоналу, розташованих в зоні дії прямого звуку джерела (джерел) і в проміжній зоні, де звукове поле визначається переважно енергією прямого звуку.

7.1.3 Ефективність екрана, встановленого у приміщенні, знижується у порівнянні з його ефективністю у вільному звуковому полі, що обумовлюється поширенням відбитих від огорож приміщення звукових хвиль в зону акустичної тіні за екраном. У зв'язку з цим екрани треба застосовувати тільки у поєднанні із облицюванням огороджувальних поверхонь приміщення звукопоглинальними конструкціями (в першу чергу стелі). У приміщеннях без звукопоглинального облицювання зниження шуму екранами незначне і зазвичай не перевищує 2 дБ – 3 дБ. У приміщеннях із звукопоглинальним облицюванням огорож ефективність застосовуваних екранів зростає і може досягати значень 8 дБ і більше.

7.1.4 Акустичні екрани потрібно застосовувати у всіх випадках, коли у приміщенні, облицьованому звукопоглинальними конструкціями, рівні звукового тиску в розрахункових точках, розташованих в зоні прямого звуку джерела, перевищують допустимі величини на 2 дБ не менше ніж у трьох октавних смугах частот або перевищують на 5 дБ хоча б у одній із октавних смуг.

7.1.5 За конструктивними ознаками акустичні екрани поділяють на переносні, стаціонарні, пересувні, секційні (збірно-розбірні), шторні (із м'яких матеріалів) тощо.

За своєю формою акустичні екрани можуть бути плоскими (лінійними в плані) або більш складної конфігурації: Г-, П- і О-подібними в плані. Г-, П- і О-подібні екрани називають вигородками.

Вигородки П- і О-подібної форми є значно більш ефективними у порівнянні з плоскими екранами, тому їх слід застосовувати для екранування потужних джерел шуму, рівні звукової потужності яких на 15 дБ і більше вищі ніж у інших джерел в даному приміщенні, а також за необхідності зниження рівня шуму на частині приміщення значної площі.

7.1.6 Екрани треба встановлювати в першу чергу біля устаткування, яке створює найбільший внесок прямого звуку в сумарний рівень звукового тиску в даній розрахунковій точці приміщення. Це устаткування повинно входити в число найближчих до даної розрахункової точки.

7.1.7 Акустичний екран при його установленні повинен бути максимально наближеним до джерела шуму або (за необхідності) до робочого місця, що захищається від шуму. Розміщення екрана в середній зоні між робочим місцем і джерелом шуму приводить до суттєвого зниження його акустичної ефективності.

7.1.8 Поверхня акустичного екрана з боку джерела шуму (або з боку робочого місця у тих випадках, коли екран встановлено біля робочого місця, що захищається від шуму) обов'язково повинна бути облицьована ефективною звукопоглинальною конструкцією з коефіцієнтом звукопоглинання не менше ніж 0,8 у середньо- і високочастотному діапазоні частот. Для підвищення ефективності установлення екрана доцільно облицьовувати його з обох боків.

7.1.9 При проектуванні акустичного екрана треба забезпечувати не тільки достатнє звукопоглинання його поверхонь, але і достатню звукоізоляцію.

Звукоізоляція конструкції екрана повинна бути такою, щоб рівень шуму, що пройшов в розрахункову точку крізь саму конструкцію екрана, був у кожній октавній смузі частот принаймі на 15 дБ меншим від рівня шуму, який надходить в дану точку, огинаючи його краї. Тобто, звукоізоляція екрана повинна бути не менше ніж на 15 дБ більшою від його необхідної акустичної ефективності.

7.1.10 Розміри і форму акустичного екрана слід визначати, виходячи із конкретних умов його встановлення і необхідної акустичної ефективності. Зниження рівнів шуму екранами слід визначати акустичним розрахунком згідно з 7.2 і 7.3.

7.1.11 Лінійні розміри плоского екрана повинні вибиратись такими, щоб межі проекції джерела шуму на екран вздовж осі, яка з'єднує геометричний центр джерела шуму з розрахунковою точкою, що захищається від шуму, були на відстані від усіх країв екрана не менше ніж на довжину звукової хвилі найнижчої частоти, на якій наявне перевищення рівнів звукового тиску над допустимими величинами в даній розрахунковій точці.

7.1.12 Для збільшення ефективності екранування шуму в приміщенні при застосуванні П- і О-подібних вигородок доцільно, окрім звукопоглинального облицювання їх поверхонь, підвішувати над обгородженим шумним джерелом (або групою шумного устаткування) об'ємні звукопоглиначі на рівні верхнього краю вигородки. Найбільш доцільним для цього є застосування звукопоглиначів кулісного типу, підвішених паралельними рядами з таким кроком, щоб висота куліс перевищувала ширину проміжків між рядами від двох до п'яти разів. Така локальна ділянка підвісної звукопоглинальної стелі діє як пластинчастий глушник шуму.

Улаштування вигородок з застосуванням локальної підвісної системи об'ємних звукопоглиначів можуть у деяких випадках забезпечити необхідне зниження шуму в приміщенні без облицювання його огороджувальних конструкцій звукопоглинальними конструкціями. Вказаний спосіб шумоглушіння сприяє значній економії матеріалів і трудовитрат у великих виробничих приміщеннях з груповим розташуванням шумного устаткування.

7.1.13 Проектування акустичного екрана повинно включати такі основні етапи:

– ідентифікацію джерел шуму, які підлягають акустичному екрануванню, та робочих місць і зон, які потребують захисту від шуму;

– визначення місцерозташування екрана, його конфігурації, розмірів і конструкції;

– розрахунок акустичної ефективності екрана;

– порівняння отриманої акустичної ефективності екрана з величинами необхідного зниження рівнів звукового тиску.

У разі недостатньої величини зниження шуму змінюють конфігурацію або розміри екрана, його місцерозташування або, за необхідності, варіант акустичного облицювання приміщення.

7.1.14 Розрахунок акустичної ефективності екранів потрібно виконувати в октавних смугах з середньогеометричними частотами від 31,5 Гц до 8000 Гц.

За відсутності необхідних вихідних даних для розрахунку в октавній смузі з середньогеометричною частотою 31,5 Гц (наприклад, за відсутності акустичної характеристики застосованих звукопоглинальних конструкцій у цій смузі) допускається на період створення необхідної бази даних для даної октавної смуги розрахунок виконувати в октавних смугах з середньогеометричними частотами від 63 Гц до 8000 Гц.

7.2 Розрахунок ефективності акустичних екранів у пропорційних приміщеннях

7.2.1 Акустичною ефективністю екрана в приміщенні є різниця рівнів звукового тиску в даній розрахунковій точці до і після установки екрана між джерелом шуму і розрахунковою точкою (робочим місцем).

