

Будівельна акустика.

Розрахунок зниження шуму засобами
звукопоглинання і екранування

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

ДСТУ-Н Б В. 1.1-32:2013
Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування

ДСТУ-Н Б В. 1.1-33
Настанова з розрахунку та проектування засобів захисту сельбищної території від шуму

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

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

Таблиця 1 – Допустимі рівні шуму у приміщеннях житлових і громадських будівель (фрагмент)

Ч.ч.	Призначення приміщення або території	Час доби	Рівні звукового тиску $L_{\text{доп}}$, дБ (еквівалентні рівні звукового тиску $L_{\text{екв доп}}$, дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку L_A доп (еквівалентний рівень звуку L_A екв доп), дБА	Максимальний рівень звуку L_A макс доп, дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
6	Житлові приміщення квартир	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
8	Житлові номери готелів: – категорії 4 зірки і 5 зірок ¹⁾	Денний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
	– категорії 3 зірки ¹⁾	Денний	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		Нічний	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
	– категорії менше ніж 3 зірки	Денний	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
		Нічний	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

Табл. 5 – Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщеннях

№ ч.ч	Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску $L_{\text{доп}}$, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму $L_{\text{А екв доп}}$, дБА
		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	Робота, що виконується з вказівками та акустичними сигналами, які часто надходять, робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп.1-4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

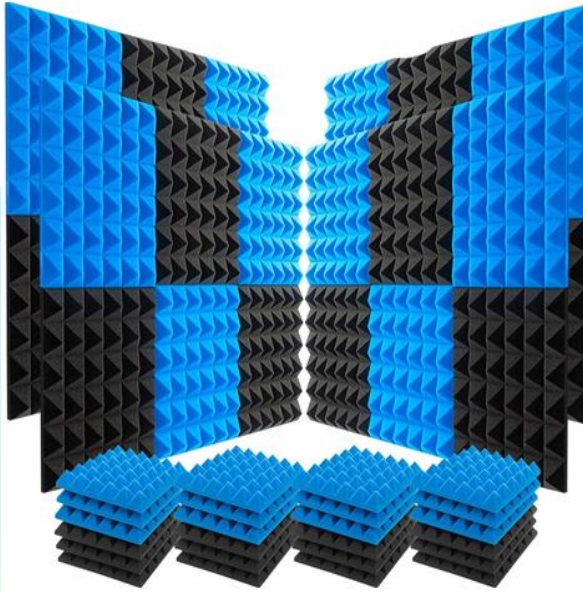
Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу : ДСН 3.3.6.037-99. [Затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 37] /МОЗ України. – К., 1999. – 34 с. – (Державні санітарні норми України).

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

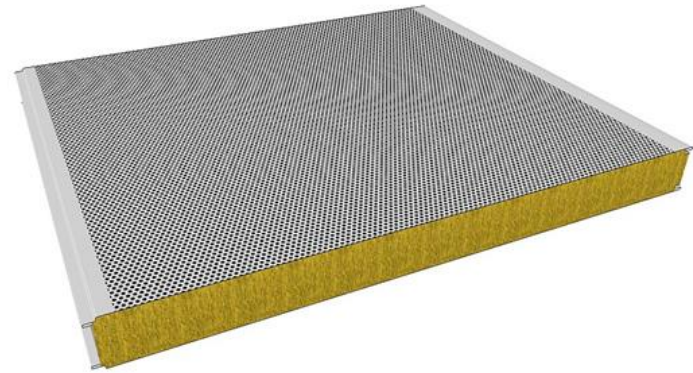
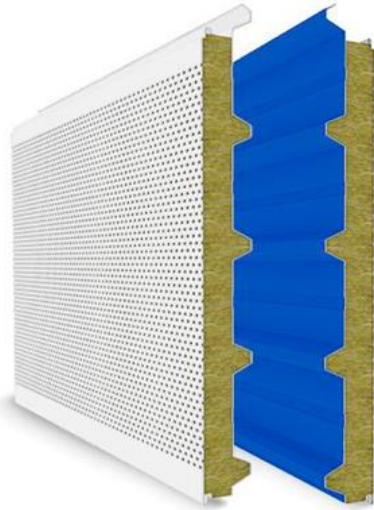
За конструктивними ознаками і акустичними характеристиками звукопоглинальні конструкції, які застосовують у будівництві, поділяють на такі типи:

- плоскі одношарові конструкції із однорідних звукопоглинальних елементів;
- плоскі багатшарові конструкції із перфорованим покриттям;
- об'ємні звукопоглинальні конструкції (штучні звукопоглиначі);
- резонансні звукопоглинальні конструкції (резонаторні і мембранні).

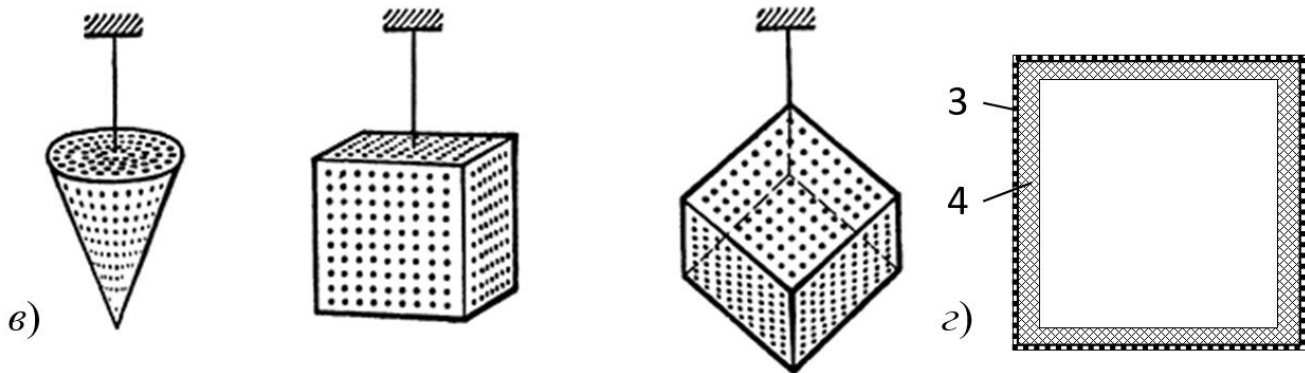
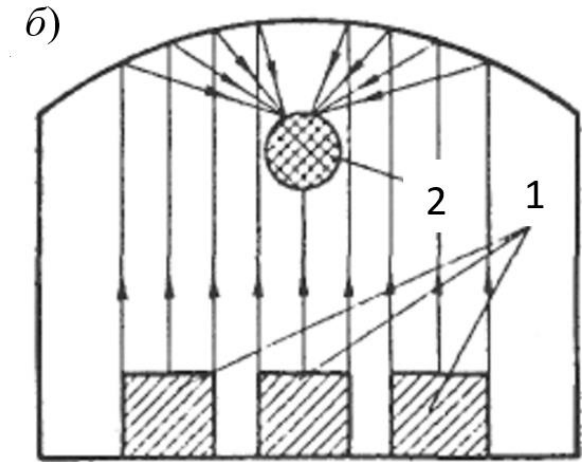
Плоскі одношарові конструкції із однорідних звукопоглинальних елементів



