

Abstract

Nowadays, the separation processes of solid and liquid phases are widely used in all industries. They differ by significant material and power losses. The application of the solid phase of materials with capillary properties in dehydration allows you to design simple, effective and low-cost equipment. Based on the new approach to the filtering process using materials with capillary properties, we developed its mathematical model and calculated the necessary mathematical dependences.

Since the accumulation of solid particles at the opening of capillaries is accompanied by intense decrease of filtering speed, the process model is based on conditions that prevent such accumulation. Based on the balance of forces effecting the solid particles in the form of a ball in a moving medium of fluid, we calculated the dependence of the liquid phase speed from the other process parameters. The dependence describes the conditions under which solid particles will hang in the fluid medium without falling on the working surface of the capillary filter. On the other hand, the speed of the liquid phase in the working volume of the filter is determined by the difference of liquid levels at its bottoms. The comparison of both dependencies for the speed of fluid allows us to connect the permissible speed of the liquid phase with external parameters that cause it. The results of the research could be used in various industries and community facilities, where there is a need to separate the solid and liquid phases. The dependences suggested allow you to calculate important parameters of filters with capillary material and to determine the parameters of their use to ensure continued efficient operation.

Keywords: dehydration, capillary, mathematical model, solid particles, phase separation

В даній статті розглянуто питання точного розв'язку двомірної задачі методом часткових областей про знаходження акустичного поля навколо шумозахисного екрану, що стоїть на акустично жорсткій поверхні, при цьому джерелом звуку є нескінченний за довжиною циліндр малих хвильових розмірів, який працює на нульовій моді

Ключові слова: шумозахисний екран, циліндричне джерело звуку, рівень звукового тиску, ефективність

В данной статье рассмотрен вопрос точного решения двухмерной задачи методом частичных областей об определении акустического поля вокруг шумозащитного экрана, что стоит на акустически жесткой поверхности, при этом источником звука является бесконечный по длине цилиндр малых волновых размеров, работающий на нулевой моде

Ключевые слова: шумозащитный экран, цилиндрический источник звука, уровень звукового давления, эффективность

УДК 534.2

ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ШУМОЗАХИСНИМИ ЕКРАНАМИ

В. П. Заєць

Асистент

Кафедра акустики та акустoeлектроніки
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут»
 пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
 Контактний тел.: 066-149-41-25

1. Вступ

Останнім часом в Україні все більше звертається увага на екологічну ситуацію навколишнього середовища. Одним з основних забруднюючих факторів є велика зашумленість міст та територій. Основними джерелами шуму, що негативно впливають на екологічну ситуацію, є транспортні потоки.

Добре відомі засоби зниження шуму транспортних потоків. В першу чергу це розташування зони з нормованими рівнями шуму якнайдалі від джерел шуму. З огляду на те, що транспортний потік можна вважати лінійним джерелом шуму, то при збільшенні відстані від джерела шуму в два рази рівень звукового тиску зменшується на 3 дБ. Іншим засобом зменшення шуму є створення зон зелених насаджень навколо тран-

спортних магістралей. Так, емпірично встановлено, що кожні 10 м ширини суцільної багатошарової зони зелених насаджень додатково знижують рівень шуму на 1-2 дБА [1].

Однак найбільш ефективним з точки зору акустичних та економічних показників є створення шумозахисних екранів – спеціальних суцільних стінок, що дозволяють знизити рівні звукового тиску від транспортного потоку, в деяких випадках, до 20 дБА [2].

В даній статі розглянуто аналітичний спосіб визначення зменшення рівнів звукового тиску при застосуванні шумозахисних екранів, а також детально розглянуто вплив конструктивних параметрів екранів на їх ефективність.

2. Постановка задачі

Необхідно знайти акустичне поле, що створюється джерелом звуку у вигляді нескінченно довгого циліндру радіус, якого значно менший за довжину хвилі. Дане джерело звуку працює на нульовій моді коливань (є пульсуючим) і знаходиться на відстані g над акустично твердою площиною з похилим (під кутом α до горизонталі) акустично твердим екраном висотою h , що розташовано на відстані b від джерела звуку. За екраном розташована акустично тверда площина з довільним нахилом (кут β) (рис.1).