7.2.2 Ефективність акустичного екрана, встановленого у пропорційному приміщенні, $\Delta L_{\text{екр, пр}}$, дБ, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L_{\text{екр, пр}} = 10\lg\frac{B''\left(B' + 8\pi r^2\right)}{B'\left(B''\cdot 10^{-0,1\Delta L_{\text{екр}}} + 8\pi r^2\cdot U\right)}, \qquad (43)$$

де r – відстань від акустичного центра джерела шуму до розрахункової точки, між якими встановлено екран, м;

B' – акустична постійна приміщення до установки в ньому екрана, м^2 (якщо в приміщенні відсутнє звукопоглинальне облицювання його поверхонь, то в цьому випадку $B' = B_0$ і визначають її згідно з 5.2.2; якщо приміщення облицьоване звукопоглинальними конструкціями, то $B' = B_1$ і визначають її згідно з 5.2.4–5.2.7);

B'' – акустична постійна приміщення після установки в ньому екрана, м^2 (в приміщенні, облицьованому звукопоглинальними конструкціями, $B'' = B_2$ і визначають її згідно з 7.2.3);

$\Delta L_{екр}$ – акустична ефективність екрана в умовах відкритого простору, дБ; визначається в октавних смугах частот згідно з 7.2.4–7.2.9;

U – коефіцієнт, який враховує або зниження рівня звукової потужності, випромінюваної джерелом шуму в приміщення, якщо екран, облицьований звукопоглинальним матеріалом, встановлено поблизу джерела, або послаблення поля відбитого звуку в розрахунковій точці, якщо екран, облицьований звукопоглинальним матеріалом, встановлено поблизу розрахункової точки (робочого місця); визначається згідно з 7.2.10–7.2.13.

7.2.3 Акустичну постійну приміщення B_2, м^2, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$B_2 = \frac{\bar{\alpha}_2 S_{огор}}{1-\bar{\alpha}_2} = \frac{A_2}{1-\bar{\alpha}_2}, \qquad (44)$$

де $S_{огор}$ – те саме, що у формулі (12);

$\bar{\alpha}_2$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні в октавних смугах частот після установлення в ньому звукопоглинального облицювання і екрана (або кількох екранів), облицьованих звукопоглинальними конструкціями, безрозмірний;

A_2 – еквівалентна площа звукопоглинання приміщення із звукопоглинальним облицюванням його поверхонь з урахуванням облицювання екрана (або кількох екранів) в октавних смугах частот, м^2.

Коефіцієнт $\bar{\alpha}_2$ визначають за формулою:

$$\bar{\alpha}_2 = 1-(1-\alpha_2)\cdot e^{-\bar{m}\cdot\bar{l}}, \qquad (45)$$

де $\bar{m}$ і $\bar{l}$ – те саме, що у формулі (13);

α_2 – середній реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання огороджувальних поверхонь приміщення в октавних смугах частот, який враховує звукопоглинання акустичного облицювання поверхонь приміщення і звукопоглинальне облицювання поверхонь екрана (екранів), безрозмірний.

Коефіцієнт α_2 визначають за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_0\left(S_{огор} - S_{обл}\right) + \Delta A + \Delta A_{екр}}{S_{огор}}, \qquad (46)$$

де α_0, $S_{огор}$, $S_{обл}$, ΔA – те саме, що у формулі (18);

$\Delta A_{екр}$ – величина еквівалентної площі звукопоглинання, внесена в приміщення звукопоглинальним облицюванням екрана, м^2, яку визначають за формулою:

$$\Delta A_{екр} = \alpha_{обл\ екр} S_{екр}, \qquad (47)$$

де $\alpha_{обл\ екр}$ – реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання конструкції облицювання поверхонь екрана, безрозмірний;

$S_{екр}$ – площа звукопоглинальної конструкції з одного боку екрана, м^2 (при облицюванні екрана з обох боків площу $S_{екр}$ приймають більшою у 1,5 раза).

Якщо в приміщенні встановлено кілька екранів, то величину $\Delta A_{екр}$ визначають за формулою:

$$\Delta A_{\text{екр}} = \alpha_{\text{обл екр}i} \sum_{i=1}^{k_1} S_{\text{екр}\,i} \ , \qquad (48)$$

де $\alpha_{\text{обл екр}\,i}$ і $S_{\text{екр}\,i}$ – те саме, що у формулі (47), але для i-го екрана;

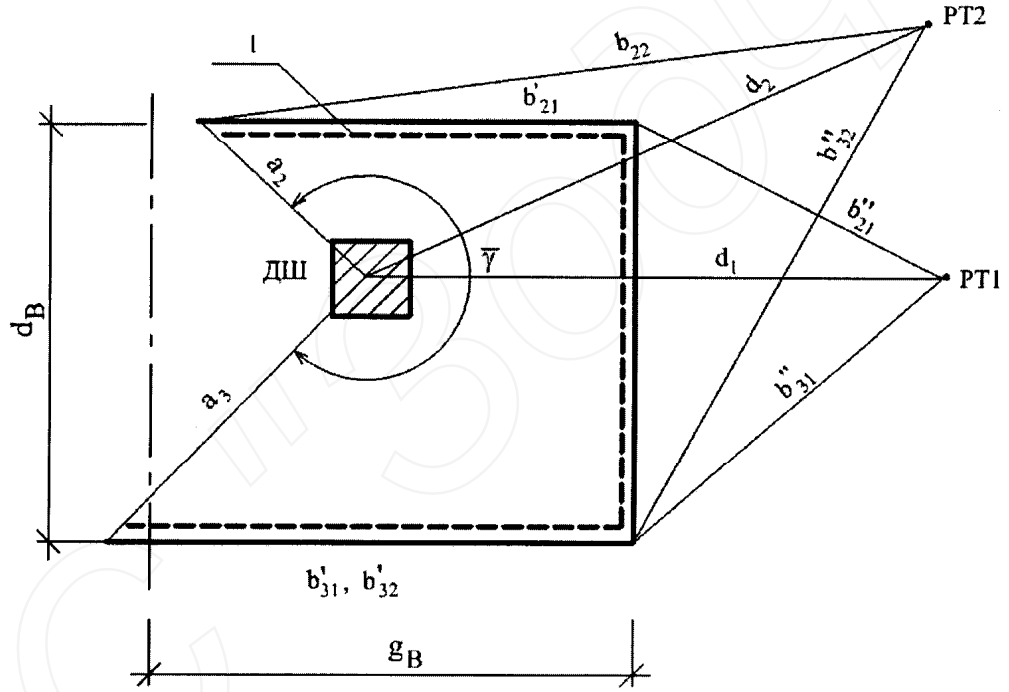
k_1 – загальна кількість екранів, встановлених у приміщенні.

7.2.4 Акустичну ефективність тонкого плоского екрана скінченних розмірів у вільному звуковому полі $\Delta L_{\text{екр}}$, дБ, в октавних смугах частот слід визначати відповідно до 6.1.8–6.1.11 ДСТУ-Н Б В.1.1-35.

При застосуванні вигородок Г- або П-подібної форми в плані їх ефективність $\Delta L_{\text{екр}}$ визначають за тією ж методикою. Відмінність полягає тільки у визначенні величин δ для бокових граней вигородки – різниці шляхів дифрагованого звуку від джерела шуму через бокові грані до розрахункової точки і прямого звуку (за відсутності екрана).

Якщо при плоскому екрані звук дифрагує тільки через одну бокову кромку, то при П-подібній вигородці – через дві (звуковий промінь двічі огинає бокову грань вигородки на шляху поширення від джерела до розрахункової точки).

Визначення величин $\delta_{2,3}$ для бокових граней П-подібної вигородки проілюстровано на рисунку 1.



