



УДК 534.286;534.322.3.699.84

© В.В. Федоров, канд. техн. наук, доцент (НТУ)

ПІРАМІДАЛЬНІ ЕКРАНИ – ЧЕМПІОНИ ШУМОПОГЛИНАННЯ

Анотація. Розглянуто засіб для захисту людей від шуму транспортних потоків – пірамідальні екрани – шумозахисні споруди, основною характеристикою яких є надвеликий шумопоглинаючий ефект. Доведено, що ефективність шумозахисних споруд значною мірою залежить від їх здатності поглинати звукову енергію, а не лише від лінійних розмірів.

Ключові слова: шум; транспортні потоки; автомобіль; джерело шуму; акустична ефективність.

Анотация. Рассмотрено способ защиты людей от шума транспортных потоков – пирамидальные экраны – шумозащитные сооружения, существенным отличием которых есть особенно большой шумопоглощающий эффект. Доказано, что эффективность шумозащитных сооружений в значительной мере зависит от их способности поглощать звуковую энергию, а не только от линейных размеров.

Ключевые слова: шум; транспортные потоки; автомобиль; источник шума; акустическая эффективность.

Annotation. In the article tools to protect people from traffic noise are represented: pyramidal screens, noise-protective buildings. Noise reduction ability is a distinctive feature of the tools. It is proved that effectiveness of the last depends not only on their straight-line size but also on their ability to absorb noise energy.

Key words: noise; traffic flow; automobile; noise source; acoustical efficiency.

Вступ

У “заможних” країнах проблема боротьби з акустичним шумом, зокрема транспортним, давно вважається актуальною і тому на її вирішення витрачаються великі кошти. По шуму автомобілі повинні відповідати певним нормам, так званим “Євро-2”, “Євро-3” тощо. І навіть коли автомобілі відповідають найвищим вимогам щодо шуму, це ще не гарантія, що їх потік буде задовольняти людей, які живуть чи просто перебувають біля автомобільних трас. Із залізничними потягами справа ще складніша. Тому для вирішення проблеми боротьби з шумом саме транспортних потоків (а не окремо взятого автомобіля) та залізничних потягів розробляються шумозахисні споруди, які досить часто ще називаються акустичними екранами. Явище захисту від шуму за допомогою споруд досить відоме, тому дамо йому лише коротке пояснення. На **рис. 1** показано як екран захищає людину від шуму. Очевидно, чим вищий екран, тим він ефективніший. Не вдаючись у низку тонкощів згаданого вище процесу, вважаємо за необхідне наголосити, що ефективність екрану залежить значною мірою й від його шумопоглинаючих властивостей. Якщо шумозахисна споруда сильно відбиває шум, то останній “віддзеркалюється” від джерела шуму (автомобіля), перекидається через захисну споруду (**рис. 2**). При цьому ефективність захисної споруди практично дорівнює нулю.

Саме так “віддзеркалюють” шум залізобетонні шумозахисні споруди, оскільки коефіцієнт звукопоглинання (співвідношення поглинутої спорудою енергії до енергії, що впала на неї) у них вкрай малий – у широкому діапазоні частот близько 0,04 (тобто 96 % звукової енергії відбивається).

Із вказаного вище зрозуміло, що є необхідність у створенні звукового екрана з високими шумопоглинаючими властивостями. При цьому до такого екрана висувається низка додаткових вимог:

- незалежність шумопоглинаючих властивостей від впливу довкілля;
- достатні звукоізоляційні властивості (бл. 20 дБ А);
- висока антивандальна стійкість;
- допустима ширина.

Всім цим вимогам відповідає розроблений шумозахисний екран, який завдяки своїм конструктивним особливостям отримав назву “пірамідальний”. Розглянемо його конструкцію та принцип дії.