Плоскі багатшарові звукопоглинальні конструкції із перфорованим покриттям



Об'ємні звукопоглинальні конструкції



a – звукопоглиначі кулісного типу; *б* – розміщення звукопоглинача; *в* – форми штучних звукопоглиначів;
г – конструкція багатшарового об'ємного елемента; 1 – джерела шуму; 2 – звукопоглинач;
 3 – перфорований корпус; 4 – пористо-волокнистий матеріал у захисній оболонці

Плоскі звукопоглинальні конструкції 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.

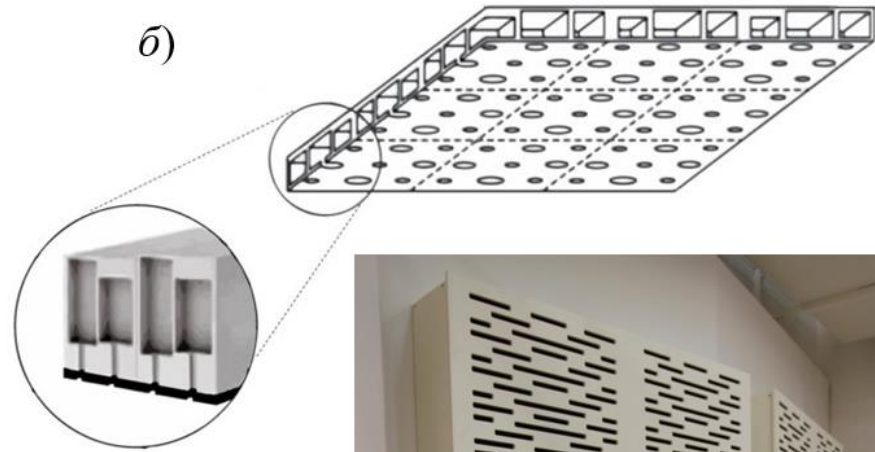
Для досягнення значного звукопоглинання в низькочастотному діапазоні, з одночасною економією звукопоглинального матеріалу, застосовують резонансні звукопоглинальні конструкції (резонаторні і мембранні).

Резонаторні звукопоглинальні конструкції



a)

б)



в) г)



a – резонатор Гельмгольца; *б* – конструкція резонаторної панелі; *в, г* – приклади використання

Резонаторні звукопоглинальні конструкції

Найбільше звукопоглинання одношарової резонаторної конструкції досягається на резонансній частоті f_p , Гц, яка визначається за формулою:

$$f_p = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{\eta}{L_{\Pi}(l_e + 2\delta_e)}}$$

c_0 – швидкість звуку у повітрі, м/с;

η – коефіцієнт перфорації екрана;

L_{Π} – 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 : $\delta_e = 0,395 \cdot d(1 - 1,47\sqrt{\eta} + 0,47\eta\sqrt{\eta})$

Резонаторні звукопоглинальні конструкції

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

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

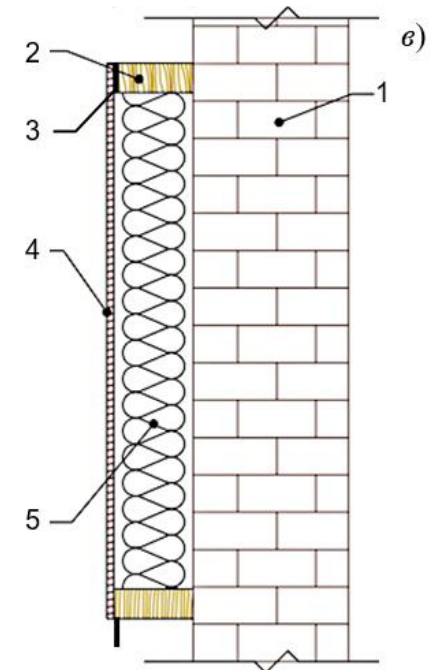
Мембранні звукопоглинальні конструкції



а)



б)



а – настінний звукопоглинач; б – звукопоглинач для систем вентиляції і кондиціонування; в – конструкція мембранного звукопоглинача; 1 – стіна; 2 – рама; 3 – пружна підкладка; 4- мембрана; 5 – м'який пористо-волокнистий матеріал

Мембранні звукопоглинальні конструкції

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

$$f_p = \frac{60}{\sqrt{m \cdot L_{\Pi}}}$$

m – поверхнева густина мембрани, кг/м²;

L_{Π} – глибина повітряної порожнини, м.

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.

У конструкторському бюро виконується робота, що вимагає зосередження. Розміри приміщення 12×6×3 м. При роботі устаткування утворюються наднормативні рівні звукового тиску. Необхідно визначити ефективність застосування у приміщенні звукопоглинального облицювання – перфорованих панелей з ультратонким базальтовим волокном всередині товщиною 50 мм, що кріпляться безпосередньо на стіни. Коефіцієнт перфорації 0.14, діаметр отворів 5 мм.