РТ1, РТ2 – розрахункові точки; ДШ – джерело шуму; $\bar{\gamma}$ – кут видимості вигородки в плані із геометричного центра джерела шуму; $d_в$ і $g_в$ – розміри вигородки в плані;
1 – звукопоглинальне облицювання екрана

Рисунок 1 – Розрахункова схема екранування шуму П-подібною вигородкою

Згідно з рисунком 1 для розрахункової точки РТ1 величини $\delta_{2,3}$ визначають за формулами:

$$\delta_2 = \left(a_2 + b'_{21} + b''_{21}\right) - d_1 \ , \qquad (49)$$

$$\delta_3 = \left(a_3 + b'_{31} + b''_{31}\right) - d_1 \ , \qquad (50)$$

а для розрахункової точки РТ2 – за формулами:

$$\delta_2 = \left(a_2 + b_{22}\right) - d_2 \ , \qquad (51)$$

$$\delta_3 = \left(a_3 + b'_{32} + b''_{32}\right) - d_2 \,. \qquad (52)$$

Аналогічно визначають величини $\delta_{2,3}$ для Г-подібного екрана.

7.2.5 При розрахунках зниження рівня прямого звуку екраном $\Delta L_{\text{екр}\,i}$ відстані $(a_i + b_i)$ і d_i відраховують від геометричного центра джерела, якщо його геометричні розміри менші у порівнянні з відстанню до екрана. При розмірах джерел більших у порівнянні з відстанню до екрана вказані відстані визначають як найкоротші від розрахункової точки до поверхонь джерела шуму, найближчих до відповідних країв екрана (див. рис. 4 ДСТУ-Н Б В.1.1-35).

7.2.6 При орієнтовних розрахунках ефективність плоских екранів $\Delta L_{\text{екр}}$ допускається визначати за графіком, наведеним на рисунку 2. На графіку надана залежність величин $\Delta L_{\text{екр}\,i}$, дБ, від безрозмірного параметра $h_{\text{екр, еф}\,i}/\lambda$ (де $h_{\text{екр, еф}\,i}$ – ефективна висота екрана при поширенні звуку через i-ту кромку екрана, м; λ – довжина звукової хвилі на середньогеометричній частоті даної октавної смуги, м) і від величини відповідного кута дифракції (кута акустичної тіні) θ_i в градусах.

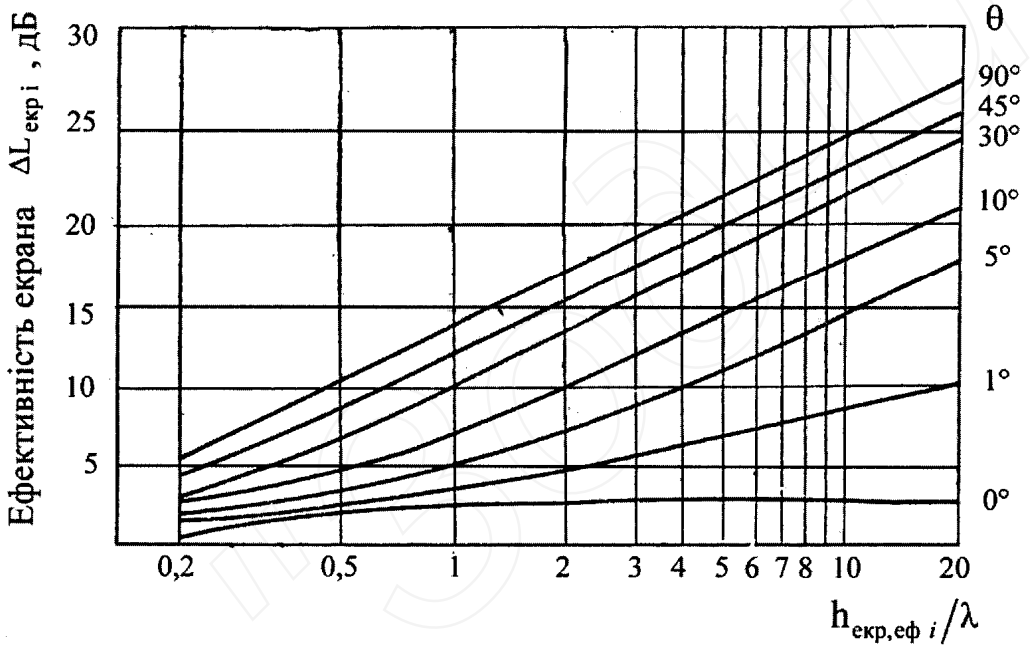


Рисунок 2 – Графік для визначення ефективності $\Delta L_{\text{екр}\,i}$ плоских акустичних екранів

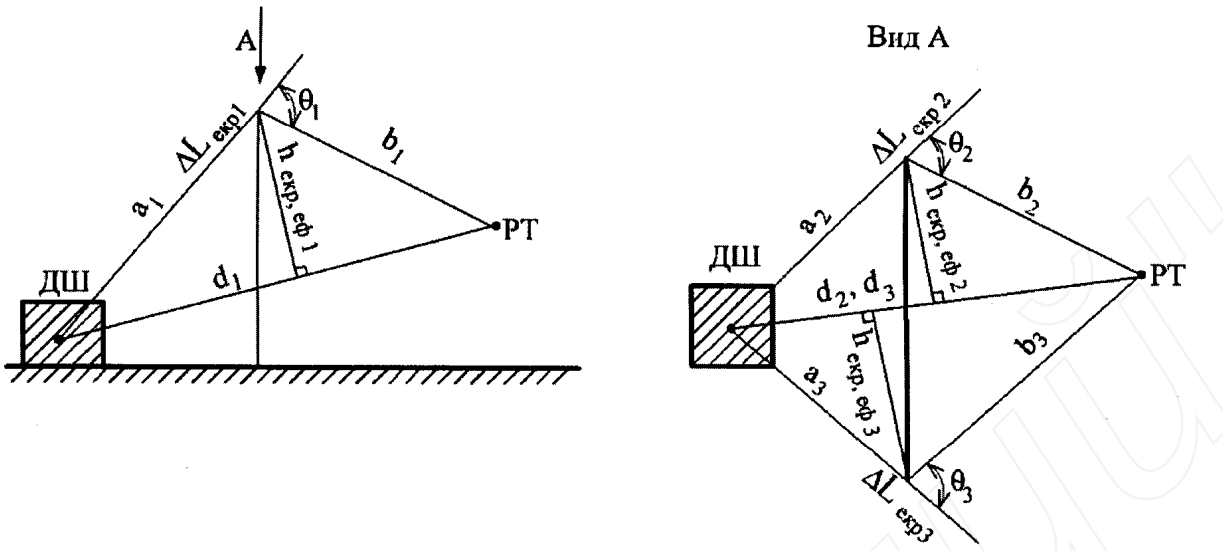
7.2.7 Розрахункова схема для визначення величин $\Delta L_{\text{екр}\,i}$ плоских екранів згідно з графіком (рисунок 2) наведена на рисунку 3. За даною схемою визначають параметри $h_{\text{екр, еф}\,i}$ і θ_i для кожного із трьох шляхів поширення звуку від джерела до розрахункової точки. Потім за графіком (рисунок 2) визначають відповідні цим параметрам величини $\Delta L_{\text{екр}\,i}$, дБ ($\Delta L_{\text{екр}1}$, $\Delta L_{\text{екр}2}$ і $\Delta L_{\text{екр}3}$).