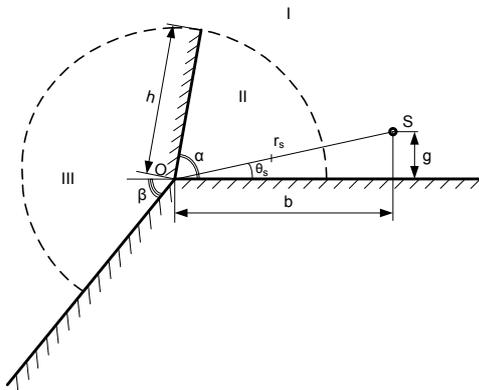


Рис. 1. Геометрія задачі про звуковідбивний екран

3. Аналітичний розв’язок задачі

Для розв’язку задачі використаємо відомий метод часткових областей [3, 4]. Відповідно до цього методу вся область існування звукового поля розбивається на 3 частини.

Область I:

Область I має вигляд області ззовні круга радіусом h , з такими граничними умовами:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = 0 \text{ при } \begin{cases} \theta = 0, r \geq h \\ \theta = \pi + \beta, r \geq h \end{cases} \quad (1)$$

Як відомо [5] рівняння Гельмгольца в полярній системі координат на площині має частинні розв’язки виду:

$$\varphi_b(r, \theta) = [A_b H_b^{(1)}(kr) + B_b H_b^{(2)}(kr)] \times [C_b \cos(b\theta) + D_b \sin(b\theta)] \quad (2)$$

або

$$\varphi_b(r, \theta) = [A_b J_b(kr) + B_b N_b(kr)] \times [C_b \cos(b\theta) + D_b \sin(b\theta)] \quad (3)$$

де тут і надалі $H_b^{(1)}, H_b^{(2)}, J_b$ та N_b - позначення циліндричних функцій Бесселя, а саме, функції Ганкеля 1-го і 2-го роду, Бесселя та Неймана відповідно.

Скористаємось частинними розв’язками виду (2).

Враховуючи умову випромінювання на нескінченності Зоммерфельда [6] в рівнянні (2) функцію $H_b^{(2)}(kr)$ відкидаємо, тому що вона відповідає хвилям, що приходять із нескінченності. Скориставшись граничними умовами можемо записати:

$$\varphi_m(r, \theta) = A_m \cdot H_{\frac{\pi m}{\pi + \beta}}^{(1)}(kr) \cdot \cos\left(\frac{\pi m}{\pi + \beta} \theta\right), m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

В результаті потенціал швидкості можна записати у вигляді

$$\Phi_I = \sum_{m=0}^{\infty} A_m \cdot H_{\delta_1 m}^{(1)}(kr) \cos(\delta_1 m \theta), \quad (5)$$

де $\delta_1 = \frac{\pi}{\pi + \beta}$.

Область II:

Область II має вигляд сектора круга радіуса h , з такими граничними умовами:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = 0 \text{ при } \begin{cases} \theta = 0, r < h \\ \theta = \alpha, r < h \end{cases} \quad (6)$$

Скористаємось частинними розв’язками виду (3)

Враховуючи те, що в даній області знаходиться початок координат, то розв’язок з використанням функції Неймана не відповідає фізичності, тому даний розв’язок відкидаємо.

Аналогічно для першої області можемо отримати розв’язок виду:

$$\Phi_{II} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n \cdot J_{\delta_2 n}(kr) \cos(\delta_2 n \theta), \quad (7)$$

де $\delta_2 = \frac{\pi}{\alpha}$.

Область III:

Область III має вигляд сектора радіуса h , з такими граничними умовами:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = 0 \text{ при } \begin{cases} \theta = \alpha, r < h \\ \theta = \pi + \beta, r < h \end{cases} \quad (8)$$

З геометричних і фізичних міркувань зрозуміло, що $\alpha < \pi + \beta$.

Виконавши аналогічні математичні викладки, можна записати

$$\Phi_{III} = \sum_{q=0}^{\infty} C_q \cdot \frac{J_{\delta_3 q}(kr)}{J_{\delta_3 q}(kh)} \cos(\delta_3 q(\theta - \alpha)), \quad (9)$$

де $\delta_3 = \frac{\pi}{\pi + \beta - \alpha}$.

Дифракційне поле від джерела звуку

Для однозначності будемо вважати, що джерело звуку знаходиться в зоні I, тобто $h < r_s$.