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рівень звукового тиску, що утворюється L , дБ	71	74	78	81	75	72	69	67	63	Виміряно
Допустимий рівень звукового тиску $L_{\text{доп}}$, дБ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	Табл. 5
Необхідне зниження рівня звукового тиску $\Delta L^{\text{нх}}$, дБ	–	–	–	4	2	2	1	1	–	Формула (30)

$$\Delta L^{\text{нх}} = L - L_{\text{доп}}, \quad (30)$$

Приклад розрахунку зниження шуму у приміщенні за рахунок використання звукопоглинальних матеріалів та конструкцій

Визначаємо акустичні параметри приміщення до застосування звукопоглинального облицювання.

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Середній ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання до улаштування додаткового звукопоглинання α_0	0,07	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	Табл. 2 [28]
Стала затухання звуку у повітрі $\bar{m} \times 10^3$ м ⁻¹ (прийнято $t = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 60\%$)	–	0.02	0.09	0.28	0.64	1.11	2.13	5.85	20.23	Табл. 3 [28]

Табл. 2 [28]

Ч.ч.	Призначення приміщення	Середній ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання α_0 поверхонь огорожувальних конструкцій в октавних смугах з середньгеометричними 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 у 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 огороженнями, облицьованими плиткою, що мийється	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	0.07	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14

Табл. 3 [28]

Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Стала затухання звукової енергії у повітрі ($m \times 10^3$) м ⁻¹ , в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
+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. Для октавної смуги з середньгеометричною частотою 31.5 Гц допускається приймати $\bar{m} = 0$.

[28] Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях : ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013. [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014 – 58 с. – (Національний стандарт України).

Приклад розрахунку зниження шуму у приміщенні за рахунок використання звукопоглинальних матеріалів та конструкцій

Визначаємо акустичні параметри приміщення до застосування звукопоглинального облицювання.

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Об'єм приміщення V , м ³	216									Вихідні дані
Сумарна площа внутрішніх поверхонь $S_{\text{огор}}$, м ²	252									Вихідні дані
Середня довжина вільного пробігу звуку \bar{l} , м	3.43									Формула (14)
Середній коефіцієнт звукопоглинання до улаштування додаткового звукопоглинання $\bar{\alpha}$	0.08	0.11	0.11	0.121	0.132	0.143	0.146	0.157	0.198	Формула (12)
Акустична постійна приміщення до улаштування додаткового звукопоглинання B_0 , м ²	21.9	31.2	31.2	34.6	38.3	42.1	43.2	47.0	62.1	Формула (15)

$$\bar{l} = 4V / S_{\text{огор}} \quad (14)$$

$$\bar{\alpha} = 1 - (1 - \alpha) \cdot e^{-\bar{m}\bar{l}} \quad (12) \quad \alpha = \alpha_0$$

$$B = \frac{\bar{\alpha} S_{\text{огор}}}{1 - \bar{\alpha}} \quad (15)$$

Приклад розрахунку зниження шуму у приміщенні за рахунок використання звукопоглинальних матеріалів та конструкцій

Визначаємо необхідну площу для облицювання перфорованими панелями.

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Необхідна акустична постійна B^{HX} , м ²	–	–	–	87	60.7	66.8	54.4	59.1	–	Формула (32)
Необхідна еквівалентна площа звукопоглинання ΔA^{HX} , м ²	–	–	–	38.9	18.0	19.2	8.81	8.72	–	Формула (33)
Ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання перфорованої панелі $\alpha_{обл}$	–	0.06	0.20	0.52	0.83	0.91	0.88	0.64	0.31	Додаток А [1]
Необхідна площа для облицювання перфорованими панелями $S_{обл}^{HX}$, м ²	–	–	–	75	21.6	21.2	10.0	13.6	–	Формула (34)
Прийнята площа для облицювання перфорованими панелями $S_{пан}$, м ²	75									Найбільша серед частот

$$B^{HX} = 10^{\frac{\Delta L^{HX}}{10}} \cdot B_0 \quad (32)$$

$$S_{обл}^{HX} = \frac{\Delta A^{HX}}{\alpha_{обл}} \quad (34)$$

$$\Delta A^{HX} = \frac{B^{HX} S_{огор}}{(B^{HX} + S_{огор})(1 - \alpha_0)} - B_0 \quad (33)$$

[1] ДСТУ-Н Б В. 1.1-32:2013 Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування

Перевірка ефективності застосування облицювання стін звукопоглинальними панелями.

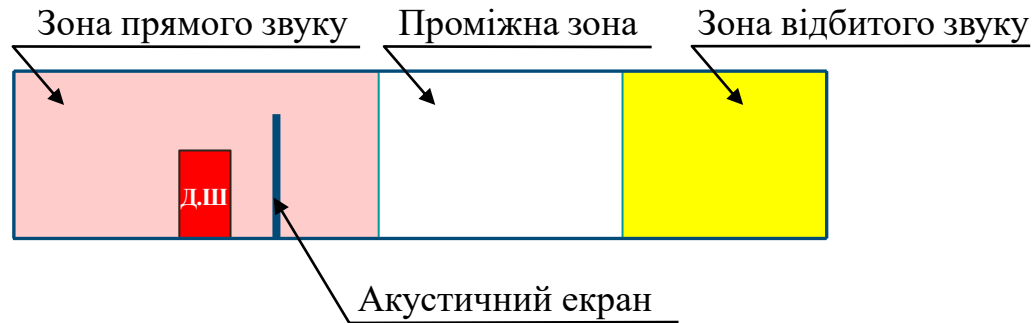
Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Середній ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання після улаштування панелей α_1	–	0.10	0.14	0.24	0.34	0.37	0.36	0.28	0.19	Формула (12)
Середній коефіцієнт звукопоглинання після улаштування панелей	–	0.10	0.14	0.24	0.34	0.37	0.36	0.30	0.24	Формула (15)
Акустична постійна приміщення після улаштування панелей $B_1, \text{м}^2$	–	26.5	40.0	79.4	130	149	145	110	82	Формула (16)
Зниження рівнів звукового тиску після улаштування панелей ΔL	–	-0.70	1.07	4.00	5.30	5.48	5.26	3.68	1.19	Формула (17)
Очікуваний рівень звукового тиску у зоні відбитого звуку	–	75	77	77	70	67	64	63	62	$L - \Delta L$
Допустимий рівень звукового тиску, $L_{\text{доп}}, \text{дБ}$	103	91	83	77	73	70	68	66	64	Табл. 1

$$\bar{\alpha} = 1 - (1 - \alpha) \cdot e^{-\bar{m}l} \quad (12)$$

$$B = \frac{\bar{\alpha} S_{\text{огор}}}{1 - \bar{\alpha}} \quad (15)$$

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{B_1}{B_0} \right) \quad (31)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_0 (S_{\text{огор}} - \sum_{i=1}^n S_{\text{обл}_i}) + \sum_{i=1}^n \alpha_{\text{обл}_i} S_{\text{обл}_i} + A_{\text{шт}} n_{\text{шт}}}{S_{\text{огор}}} \quad (13)$$