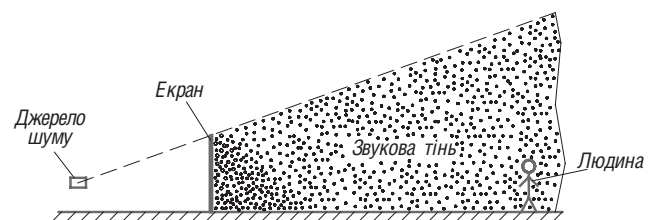


Рис. 1. Захист від шуму за допомогою екрану



УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

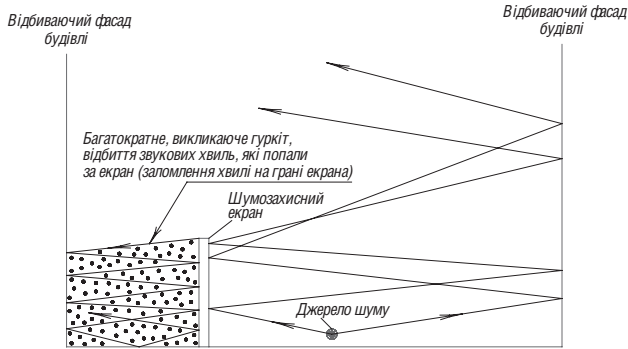


Рис. 2. Процес утворення звукових хвиль за екраном у випадку низьких звукопоглинаючих властивостей останнього

Основна частина

В акустиці відомий ефект акустичного клину [1]. Суть цього ефекту полягає в тому, що звукопоглинаюча поверхня зустрічає звукові хвилі не під прямим кутом, а значно меншим (рис. 3-а). У результаті цього хвилі, що впали на поверхню, частково поглинаються відразу, а потім починають ковзати по ній, продовжуючи поглинатися поверхнею клина (звукова хвиля 1 переходить у більш слабку хвилю 2, рис. 3-а). При цьому лише порівняно невелика частка звукової енергії відбивається. При нормальному (перпендикулярному) падінні звукових хвиль на поверхню, вони поглинаються лише раз і відбиваються без ковзання (рис. 3-б).

У конструкції пірамідального екрану [2] застосовується ефект акустичного клина. Звукові хвилі низьких та середніх частот (показані стрілками, рис. 4) падають на пірамідальну поверхню екрана, поглинаються та “заманюються” всередину. Поверхня екрана як зовнішня 1, так і внутрішня 2, покрита листовим склом 3 і 4 (основою екрана є сталеві листи 2). Навпроти входу всередину екрана розміщений шар битого скла 5, метою якого є розсіяння звукових хвиль для підвищення звукопоглинаючого ефекту всередині екрана. Звукові

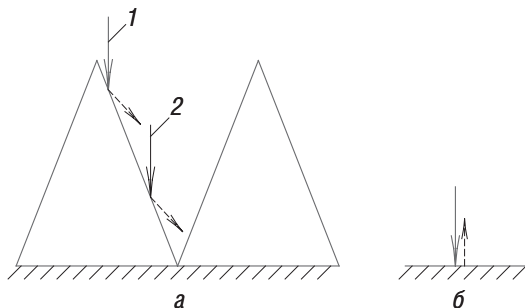


Рис. 3. Процес поглинання звукових хвиль при падінні на акустичний клин та при нормальному падінні на поверхню:

1 – звукова хвиля; 2 – звукова хвиля 1, що ослаблена частковим попереднім поглинанням

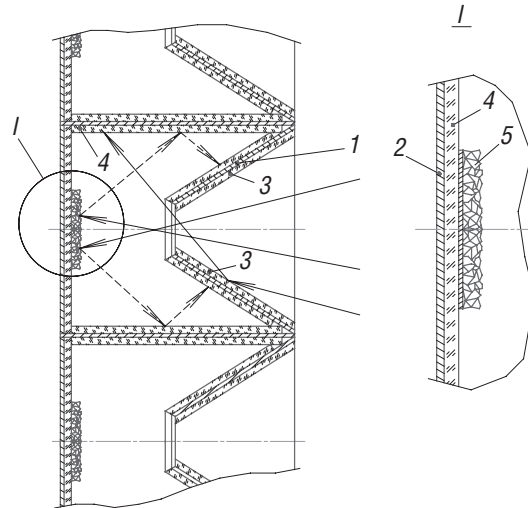


Рис. 4. Схема пірамідального екрана, поперечний переріз:

1, 2 – зовнішня та внутрішня стінки екрана відповідно; 3, 4 – листове скло; 5 –бите скло

Таблиця 1

Коефіцієнт звукопоглинання поглиначів

Поглинач	КЗП залежно від частоти, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Скло ординарне	0,30	0,42	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52
Бетонна поверхня	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03	0,07

хвилі високої частоти (далі – ВЧ) розповсюджуються аналогічно лазерному променю. Тому частина хвиль ВЧ попаде всередину екрана, а решта двічі-тричі відбившись, вийде з екрана. При цьому ВЧ складова звукових хвиль втратить 70 – 90 % своєї енергії, що також є достатнім.