Дифракція нескінченного циліндричного джерела звуку малих хвильових розмірів на клині з акустично жорсткими поверхнями та кутом розкриття $\pi + \beta$ описується виразом [7]:

$$\Phi_0 = \frac{\delta_1 i}{2} \begin{cases} \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_m H_{\delta_{1,m}}^{(1)}(kr_S) J_{\delta_{1,m}}(kr) \cos(\delta_1 m \theta_S) \cos(\delta_1 m \theta), & r < r_S \\ \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_m H_{\delta_{1,m}}^{(1)}(kr) J_{\delta_{1,m}}(kr_S) \cos(\delta_1 m \theta_S) \cos(\delta_1 m \theta), & r \geq r_S \end{cases} \quad (10)$$

де тут і надалі

$$\epsilon_n = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 2, & n > 0 \end{cases} \quad (11)$$

Тоді поле в області I можна записати у вигляді

$$\Phi_I = \Phi_0 + \Phi_I \quad (12)$$

або відповідно до виразів (5) і (10) отримаємо:

$$\Phi_I = \sum_{m=0}^{\infty} A_m \cdot H_{\delta_{1,m}}^{(1)}(kr) \cos(\delta_1 m \theta) + \frac{\delta_1 i}{2} \begin{cases} \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_m H_{\delta_{1,m}}^{(1)}(kr_S) J_{\delta_{1,m}}(kr) \cos(\delta_1 m \theta_S) \cos(\delta_1 m \theta), & r \geq r_S \\ \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_m H_{\delta_{1,m}}^{(1)}(kr) J_{\delta_{1,m}}(kr_S) \cos(\delta_1 m \theta_S) \cos(\delta_1 m \theta), & r < r_S \end{cases} \quad (13)$$

Розв'язок:

Запишемо умови спряження полів на границях:

$$\Phi_I = \Phi_{II} + \Phi_{III}, \quad r = h, \quad \theta \in [0, (\pi + \beta)] \quad (14)$$

$$\frac{\partial \Phi_I}{\partial r} = \begin{cases} \frac{\partial \Phi_{II}}{\partial r}, & r = h, \quad \theta \in [0, \alpha] \\ \frac{\partial \Phi_{III}}{\partial r}, & r = h, \quad \theta \in [\alpha, (\pi + \beta)] \end{cases} \quad (15)$$

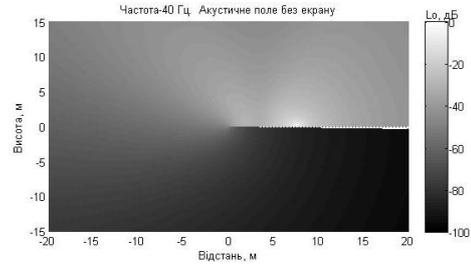
Підставимо значення (6), (9) і (10) в систему рівнянь, (14), (15) отримаємо та провівши стандартну процедуру алгебраїзації функціональних співвідношень, з урахуванням ортогональності відповідних наборів функцій отримаємо нескінченну систему алгебраїчних рівнянь 2-го роду [8]. Розв'язок даної системи виконаємо за допомогою редукції. Як показують чисельні дослідження для достатньої точності розв'язку кількість невідомих повинна складати не менше 240.

3. Аналіз чисельних результатів

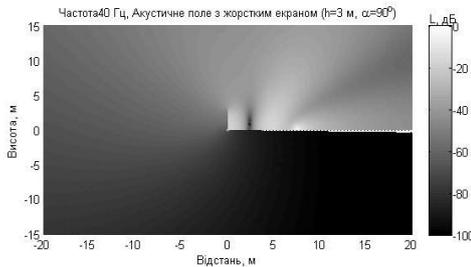
Аналіз отриманих результатів почнемо з аналізу акустичного поля без екрану та з екраном. На рис. 2,а наведено акустичне поле для джерела звуку, що знаходиться на відстані 7,5 м від краю та на висоті 0,3 м від акустично жорсткої площини. Частота звуку становить 40 Гц.

Як видно з рис. 2,а поле над площиною є майже рівномірно спадаючим зі збільшенням відстані від джерела звуку, однак існує область між джерелом звуку та

краєм півплощини де має місце мінімум (MIN рис. 3) звукового тиску, від якого йде збільшення як в бік джерела звуку (що є логічним й природним) так і в бік кінця півплощини, що обумовлюється інтерференцією прямого звуку та звуку «відбитого від кінця півплощини».