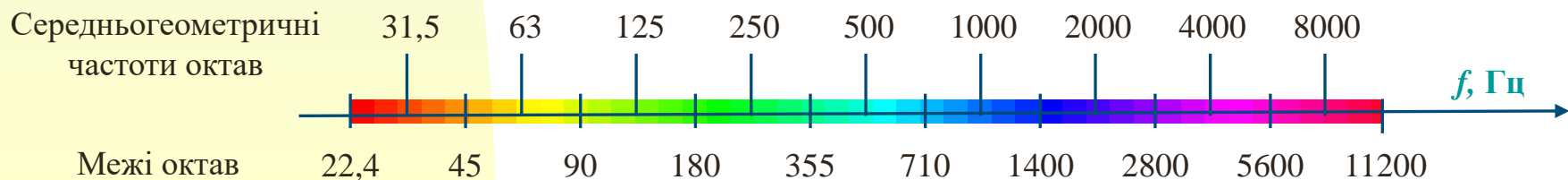


Акустичний екран являє собою перепону скінченних розмірів, яку встановлюють в приміщенні між джерелом шуму і робочим місцем або частиною приміщення, що потребують захисту від шуму даного джерела або групи джерел.

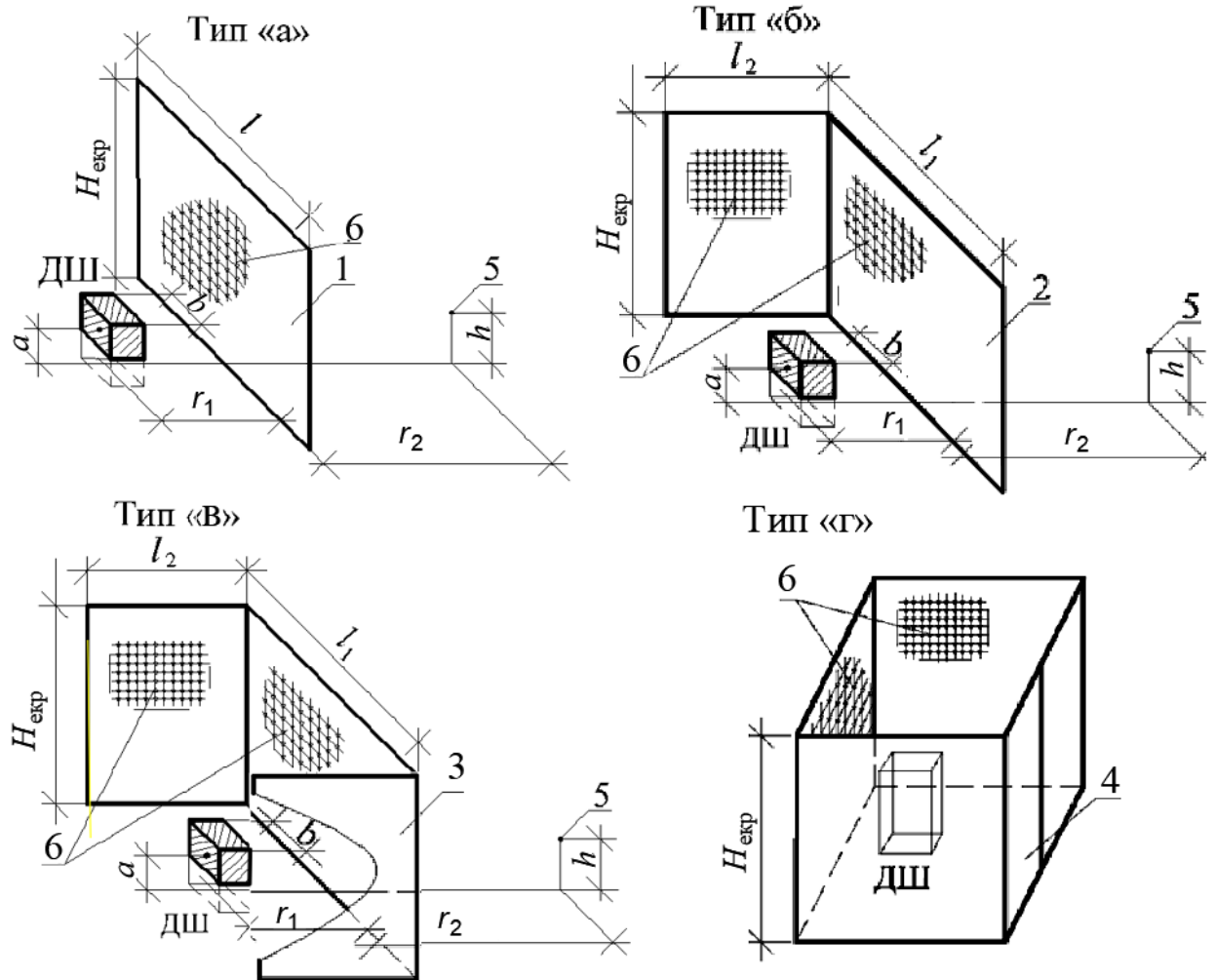
Акустичні екрани застосовують для зниження рівнів звукового тиску на робочих місцях і зонах постійного перебування персоналу, розташованих в зоні дії прямого звуку джерела і в проміжній зоні, де звукове поле визначається переважно енергією прямого звуку.

Екрани треба застосовувати тільки у поєднанні із облицюванням огорожувальних поверхонь приміщення звукопоглинальними конструкціями (в першу чергу стелі). В приміщеннях без звукопоглинального облицювання зниження шуму екранами незначне і зазвичай не перевищує 2-3 дБ. В приміщеннях із звукопоглинальним облицюванням огорожень ефективність застосовуваних екранів зростає і може досягати значень 8 дБ і більше.