Результуючу ефективність плоского екрана скінченних розмірів в даній розрахунковій точці $\Delta L_{\text{екр}}$, дБ, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L_{\text{екр}} = -10\lg\left(\sum_{i=1}^{3} 10^{-0,1\Delta L_{\text{екр}\,i}}\right). \qquad (53)$$

Примітка. Згідно з формулою (53) визначають також і величину $\Delta L_{\text{екр}}$ для вигородок різної форми за відповідними, визначеними для них, величинами $\Delta L_{\text{екр}\,i}$.

7.2.8 У додатку Б наведені величини $\Delta L_{\text{екр}}$, дБ, визначені експериментально для невеликих за розмірами плоских екранів типу "а" і П-подібних вигородок типу "б" (див. рис. 4), виготовлених із ста-



РТ – розрахункова точка; ДШ – джерело шуму; $\theta_{1,2,3}$ – кути дифракції; $h_{екр, еф1,2,3}$ – ефективна висота екрана для кожного із шляхів поширення звуку в розрахункову точку

Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення величин $\Delta L_{екр\ 1,2,3}$ плоского екрана скінченних розмірів згідно з графіком (рисунок 2)

левого листа товщиною 2 мм і облицьованих з боку джерела шуму шаром ефективного звукопоглинального матеріалу товщиною 50 мм, при різних співвідношеннях їх геометричних розмірів і різному розташуванні відносно розрахункової точки.

Величини $\Delta L_{екр}$, наведені в додатку Б, отримані для таких розмірів джерел шуму і відстані r_1 (рисунок 4): $a \le 0{,}5$ м, $b \le 1{,}0$ м, $r_1 = 0{,}5$ м. При цьому, вказані екрани при визначенні їх ефективності встановлювались симетрично відносно вертикальної площини, що проходить через геометричний центр джерела і розрахункову точку.

7.2.9 При визначенні зниження рівнів звукового тиску прямого звуку вигородкою О-подібної (замкнутої) форми (екран типу "в" на рисунку 4) її представляють при розрахунку як нескінченно довгий плоский екран так, що звук поширюється в розрахункову точку тільки через його верхню кромку. Ефективність О-подібної вигородки $\Delta L_{екр}$, дБ, визначають за формулою (ДСТУ-Н Б В.1.1-35):

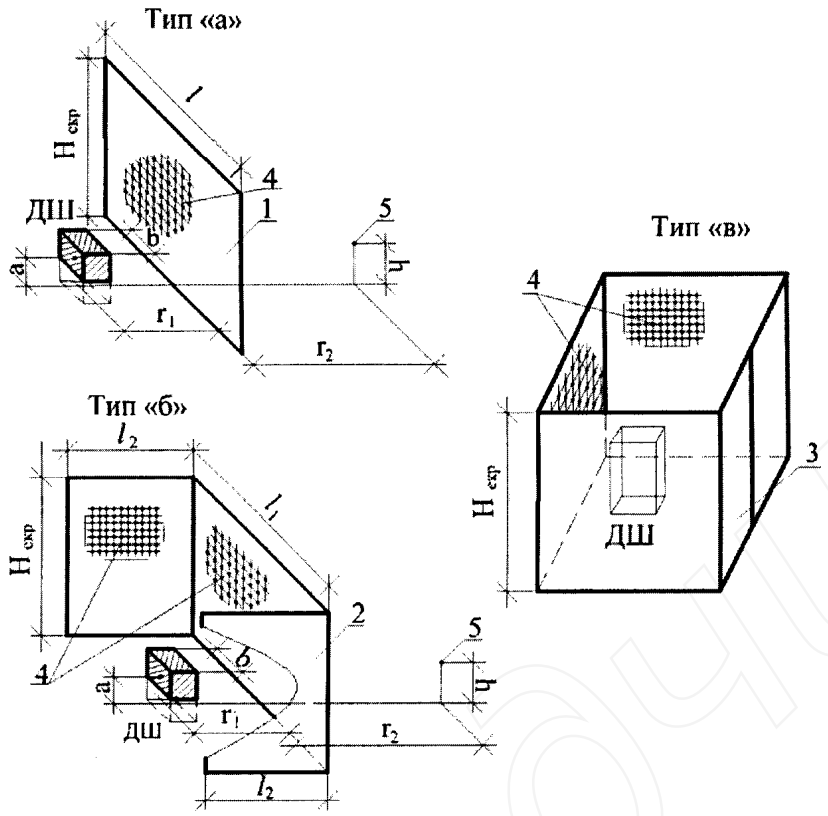
$$\Delta L_{екр} = \Delta L_{екр\ 1}. \qquad (54)$$

7.2.10 Коефіцієнт U у формулі (43) приймають відмінним від одиниці тільки для тих плоских екранів і вигородок, які мають звукопоглинальне облицювання відповідно з боку джерела шуму (якщо екран встановлено поблизу джерела) або з боку розрахункової точки (якщо екран встановлено поблизу розрахункової точки), або з обох боків. При цьому реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання конструкції облицювання екрана $\alpha_{обл\ екр}$ повинен задовольняти нерівності $\alpha_{обл\ екр} > 0{,}4$ в кожній октавній смузі частот. У всіх інших випадках приймають $U = 1$.

7.2.11 Якщо джерело шуму або розрахункова точка знаходяться поблизу облицьованого звукопоглинальною конструкцією плоского екрана або вигородки (рисунок 5, а), б)), то коефіцієнт U визначають за формулою:

$$U = 1 - \frac{\bar{\gamma}}{360}, \qquad (55)$$

де $\bar{\gamma}$ – кут видимості плоского екрана чи вигородки в плані із геометричного центра джерела шуму, якщо екран встановлено поблизу джерела, або із розрахункової точки, якщо екран встановлено поблизу розрахункової точки, град.



1 – плоский екран; 2 – П-подібна вигородка; 3 – О-подібна вигородка; 4 – звукопоглинальне облицювання екрана; 5 – розрахункова точка; ДШ – джерело шуму; $H_{екр}$ – висота екрана; a і h – відповідно висота геометричного центра джерела шуму і розрахункової точки над рівнем підлоги; l, l_1, l_2 – розміри екрана в плані

Рисунок 4 – Форми акустичних екранів і схеми їх розташування відносно джерела шуму і розрахункової точки

7.2.12 Якщо джерело шуму розташоване всередині облицьованої Г-, П- або О-подібної вигородки (див. рисунок 1, рисунок 5, в)), то коефіцієнт U визначають за формулою:

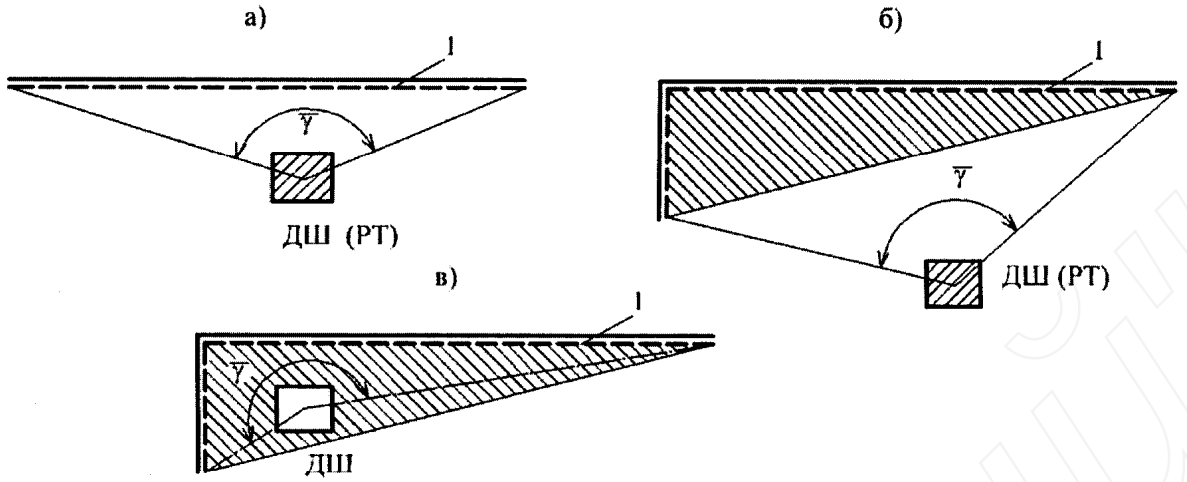
$$U = 1 - \frac{\bar{\gamma}}{360} \cdot \sqrt{\frac{\pi H_{екр}^2}{\pi H_{екр}^2 + d_в g_в}}, \qquad (56)$$

де $\bar{\gamma}$ – те саме, що у формулі (55);
$d_в$ і $g_в$ – розміри вигородки в плані, м (див. рисунок 1);
$H_{екр}$ – висота вигородки, м.

7.2.13 Якщо розрахункова точка знаходиться всередині П- або О-подібної вигородки (відкритої кабіни), то коефіцієнт U визначають за формулою:

$$U = \frac{S_0}{S_0 + S_в}, \qquad (57)$$

де S_0 – площа відкритих поверхонь вигородки, м^2;
$S_в$ – площа стінок конструкції вигородки, м^2.



а) джерело шуму (ДШ) або розрахункова точка (РТ) розташовані поблизу плоского екрана; б) джерело шуму або розрахункова точка розташовані поблизу Г-подібної вигородки; в) джерело шуму розташоване всередині Г-подібної вигородки; 1 – звукопоглинальне облицювання екрана

Рисунок 5 – Визначення кутів видимості екрана $\bar{\gamma}$

7.3 Розрахунок ефективності акустичних екранів у непропорційних приміщеннях

7.3.1 Ефективність акустичного екрана, встановленого у непропорційному приміщенні, $\Delta L_{\text{екр, непр}}$, дБ, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L_{\text{екр непр}} = 10\lg\frac{1+2\pi r^2 F'_{\text{відб}}}{10^{-0,1\Delta L_{\text{екр}}}+2\pi r^2 U F''_{\text{відб}}}, \qquad (58)$$

де r – відстань від акустичного центра джерела шуму до розрахункової точки, між якими встановлено екран, м;

$F'_{\text{відб}}$, $F''_{\text{відб}}$ – внески відбитого звуку в розрахунковій точці непропорційного приміщення відповідно до і після установки в ньому акустичного екрана; визначаються згідно з 7.3.2;

$\Delta L_{\text{екр}}$, U – те саме, що у формулі (43).

7.3.2 Величини $F'_{\text{відб}}$ і $F''_{\text{відб}}$ визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$F_{\text{відб}} = \frac{1-\bar{\alpha}}{HG}\cdot\frac{r+G}{r+H}\cdot J, \qquad (59)$$

де r – те саме, що у формулі (58);

G, H – те саме, що у формулі (30);

J – те саме, що у формулі (30) для джерела, між яким і розрахунковою точкою встановлено акустичний екран;

$\bar{\alpha}$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні, безрозмірний.

Якщо в приміщенні відсутнє звукопоглинальне облицювання його поверхонь, то при визначенні величини $F'_{\text{відб}}$ у формулі (59) величини $\bar{\alpha}$ і J набувають відповідно значення $\bar{\alpha}_0$ і J_0. Коефіцієнт звукопоглинання $\bar{\alpha}_0$ визначають згідно з формулою (13), а функцію J_0 – згідно з 5.4.3.

Якщо приміщення облицьоване звукопоглинальними конструкціями, то при визначенні величини $F'_{\text{відб}}$ у формулі (59) величини $\bar{\alpha}$ і J набувають відповідно значення $\bar{\alpha}_1$ і J_1. Коефіцієнт звукопоглинання $\bar{\alpha}_1$ визначають згідно з формулою (17), а функцію J_1 – згідно з 5.4.3 при заміні у відповідних формулах функції J_{0i} на J_1, коефіцієнта $\bar{\alpha}_0$ на коефіцієнт $\bar{\alpha}_1$, q_{0i} на q_1 і a_0 на a_1.

При визначенні величини $F''_{відб}$ в приміщенні, облицьованому звукопоглинальними конструкціями, у формулі (59) величини $\bar{\alpha}$ і J набувають відповідно значення $\bar{\alpha}_2$ і J_2. Коефіцієнт звукопоглинання $\bar{\alpha}_2$ визначають згідно з формулою (45), а функцію J_2 – згідно з 5.4.3 при заміні у відповідних формулах функції J_{0i} на J_2, коефіцієнта $\bar{\alpha}_0$ на коефіцієнт $\bar{\alpha}_2$, q_{0i} на q_2 і a_0 на a_2.

7.3.3 Формули (43) і (58) є застосовними, коли площа акустичного екрана становить незначну частину від площі поперечного перерізу приміщення, в площині якого встановлений екран.

Орієнтовний розрахунок акустичної ефективності екранів-перегородок, площа яких становить 50 % і більше від площі поперечного перерізу приміщення, слід виконувати як для двох суміжних приміщень з відкритим прорізом між ними.

7.3.4 При визначенні ефективності екранів в умовах вільного звукового поля $\Delta L_{екр}$ передбачалося, що величина звукоізоляції конструкції екрана R, дБ, перевищує величину $\Delta L_{екр}$ щонайменше на 15 дБ в кожній октавній смузі частот. Якщо ця умова не виконується і звукоізоляція екрана є меншою (наприклад, для шторних екранів із брезенту, гуми або інших м'яких матеріалів), то акустичну ефективність такого екрана $\Delta L'_{екр}$, дБ, з поправкою на його звукоізоляцію R визначають в октавних смугах частот за формулою (ДСТУ-Н Б В.1.1-35):

$$\Delta L'_{екр} = -10\lg\left(10^{-0,1\Delta L_{екр}} + 10^{-0,1R}\right). \qquad (60)$$

Визначену величину ефективності $\Delta L'_{екр}$ для таких екранів слід застосовувати в подальших розрахунках згідно з формулами (43) і (58), замінюючи в них величину $\Delta L_{екр}$ на $\Delta L'_{екр}$.