Звукопоглинання відбувається завдяки таким процесам:

- поглинання поверхнею пірамідального клина з високим коефіцієнтом звукопоглинання;
- “заманювання” клином звукових хвиль всередину екрана;
- розсіювання хвиль навпроти виходу з піраміди (завдяки шару битого скла);
- високоефективне поглинання внутрішніми поверхнями екрана (завдяки покриттю склом);
- поглинання у певному діапазоні частот завдяки ефекту резонатора Гельмгольца.

Звукопоглинання скла. Згідно з [3], скло має коефіцієнти звукопоглинання (далі – КЗП) залежно від частоти, Гц, представлені в табл. 1. Більш того, для порівняння в табл. 1 представлені КЗП такого широко вживаного (при створенні шумозахисних споруд) матеріалу як бетон. Очевидно, що за КЗП бетон принципово поступається склу.

Більш того, вказана вище характеристика скла є стабільна, незалежна з плином часу від негативного впливу доквілля (дощів, пилу, низьких та високих температур, сонячної радіації тощо).



Скло, вкрите шаром пилу, не втрачає шумопоглинаючі властивості, чого не можна сказати про звукопоглиначі типу скловкна.

Стосовно резонансного поглинання (резонатор Гельмгольца) дамо детальніше пояснення. Класичний резонатор Гельмгольца має вигляд, наведений на **рис. 5**. Він складається з горловини 1, яка має довжину l і діаметр d , та порожнини об'ємом v . Його частотна характеристика (показує ефективність поглинання звуку залежно від частоти) має вигляд, наведений на **рис. 6**. Частота резонанса f_p знаходиться за формулою [4]:

$$f_p = \frac{cd}{4} \sqrt{\frac{1}{\pi V(l + 0,8d)}} \quad (1)$$

де c – швидкість звуку в середовищі;
 l – довжина горловини резонатора;
 d – діаметр горловини резонатора;
 v – об'єм порожнини.

Поглинання звуку відбувається таким чином. Звукова хвиля, що падає в горловину резонатора, змушує коливатися повітря горловини як єдине ціле. При цьому повітря, що перебуває в порожнині, зазнає деформації: стискується і розтягується як пружина. Відбувається тертя повітря горловини об стінки останньої. В результаті енергія звукової хвилі, що перейшла в енергію коливання повітря в горловині, перейшла в теплову енергію самої горловини.

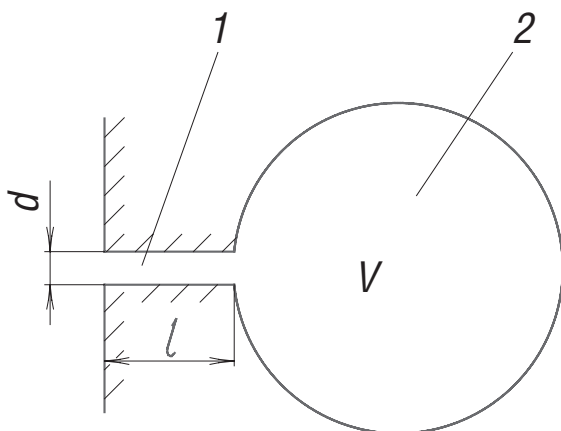


Рис. 5. Резонатор Гельмгольца:
 1 – горловина; 2 – порожнина

В пірамідальному екрані також є горловина і порожнина, з тією лише відмінністю, що горловина має змінний переріз (клин). Тому частотна характеристика буде “розмитіша” порівняно з частотною характеристикою класичного резонатора Гельмгольца (**рис. 6**). Однак, не дивлячись на це, все одно можна впевнено стверджувати, що у пірамідальному екрані є і резонансний поглинач.