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.



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

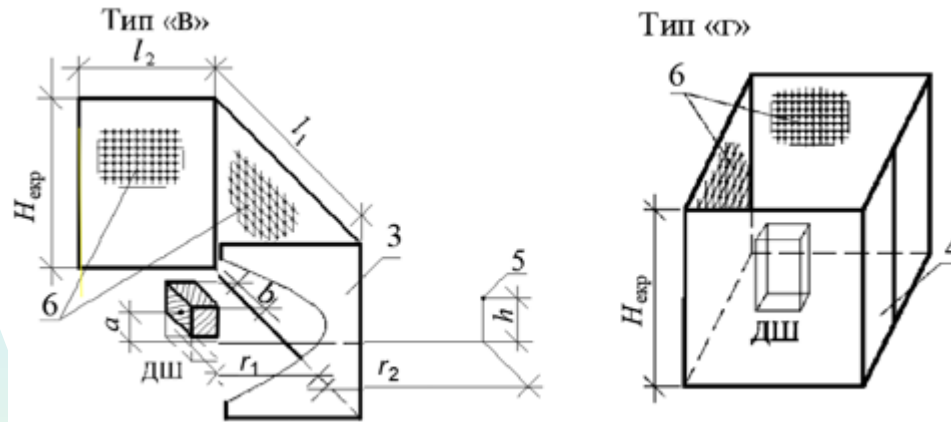


1 – плоский екран; 2 – Г-подібна вигорodka; 3 – П-подібна вигорodka; 4 – О-подібна вигорodka; 5 – розрахункова точка; 6 – звукопоглинальне облицювання екрана; ДШ – джерело шуму; $H_{\text{екр}}$ – висота екрана;

a і h – відповідно висота геометричного центра джерела шуму і розрахункової точки над рівнем підлоги;