8 РОЗРАХУНОК ЗНИЖЕННЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕННЯХ ПРИ СПІЛЬНОМУ ЗАСТОСУВАННІ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНОГО ОБЛИЦЮВАННЯ І АКУСТИЧНИХ ЕКРАНІВ

8.1 Розрахунок у пропорційних приміщеннях

8.1.1 Величину зниження рівнів звукового тиску ΔL, дБ, в розрахункових точках пропорційних приміщень при спільному застосуванні акустичних екранів і звукопоглинального облицювання огорож приміщення, коли на шляху поширення звуку від джерела шуму до розрахункової точки розташовано не більше одного екрана, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L = 10\lg\frac{\sum_{i=1}^{m}10^{0,1L_{пр\,i}} + \frac{4}{B_0}\sum_{i=1}^{n}10^{0,1L_{W\,i}}}{\sum_{i=1}^{k_1}10^{0,1\left(L_{пр\,i}-\Delta L_{екр\,i}\right)} + \sum_{i=k_1+1}^{m}\frac{10^{0,1L_{W\,i}}\,\Phi_i}{S_i} + \frac{4}{B_2}\sum_{i=1}^{n}10^{0,1L_{W\,i}}}, \qquad (61)$$

де B_0 і B_2 – акустична постійна приміщення в октавних смугах частот відповідно до і після установлення в ньому звукопоглинального облицювання огороджувальних конструкцій і акустичних екранів, м^2; визначаються згідно з 5.2.2 і 7.2.3 відповідно;

$L_{W\,i}$, Φ_i, S_i, m, n – те саме, що у формулі (26);

$\Delta L_{екр\,i}$ – ефективність i-го акустичного екрана в октавних смугах частот, дБ; визначається згідно з 7.2.4–7.2.9;

$L_{пр\,i}$ – рівні звукового тиску прямого звуку від даного джерела шуму в розрахунковій точці, дБ; визначаються згідно з 8.1.2;

k_1 – кількість джерел шуму із числа найближчих до розрахункової точки, біля яких встановлені екрани.

8.1.2 Рівні звукового тиску прямого звуку від даного джерела шуму $L_{пр\,i}$ в розрахунковій точці до встановлення біля нього екрана визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$L_{пр\,i} = L_{W\,i} + 10\lg\frac{\Phi_i}{S_i}, \qquad (62)$$

де всі позначення ті самі, що у формулі (61).

8.2 Розрахунок у непропорційних приміщеннях

8.2.1 Величину зниження рівнів звукового тиску ΔL, дБ, в розрахункових точках непропорційних (плоских і видовжених) приміщень при спільному застосуванні акустичних екранів і звукопоглинального облицювання огорож приміщення, коли на шляху поширення звуку від джерела шуму до розрахункової точки розташовано не більше одного екрана, визначають в октавних смугах частот за формулою:

$$\Delta L = 10\lg \frac{\sum_{i=1}^{m} \frac{10^{0,1L_{W\,i}}\Phi_i}{S_i} + \frac{1-\bar{\alpha}_0}{HG}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{r_i+G}{r_i+H}\cdot J_{0i}\,10^{0,1L_{W\,i}}\right)}{\sum_{i=1}^{k_1} 10^{0,1\left(L_{\text{пр}\,i}-\Delta L_{\text{екр}\,i}\right)} + \sum_{i=k_1+1}^{m} \frac{10^{0,1L_{W\,i}}\Phi_i}{S_i} + \frac{1-\bar{\alpha}_2}{HG}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{r_i+G}{r_i+H}\cdot J_{2i}\,10^{0,1L_{W\,i}}\right)}, \qquad (63)$$

де $L_{W\,i}$, $L_{\text{пр}\,i}$, $\Delta L_{\text{екр}\,i}$, Φ_i, S_i, m, n, k_1 – те саме, що у формулі (61);

$J_{(0,2)i}$, G, H, r_i – те саме, що у формулі (30);

$\bar{\alpha}_0$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні до улаштування в ньому звукопоглинального облицювання і акустичних екранів, безрозмірний; визначається згідно з формулою (13);

$\bar{\alpha}_2$ – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні після встановлення в ньому звукопоглинального облицювання і акустичних екранів, безрозмірний; визначається згідно з формулою (45).

8.2.2 Функцію J_{0i} у формулі (63) визначають для i-го джерела шуму згідно з 5.4.3. Функцію J_{2i} визначають для i-го джерела шуму згідно з 5.4.3 при заміні у відповідних формулах функції J_{0i} на J_{2i}, коефіцієнта $\bar{\alpha}_0$ на коефіцієнт $\bar{\alpha}_2$, q_{0i} на q_{2i} і a_0 на a_1.

ДОДАТОК А
(довідковий)

АКУСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ВИРОБІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ

Таблиця А.1 – Плоскі звукопоглинальні вироби та конструкції

Характеристика виробу або конструкції	Середня густина звукопоглинального матеріалу, кг/м^3	Товщина шару звукопоглинального матеріалу, мм	Відстань від огорожі, мм	Реверберацийний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Вироби звукопоглинальні											
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в склотканині (РСТ УССР 1977)	20-25	50	0	0,07	0,28	0,80	1,00	1,00	0,94	0,85	0,80
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в склотканині (РСТ УССР 1977)	25	100	0	0,13	0,60	0,85	1,00	0,86	0,90	0,95	0,90
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в склотканині (РСТ УССР 1977)	25	200	0	0,25	0,85	0,90	1,00	0,85	0,90	0,90	0,96
Мати теплоізоляційні і звукопоглинальні марки АТМ-10к-15 в склотканині (РСТ УССР 1981)	20	15	0	0,02	0,05	0,12	0,50	0,85	0,88	0,88	0,91
Мати теплоізоляційні і звукопоглинальні марки АТМ-10к-15 в склотканині (РСТ УССР 1981)	20	15	0	0,02	0,08	0,16	0,60	0,87	0,87	0,86	0,99
Мати теплоізоляційні і звукопоглинальні марки ТМ-10-15 в склотканині (РСТ УССР 1981)	20	15	0	0,02	0,07	0,15	0,63	0,88	0,90	0,89	0,86
Мати із супертонкого скловолокна в склотканині	25	100	0	0,15	0,65	0,82	0,97	0,93	0,99	0,99	0,99

Продовження таблиці А.1

Характеристика виробу або конструкції	Середня густина звукопоглинального матеріалу, кг/м^3	Товщина шару звукопоглинального матеріалу, мм	Відстань від огорожі, мм	Реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звукопоглинальні конструкції з перфорованим покриттям											
Ультратонке базальтове волокно в склотканині з перфорованим покриттям (коефіцієнт перфорації 0,14, діаметр отворів 5 мм)	20	50	0	0,06	0,20	0,52	0,83	0,91	0,88	0,64	0,31
	20	50	50	0,12	0,35	0,70	0,81	0,83	0,89	0,63	0,31
	20	50	100	0,18	0,49	0,77	0,76	0,84	0,88	0,63	0,31
Те саме (коефіцієнт перфорації 0,17, діаметр отворів 3 мм)	20	50	0	0,06	0,20	0,51	0,82	0,90	0,91	0,76	0,47
	20	50	50	0,12	0,35	0,69	0,81	0,83	0,91	0,76	0,47
	20	50	100	0,18	0,49	0,77	0,76	0,83	0,91	0,76	0,47
	20	100	0	0,22	0,52	0,73	0,80	0,89	0,91	0,76	0,47
Те саме (коефіцієнт перфорації 0,27, діаметр отворів 3 мм)	20	50	0	0,06	0,20	0,50	0,82	0,90	0,92	0,85	0,64
	20	50	50	0,12	0,34	0,69	0,81	0,83	0,89	0,85	0,64
	20	50	100	0,18	0,49	0,77	0,76	0,83	0,91	0,85	0,64
	20	100	0	0,22	0,51	0,73	0,80	0,88	0,92	0,85	0,64
Мінераловатні плити в склотканині з перфорованим покриттям (просічно-витяжний лист, коефіцієнт перфорації 0,74)	75	50	0	0,06	0,16	0,40	0,87	0,86	0,75	0,81	0,85
	75	50	50	0,09	0,18	0,60	0,90	0,85	0,80	0,79	0,80
	75	50	100	0,09	0,28	0,76	0,90	0,80	0,80	0,80	0,85
Прошивні мінераловатні мати в склотканині з перфорованим покриттям (просічно-витяжний лист, коефіцієнт перфорації 0,74)	100	100	0	0,11	0,35	0,75	1,00	0,95	0,90	0,92	0,95
Прошивні мінераловатні мати в склотканині з перфорованим покриттям (коефіцієнт перфорації 0,46, діаметр отворів 6 мм)	100	100	0	0,08	0,32	0,76	1,00	0,95	0,90	0,98	0,95
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в склотканині (РСТ УССР 1977) з перфорованим покриттям (просічно-витяжний лист, коефіцієнт перфорації 0,74)	20	50	0	0,06	0,18	0,50	0,90	1,00	1,00	0,96	0,95
	20	50	50	0,10	0,23	0,60	0,92	1,00	0,94	0,93	1,00
	20	50	100	0,15	0,30	0,65	0,95	1,00	1,00	0,96	1,00
	20	50	150	0,20	0,35	0,70	0,98	1,00	1,00	0,98	0,98