Як варіант пірамідальний екран може бути таким, як наведено на **рис. 7**. Тобто, між пірамідальними клинами відсутні перегородки. Це спрощує

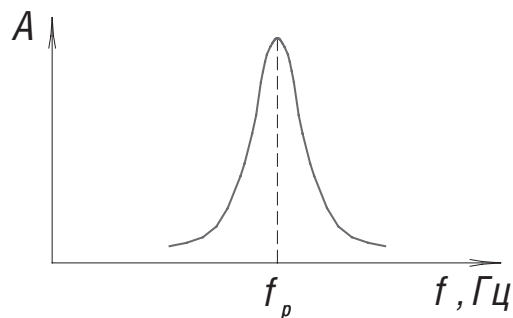


Рис. 6. Частотна характеристика резонатора Гельмгольца

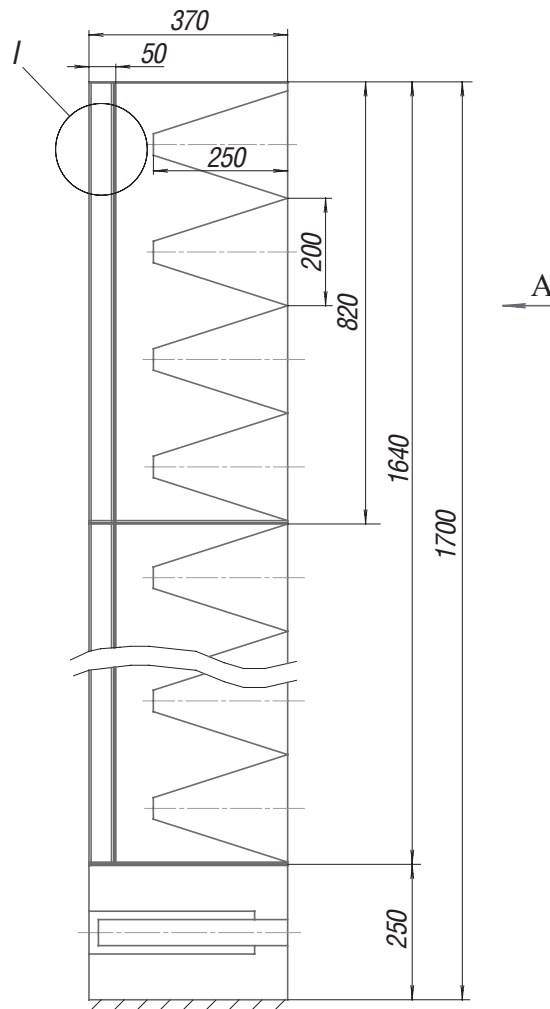


Рис. 7. Пірамідальний екран

конструкцію та змінює частотну характеристику резонансного поглинача, оскільки збільшується об'єм порожнини, а також збільшується кількість горловин на одну порожнину (на **рис. 7** чотири горловини).

На стороні екрана, що протилежна тій, на якій розміщені клини (**рис. 7**), можна, як варіант, розмістити перфорований резонатор [4], вигляд якого показано на **рис. 9**. Також на **рис. 7** і **8** внизу показано резонатор Гельмгольца, основна функція якого полягає у поглинанні звукових хвиль низьких частот.