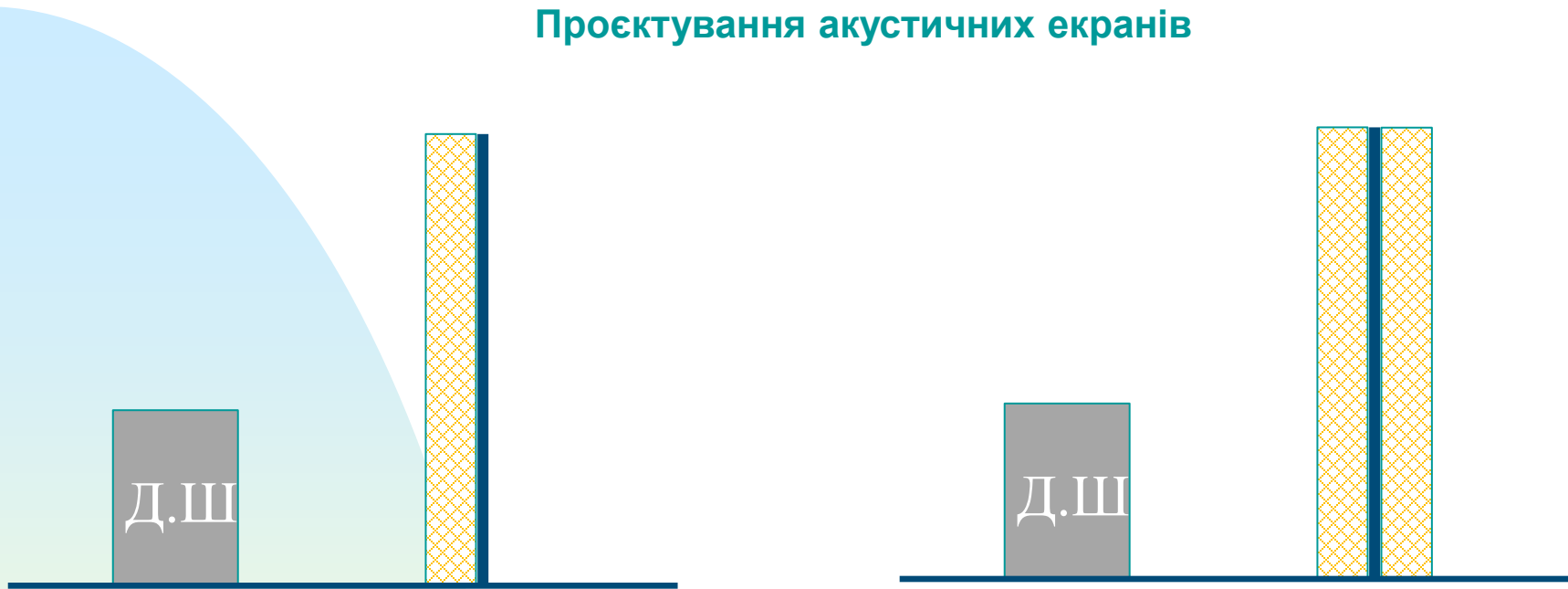
l , l_1 , l_2 – розміри екрана в плані

Проектування акустичних екранів



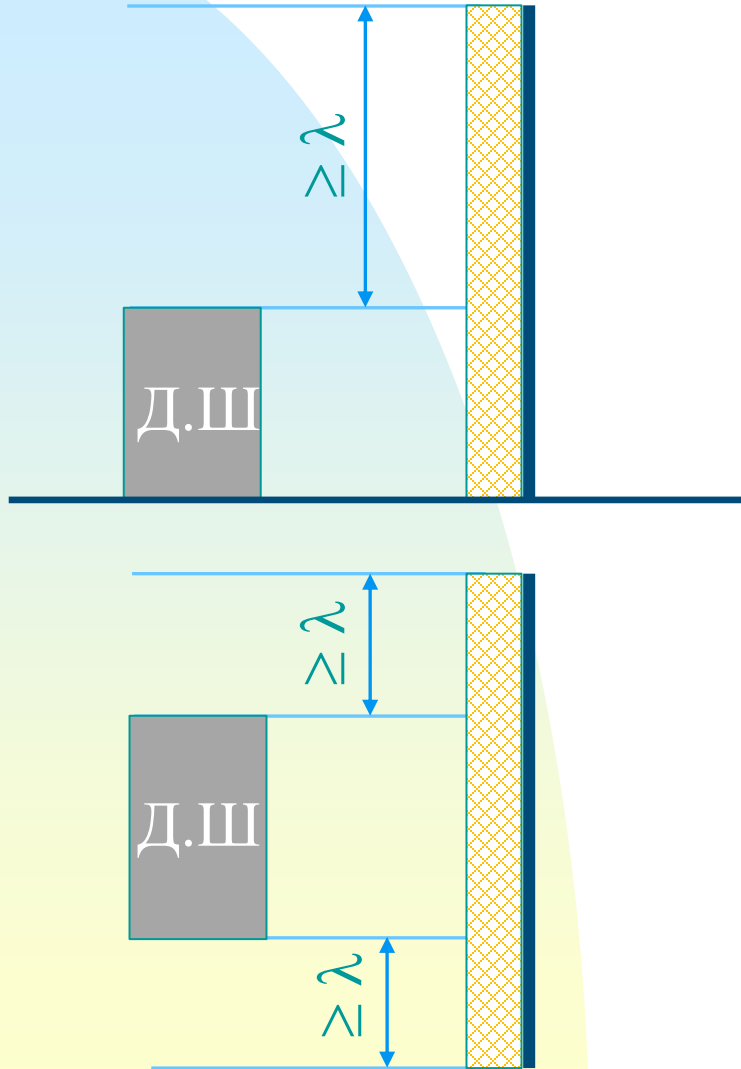
Вигородки П- і О-подібної форми є значно більш ефективними у порівнянні з плоскими екранами, тому їх слід застосовувати для екранування потужних джерел шуму, рівні звукової потужності яких на 15 дБ і більше вищі ніж у інших джерел в даному приміщенні, а також при необхідності зниження рівня шуму на частині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

Проектування акустичних екранів



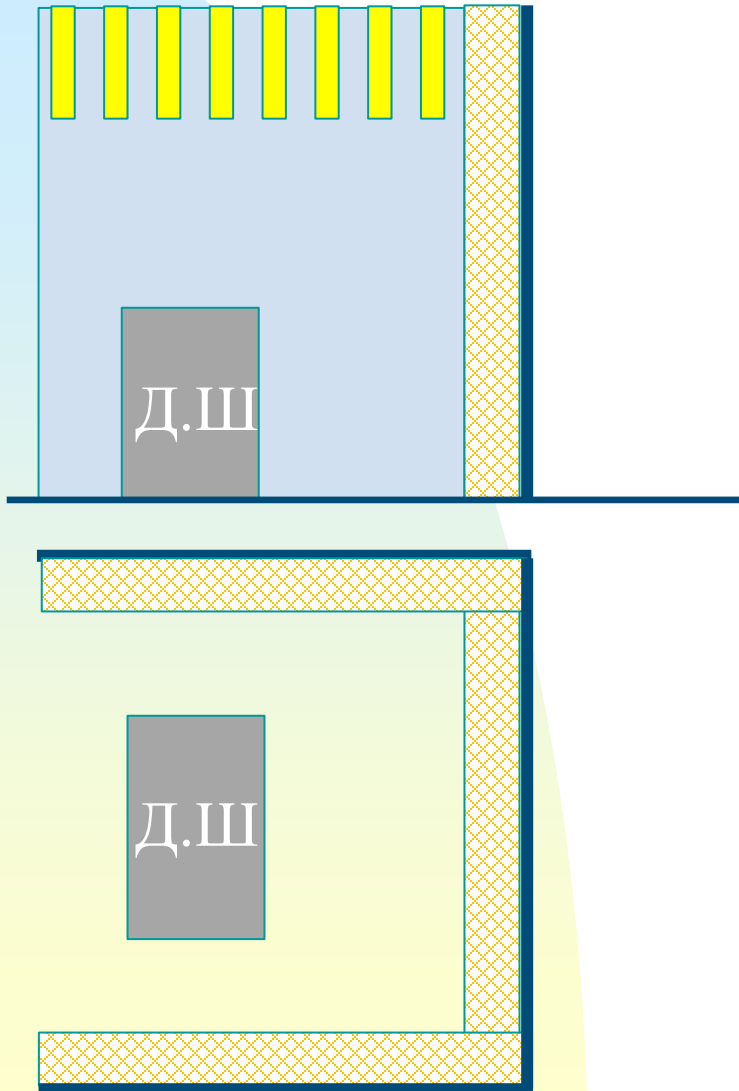
Екрани треба встановлювати в першу чергу біля устаткування, яке створює найбільший внесок прямого звуку в сумарний рівень звукового тиску в даній розрахунковій точці приміщення. Поверхня акустичного екрана з боку джерела шуму обов'язково повинна бути облицьована ефективною звукопоглинальною конструкцією з товщиною звукопоглинального шару не менше ніж 50 мм. Для підвищення ефективності установки екрана доцільно облицьовувати його з обох боків.

Проектування акустичних екранів



Лінійні розміри плоского екрана повинні вибиратись такими, щоб межі проєкції 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.

Проектування акустичних екранів



Для збільшення ефективності екранування шуму в приміщенні при застосуванні П- і О-подібних вигоронок доцільно, окрім звукопоглинального облицювання їх поверхонь, підвішувати над обгородженим шумним джерелом об'ємні звукопоглиначі на рівні верхнього краю вигордки. Найбільш доцільним для цього є застосування звукопоглиначів кулісного типу, підвішених паралельними рядами з таким кроком, щоб висота куліс перевищувала ширину проміжків між рядами від 2-х до 5-ти разів. Така локальна ділянка підвісної звукопоглинальної стелі діє як пластинчатий глушник шуму