Кінець таблиці А.1

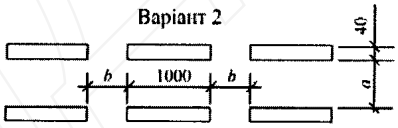
Характеристика виробу або конструкції	Середня густина звукопоглинального матеріалу, кг/м^3	Товщина шару звукопоглинального матеріалу, мм	Відстань від огорожі, мм	Реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в склотканині (РСТ УССР 1977) з перфорованим покриттям (коефіцієнт перфорації 0,12, діаметр отворів 6 мм)	20	50	0	0,10	0,20	0,70	1,00	0,97	0,95	0,75	0,45
	20	50	50	0,12	0,22	0,75	1,00	0,96	0,85	0,64	0,48
	20	50	100	0,15	0,25	0,75	0,91	0,98	0,87	0,69	0,57
	20	50	150	0,18	0,32	0,85	0,84	0,95	0,89	0,68	0,58
	25	100	400	0,25	0,38	0,85	1,00	1,00	1,00	0,82	0,45
Мати звукопоглинальні базальтові марки БЗМ в поліетиленовій плівці товщиною 30 мкм з перфорованим покриттям (коефіцієнт перфорації 0,20, діаметр отворів 5,5 мм)	25	50	0	0,1	0,21	0,95	1,00	0,98	0,85	0,57	0,40
	25	50	300	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,80	0,60	0,40

Таблиця А.2 – Об'ємні звукопоглиначі кулісного типу

Характеристика куліс	Відстань між рядами куліс *a*, мм	Відстань між кулісами в ряду *b*, мм	Еквівалентна площа звукопоглинання *A*, м^2, на 1 м^2 поверхні в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Куліси розміром (1000 × 500 × 40) мм із мінераловатних плит густиною від 80 кг/м^3 до 100 кг/м^3 в оболонці із склотканини	Варіант 1									
	300	–	0,7	1,0	1,4	2,0	2,7	2,3	1,9	1,6
	500	–	0,5	0,8	1,0	1,5	1,9	1,7	1,5	1,3
	800	–	0,5	0,6	0,6	1,2	1,4	1,4	1,2	1,0
	1000	–	0,3	0,4	0,5	0,8	1,2	1,1	1,1	0,9
	Варіант 2									
	250	250	0,5	0,9	1,7	2,4	2,6	2,7	2,4	2,2
	500	500	0,3	0,6	0,8	1,2	1,6	1,6	1,6	1,5
	500	300	0,6	0,8	1,0	1,6	2,2	2,0	1,9	1,7
	500	1000	0,3	0,4	0,8	1,1	1,3	1,4	1,3	1,2
	1000	500	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,0	0,9	0,8

Варіант 1

Варіант 2



Таблиця А.3 – Будівельні матеріали та вироби

Найменування матеріалу, виробу	Реверберацiйний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стіна цегляна з розшивкою швів	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Стіна цегляна обштукатурена	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Стіна обштукатурена і пофарбована масляною фарбою	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Бетонна поверхня з залізненням	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Мармурова, гранітна, мозаїчна поверхня	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Плитка метлахська (на клею)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Плитка керамічна облицювальна (на клею)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Підлога паркетна клепкова (на клею)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,07
Підлога паркетна щитова на лагах висотою від 50 мм до 80 мм	0,09	0,15	0,15	0,12	0,08	0,07	0,07	0,08
Підлога дощата товщиною 35 мм на лагах висотою від 50 мм до 80 мм	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09
Лінолеум ПВХ на твердій поверхні	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Покриття підлоги типу «ковролін» товщиною 5 мм	0,04	0,07	0,07	0,15	0,15	0,25	0,30	0,30
Килим шерстяний товщиною 9 мм на твердій поверхні	0,08	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37	0,40
Портьєра бавовняна на підкладці зі складками (поверхнева густина 0,5 кг/м^2)	0,03	0,11	0,30	0,45	0,70	0,65	0,50	0,55
Портьєра плюшева зі складками (поверхнева густина 0,65 кг/м^2)	0,08	0,15	0,35	0,55	0,70	0,70	0,65	0,70
Вентиляційні решітки	0,15	0,30	0,42	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52
Віконні рами засклені	0,20	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,03
Дверний отвір відкритий (у сусіднє приміщення)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40

Найменування матеріалу, виробу	Реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Таблиця А.4 – Еквівалентна площа звукопоглинання штучних поглиначів та людей

Найменування звукопоглинача	Еквівалентна площа звукопоглинання $A_{шт}$, м^2, в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Крісло м'яке з пористим наповнювачем і оббивкою тканиною	0,08	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30
Крісло напівм'яке з тонким шаром наповнювача і оббивкою тканиною	0,05	0,08	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20
Те саме з оббивкою шкірою	0,05	0,08	0,10	0,12	0,10	0,10	0,08	0,08
Крісло жорстке	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Людина в м'якому чи напівм'якому кріслі	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40	0,40
Людина на жорсткому кріслі	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35
Люди (стоячі) по площі приміщення з щільністю 1 люд/м^2	0,09	0,11	0,20	0,32	0,66	0,81	0,89	0,90
Те саме 2 люд./м^2	0,06	0,10	0,18	0,28	0,59	0,65	0,72	0,75
Те саме 4 люд./м^2	0,05	0,07	0,16	0,26	0,45	0,54	0,60	0,63

ДОДАТОК Б
(довідковий)

ВЕЛИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ЗВУКОВОГО ТИСКУ АКУСТИЧНИМИ ЕКРАНАМИ

Таблиця Б.1 – Величини зниження рівнів звукового тиску плоскими екранами (тип "а", рисунок 4)