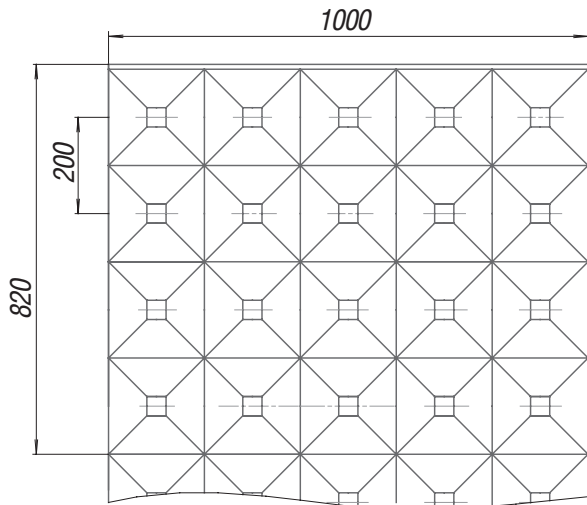


Рис. 8. Пірамідальний екран, вид А на рис. 7

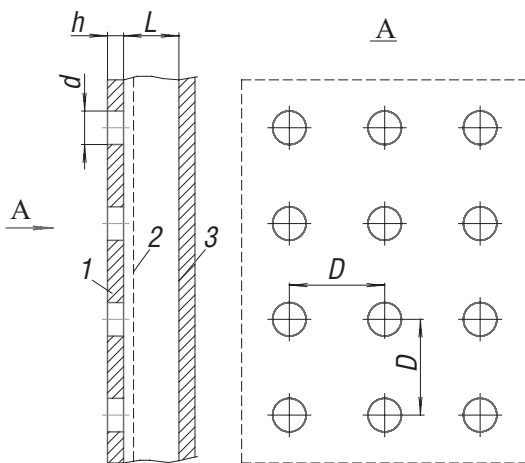


Рис. 9. Резонансний звукопоглинач з перфорованим екраном (виноска І на рис. 7):

1 – перфорований екран; 2 – тканина; 3 – жорстка поверхня; d – діаметр отвору; D – крок отворів; h – товщина екрана; L – відстань від жорсткої стінки до екрана

Звукопоглинаючі властивості перфорованого екрана значно нижчі, ніж пірамідального, але вони все ж таки є прийнятними.

Вважаємо, що КЗП пірамідального екрана в широкому діапазоні частот становить $\alpha = 0,8 \div 0,95$, що робить його, без сумніву, лідером серед шумозахисних споруд з величезним відривом. При цьому за ціною він (за попередніми оцінками) повинен бути значно дешевшим порівняно зі своїми закордонними аналогами.

Звукоізоляційні властивості пірамідального екрана є досить прийнятними. Вони визначаються передусім звукоізоляційними властивостями стінки, що йде за пірамідними клинами (рис. 7). При правильному виконанні вона повинна забезпечувати звукоізоляцію близько 15 – 20 дБ, що є абсолютно достатнім.

Важливо зазначити, що при таких високих звукопоглинаючих властивостях пірамідальні екрани мають дуже малу товщину. Товщина у 370 мм (рис. 7) є досить прийнятною, навіть на досить завантажених вулицях і проспектах.

Висновки

Отже, пірамідальний екран має не лише високі звукопоглинаючі властивості, а й відповідає усім додатковим вимогам, що були висунуті вище до шумозахисних екранів. А тому може гідно конкурувати з існуючими нині шумозахисними спорудами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Контроль шума в промисленості. Предупреждение, снижение и контроль промышленного шума в Англии. Под ред. Дж. Д. Вебба. Пер. с англ. под ред. канд. техн. наук Боголепова И.И. – Л.: Судостроение, 1981. – 312 с.
2. Федоров В.В. Резонансний звукопоглинач. Патент на винахід № 89420, бюлетень “Промислова власність”. – № 2, 25.01.2010 р.
3. Иофе В.К. и др. Справочник по акустике / В.К. Иофе, В.Г. Корольков, М.А. Сапожков / Под ред. М.А. Сапожникова. – М.: Связь, 1979. – 312 с.
4. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилев Н.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении // “Машиностроение”. – М.: 1970. – 208 с.

ЄВРОСОЮЗ ВВОДИТЬ НОВІ ПРАВИЛА З БЕЗПЕКИ

З 1 січня 2011 р. Євросоюз вводить нові правила з безпеки, що безпосередньо вплинуть на порядок виконання міжнародних перевезень територією країн його учасників.

Нові правила передбачають направлення загальних електронних декларацій до митних органів країн-учасників Євросоюзу при ввезенні/вивезенні товарів на їх територію.

При автомобільних вантажних перевезеннях така декларація повинна бути подана щонайменше за 1 годину до фактичного прибуття на територію ЄС. Подати ці дані можна тільки в електронному вигляді, використовуючи Систему контролю імпорту або Систему контролю транзиту (NCTS). Відповідальність за її представлення покладено на перевізників. Однак перевізник має право уклад-

ти договір з будь-якою особою (представник, брокерська структура, відправник або одержувач товару), яка має доступ до системи електронного декларування відповідної країни члена ЄС.

Наголосимо, якщо електронна декларація МДП подається із використанням програми MCAT TIR EPD, тож подавати загальну електронну декларацію про ввезення/вивезення товарів не потрібно.

Електронні повідомлення, що містять недійсні номери EORI не приймаються.

Варто враховувати надану інформацію при плануванні перевезень країнами Євросоюзу в 2011 р.

За матеріалами www.mintrans.gov.ua