Розрахунок ефективності акустичних екранів

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

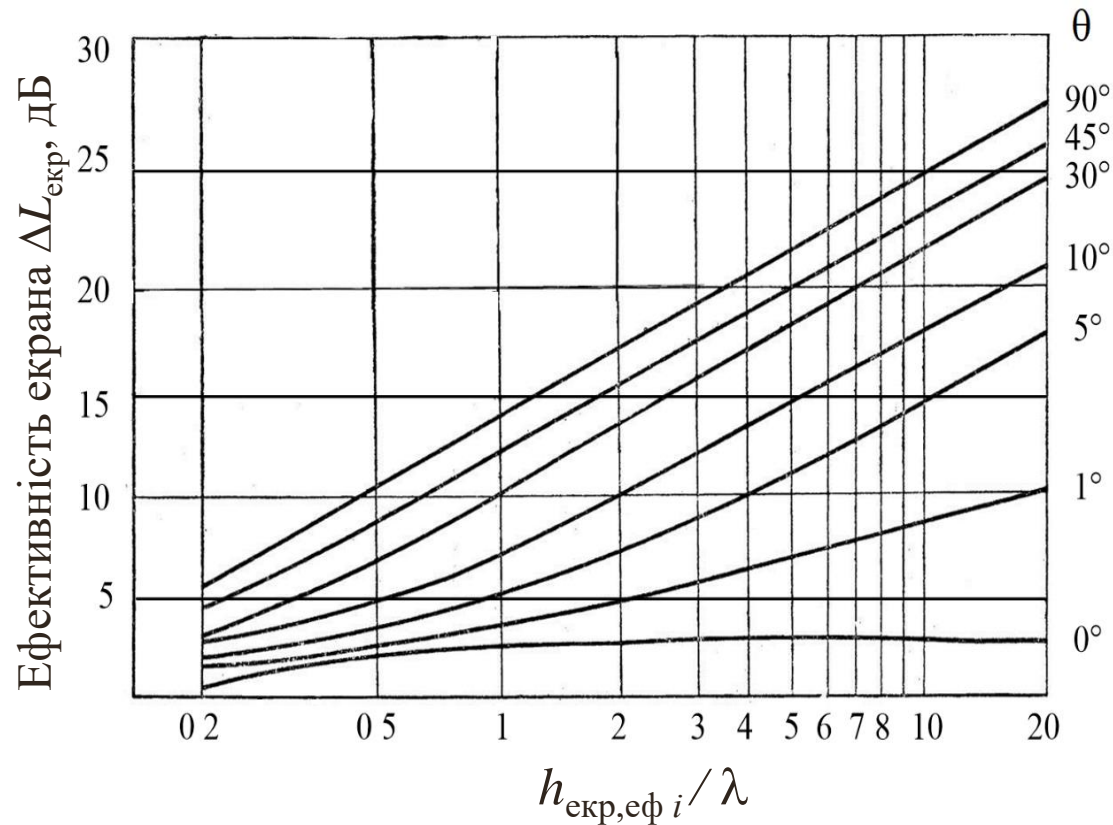
При відсутності необхідних вихідних даних для розрахунку в октавній смузі з середньгеометричною частотою 31,5 Гц допускається, на період створення необхідної бази даних для даної октавної смуги, розрахунок виконувати в октавних смугах з середньгеометричними частотами від 63 Гц до 8000 Гц.

Розрахунок слід проводити за ДСТУ-Н Б В. 1.1-32:2013 «Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування»

Розрахунок ефективності акустичних екранів

При орієнтовних розрахунках ефективність плоских екранів $\Delta L_{\text{екр}}$, дБ, допускається визначати за графіком, наведеним на рисунку.

$h_{\text{екр,еф } i}$ – ефективна висота екрана при поширенні звуку через i -ту кромку екрана, м; λ – довжина звукової хвилі на середньогеометричній частоті даної октавної смуги, м, θ_i – величини відповідного кута дифракції (кута акустичної тіні) в градусах.



Графік для визначення ефективності $\Delta L_{\text{екр}}$ плоских екранів

Розрахунок ефективності акустичних екранів

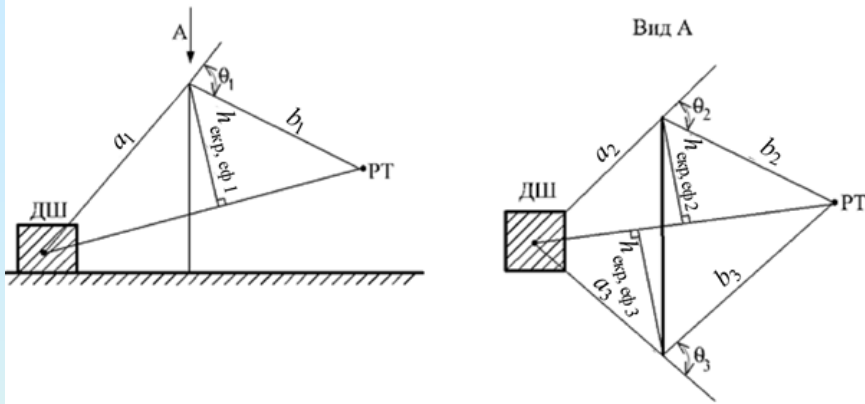


Рис. 41 – Розрахункова схема для визначення величин $h_{\text{екр, еф } i}$ плоского екрана згідно з графіком на рис. 40 при невеликому за розмірами джерелі шуму

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

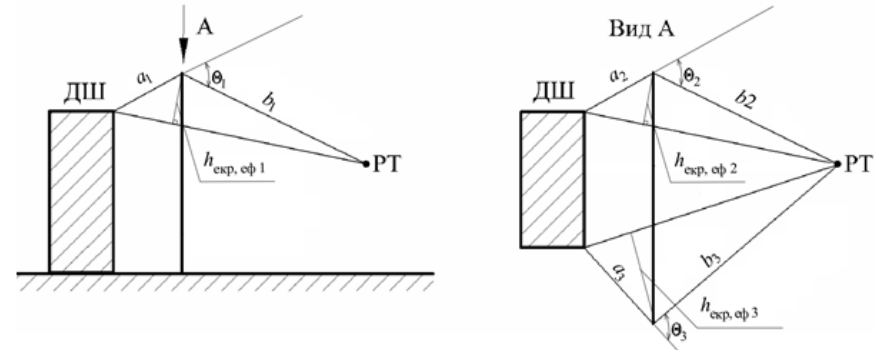


Рис. 42 – Розрахункова схема для визначення величин $h_{\text{екр, еф } i}$ плоского екрана згідно з графіком на рис. 40 при значному за розмірами джерелі шуму

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

За даними схемами визначають параметри $h_{\text{екр, еф } i}$ і θ для кожного із трьох шляхів поширення звуку від джерела до розрахункової точки. Потім за графіком 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:

$$\Delta L_{\text{екр}} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^3 10^{-0,1 \Delta L_{\text{екр } i}} \right). \quad (37)$$

Приклад розрахунку ефективності акустичного екрану

Для захисту робочої зони конструкторського бюро від шуму працюючого устаткування передбачається встановлення плоского акустичного екрану. Треба визначити ефективність екрану. Вихідні умови наведені на рисунку та у таблиці.