Розміри екрана і відстань до розрахункової точки, м				Зниження рівнів звукового тиску екраном $\Delta L_{екр}$, дБ, в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
$H_{екр}$	h	l	r_2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2,4	1,2	1,0	1	0,0	0,0	5,0	7,0	8,5	9,0	11,5	15,0
			2	0,0	0,0	4,0	6,0	8,0	8,5	12,0	13,5
			3	0,0	0,0	3,5	5,5	6,5	8,0	11,0	13,0
2,4	1,2	1,5	1	0,0	0,0	9,0	10,0	10,0	14,0	17,0	19,0
			2	0,5	0,5	9,5	8,5	10,0	12,0	15,5	18,5
			3	1,5	1,0	7,0	8,0	9,5	11,5	15,0	17,0
2,4	1,2	3,5	1	5,0	5,0	9,0	14,5	17,5	16,5	22,0	23,0
			2	4,5	5,5	10,0	12,0	16,5	17,5	22,0	23,5
			3	4,0	6,0	9,0	9,5	14,0	15,0	19,5	22,0
2,4	1,2	5	1	8,0	11,0	13,5	16,0	21,5	24,0	25,0	27,0
			2	8,0	10,0	9,5	13,0	20,0	23,0	24,0	27,0
			3	6,0	10,0	7,0	12,0	15,5	22,0	23,5	25,0
1,5	0,75	1,75	1	2,0	1,0	6,0	10,0	10,5	12,0	14,0	16,0
			2	1,0	0,0	5,5	7,5	10,5	12,0	14,0	15,5
			3	1,5	0,0	7,0	5,5	8,5	12,0	13,5	15,0
1,5	0,75	3,25	1	6,0	6,0	9,0	14,0	17,0	16,0	19,0	21,0
			2	5,5	3,0	7,5	9,0	14,0	15,5	19,0	20,0
			3	5,5	1,5	8,5	9,0	11,5	15,0	18,0	20,0
1,5	0,75	4,75	1	6,5	6,5	10,5	12,0	18,0	20,0	22,0	24,0
			2	6,5	3,0	11,0	12,0	16,5	17,0	20,5	23,5
			3	6,5	0,5	12,0	12,5	14,5	16,5	20,5	22,5
1,0	0,5	2,4	1	3,0	0,0	3,5	9,0	9,5	11,5	14,0	17,0
			2	2,0	0,0	3,0	10,0	9,0	10,0	13,0	15,5
			3	1,5	0,0	0,0	10,0	8,5	10,0	13,5	14,0
2,0	1,0	2,4	1	4,0	5,0	10,0	12,5	14,5	15,5	19,5	23,0
			2	4,0	4,0	8,0	10,5	14,5	15,5	18,5	22,0
			3	4,0	3,5	7,5	9,5	12,5	15,5	18,5	20,5

Примітка 1. Величини $H_{екр}$, h, l і r_2 наведені на рисунку 4.
Примітка 2. Дані в таблиці наведені згідно з [11].

Таблиця Б.2 – Величини зниження рівнів звукового тиску П-подібними вигородками (тип "б", рисунок 4)

Розміри екрана і відстань до розрахункової точки, м					Зниження рівнів звукового тиску екраном $\Delta L_{екр}$, дБ, в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц							
$H_{екр}$	l_1	l_2	h	r_2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1,5	0,75	1,5	0,75	1	8,5	6,5	13,0	14,5	19,0	19,5	24,0	25,0
				2	9,0	4,0	11,0	11,5	18,5	17,0	21,5	22,5
				3	7,0	2,5	13,5	11,5	18,5	17,0	19,0	21,5
1,5	0,75	1,5	1	1	6,5	7,0	12,0	15,0	18,0	18,0	22,5	22,5
				2	7,0	5,0	9,0	13,5	17,0	17,0	21,0	21,0
				3	7,0	3,5	9,5	10,0	16,0	16,5	20,0	20,0
2,4	2,0	1,5	2,2	1	6,0	7,5	10,5	17,5	21,5	22,5	27,0	26,5
				2	8,0	7,0	9,5	17,0	21,0	19,5	25,5	25,0
				3	4,0	7,0	9,0	15,0	20,0	20,5	24,5	24,0

Примітка 1. Величини $H_{екр}$, l_1, l_2, h і r_2 наведені на рисунку 4.

Примітка 2. Дані в таблиці наведені згідно з [11].

ДОДАТОК В
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1 ДБН В.1.2-10-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму

2 ДСТУ-Н Б А.1.2-6:2010 Система ліцензування та сертифікації у будівництві. Оцінювання відповідності у будівництві згідно з Технічним регламентом будівельних виробів, будівель і споруд. Настанова з порядку проведення оцінки відповідності із застосуванням розрахункового методу підтвердження відповідності

3 Рекомендации по расчету и проектированию звукопоглощающих облицовок, М., Стройиздат, 1984 (Рекомендації з розрахунку і проектування звукопоглинального облицювання)

4 Пособие по расчету и проектированию многослойных звукопоглощающих систем (конструкций), М., Стройиздат, 1987 (Посібник з розрахунку і проектування багатошарових звукопоглинальних систем (конструкцій))

5 Руководство по измерению и расчету акустических характеристик звукопоглощающих материалов, М., Стройиздат, 1979 (Посібник з вимірювання і розрахунку акустичних характеристик звукопоглинальних матеріалів)

6 ГОСТ 31287-2005 (ИСО 17624:2004) Шум. Руководство по снижению шума в рабочих помещениях акустическими экранами (Шум. Посібник із зниження шуму в робочих приміщеннях акустичними екранами)

7 ГОСТ Р 52797.1-2007 (ИСО 11690-1:1996) Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малошумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1. Принципы защиты от шума (Акустика. Рекомендовані методи проектування малошумних робочих місць виробничих приміщень Частина 1. Принципи захисту від шуму)

8 ГОСТ Р 52797.2-2007 (ИСО 11690-2:1996) Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малошумных рабочих мест производственных помещений. Часть 2. Меры и средства защиты от шума (Акустика. Рекомендовані методи проектування малошумних робочих місць виробничих приміщень. Частина 2. Заходи і засоби захисту від шуму)

9 ГОСТ Р 52797.3-2007 (ИСО/ТО 11690-3:1997) Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малошумных рабочих мест производственных помещений. Часть 3. Распространение звука в производственных помещениях и прогнозирование шума (Акустика. Рекомендовані методи проектування малошумних робочих місць виробничих приміщень. Частина 3. Поширення звуку в виробничих приміщеннях і прогнозування шуму)

10 Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях, М., Стройиздат, 1982 (Посібник з розрахунку і проектування шумоглушіння у промислових будівлях)

11 Справочник проектировщика. Защита от шума, М. Стройиздат, 1974 (Довідник проектувальника. Захист від шуму)

12 Снижение шума в зданиях и жилых районах, М., Стройиздат, 1987 (Зниження шуму у будинках і житлових районах)

Код УКНД 91.120.20; 17.140.01

Ключові слова: звукопоглинальна конструкція, звукопоглинальне облицювання, реверберaційний коефіцієнт звукопоглинання, зниження рівня звукового тиску, акустичний екран, рівень звукової потужності, акустичні характеристики приміщення.

* * * * * * * * * * *

Редактор – А.О. Луковська
Комп'ютерна верстка – І.С. Дмитрук

Формат 60x84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".
вул. М. Кривоноса, 2А, м. Київ-37, 03037, Україна.
Тел. 249-36-62
Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)
E-mail:uabi90@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців
ДК № 690 від 27.11.2001 р.