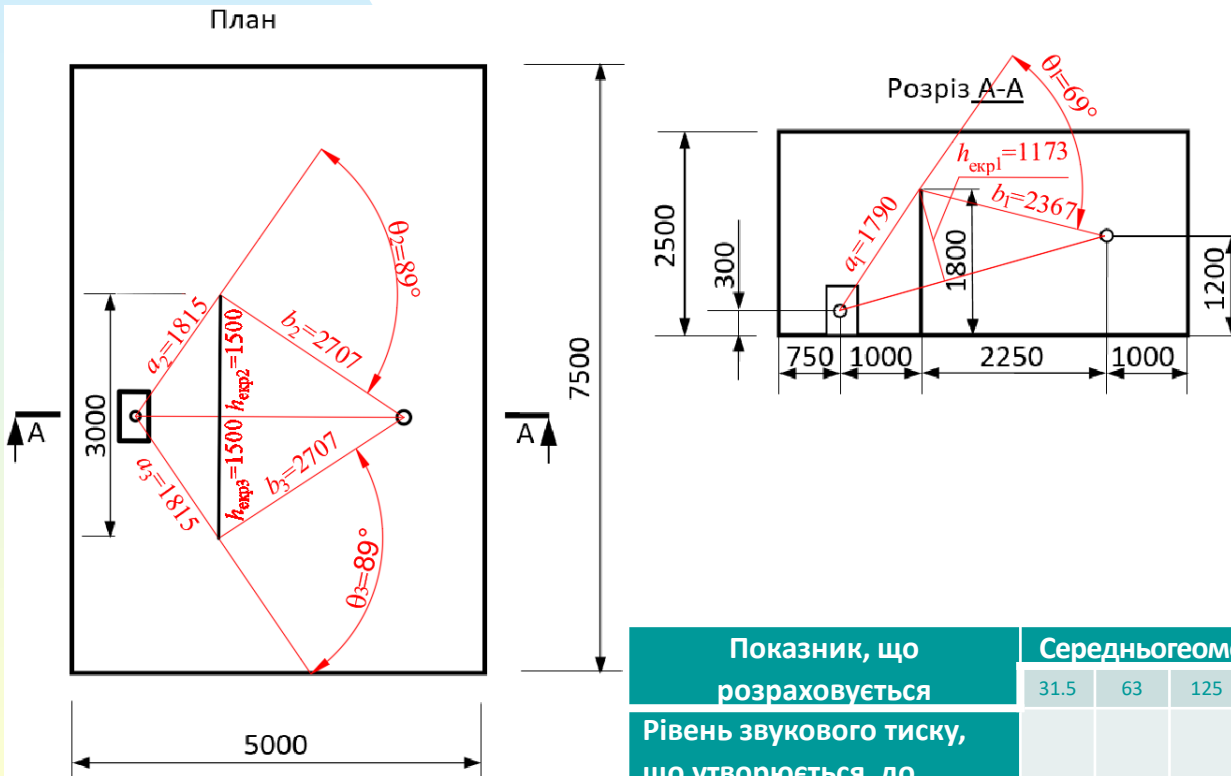


Рис. 43

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рівень звукового тиску, що утворюється до улаштування екрану L_0 , дБ	71	74	78	81	75	72	69	67	63	Виміряно
Допустимий рівень звукового тиску $L_{\text{доп}}$, дБ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	

Приклад розрахунку ефективності акустичного екрану

Показник, що розраховується	Середньгеометрична частота октавної смуги f , Гц									Звідки визначено
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Швидкість звуку у повітрі при температурі 20°C	343									$c = 20\sqrt{T}$ $T = 20 + 273.15$
Довжина звукової хвилі у повітрі при температурі 20°C, λ , м	10.9	5.44	2.74	1.37	0.686	0.343	0.172	0.086	0.043	$\lambda = c/f$
$h_{\text{екр,еф } 1}$, м	1,5									Рис. 43
θ_1 , градус	89									Рис.43
$h_{\text{екр,еф } 1}/\lambda$	0.108	0.215	0.427	0.855	1.71	3.42	6.84	13.7	27.4	$h_{\text{екр,еф } 1}/\lambda$
$\Delta L_{\text{екр}1}$, дБ	–	5	8	13	16	18	23	26	–	Рис. 40
$h_{\text{екр,еф } 1}$, м	1,173									Рис. 43
θ_2 , градус	69									Рис.43
$h_{\text{екр,еф } 2}/\lambda$	0.114	0.276	0.547	1.09	2.19	4.37	8.75	17.5	35.0	$h_{\text{екр,еф } 2}/\lambda$
$\Delta L_{\text{екр}2}$, дБ	–	8	12	14	18	21	24	27	–	Рис. 40
$h_{\text{екр,еф } 3}$, м	1,173									Рис. 43
θ_3 , градус	69									Рис.43
$h_{\text{екр,еф } 3}/\lambda$	0.114	0.276	0.547	1.09	2.19	4.37	8.75	17.5	35.0	$h_{\text{екр,еф } 3}/\lambda$
$\Delta L_{\text{екр}3}$, дБ	–	8	12	14	18	21	24	27	–	Рис. 40
Результуюча ефективність екрану $\Delta L_{\text{екр}}$, дБ	–	1.9	5.5	8.9	12.5	14.9	18.9	21.9	–	Формула (37)
Рівень звукового тиску, що утворюється після улаштування екрану L , дБ	<71	72	73	72	63	57	50	45	<63	$L = L_0 - \Delta L_{\text{екр}}$

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

Дякую за увагу!