а)



б)

Рис. 2. Акустичне поле від лінійного джерела звуку, що знаходиться над акустично жорсткою півплощиною: а) без екрану; б) з акустично жорсткого екраном висотою 3 м

Далі, для точок, що знаходяться нижче півплощини, вона стає екраном і рівень звуку стрімко спадає (див. рис. 3).

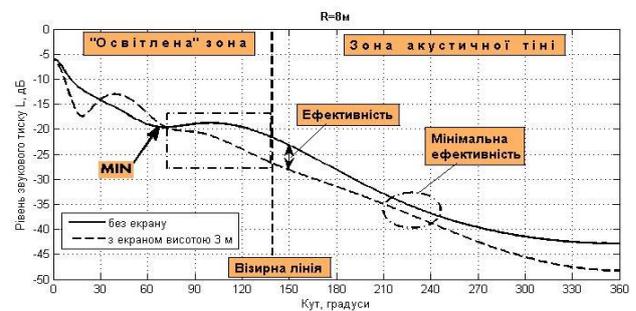


Рис. 3. Рівні звукового тиску від лінійного джерела звуку ($f = 40$ Гц) над акустично жорсткою півплощиною без екрану та з екраном висотою 3 м

При улаштуванні акустично жорсткого екрану спостерігається (рис. 2.б) більш ярко виражена інтерференційна картина – наявність мінімумів та максимумів звукового тиску в області між джерелом звуку та екраном (до 90°). Розташування і кількість максимумів і мінімумів звукового тиску, як буде показано нижче, залежатиме в першу чергу від частоти та відстані між джерелом звуку та екраном.

Всю область навколо системи «екран-півплощина-джерело» звуку можна поділити на «освітлену» та зону акустичної тіні. Лінія, що розділяє ці дві зони називається *візирною лінією*.

Різниця за ординатою між рівнями звуку без екрану та з екраном і є *ефективність* встановлення екрану.

Як видно з рис. 3 ефективність встановлення екрану спостерігається навіть в освітленій зоні (виділено пунктирним прямокутником), при переході в зону акустичної тіні вона ще збільшується досягаючи свого максимуму («Ефективність»). При подальшому збільшенні кута точки спостереження можна виділити область мінімальної ефективності екрану. Саме ефективність є основним параметром яким визначаються акустичні властивості екрану, тому в подальшому вивчаючи акустичні властивості екранів в першу чергу будемо аналізувати зміну його ефективності від зміни того чи іншого параметра.

На рис. 4 – 14 наведені результати математичного розрахунку ефективності звуковідбивальних шумозахисних екранів отриманих в результаті розв'язку задачі для нахилу екрану 75° , 90° та 105° і нахилу відкосу за екраном 0° , 15° , 90° та 180° (модель насипної дороги, естакади та віадук).

Відомо [9], що транспортний шум є низько та середньочастотним шумом з максимальними рівнями звукового тиску в частотній області від 31 Гц до 500 Гц. Тому розрахунки були проведені для частот 40 Гц, 125 Гц та 400 Гц і для екранів висотою 3 м, 5 м та 7 м. Даний набір висот екрану є найбільш вживаний в світовій практиці.

Оберемо відстань від акустичного центру транспортного потоку 7,5 м від екрану та висотою 0,3 м від проїжджої частини, що відповідає 2-ом смугам руху транспорту, які найбільш часто зустрічаються на території України.

4. Вплив висоти екрану на його ефективність

На рис. 4 наведені акустичні поля на частоті 125 Гц для вертикальних екранів різної висоти. Як видно з рисунків зі збільшенням висоти екрану його ефективність в області за екраном зростає.

Проаналізуємо більш детально отриману картину звукового поля. В області між акустично жорстким екраном та джерелом звуку спостерігається періодична зміна рівнів звуку, так звана інтерференційна картина.

В області за джерелом звуку (при ординатах $x > b$, в нашому випадку $b = 7,5$ м) може спостерігатися, як область зі збільшеним тиском, так і зі зменшеним, в залежності від хвильової відстані між джерелом звуку та акустично жорстким екраном.

Що стосується області за екраном, то слід звернути увагу, що поле має складний характер.

Якщо рухатись від візирної лінії проти годинникової стрілки то спочатку спостерігається область максимальної ефективності екрану, яка розташована над рівнем дороги за екраном. Далі для точок, що розташовані нижче рівня дороги і зліва від екрану ефективність екрану зменшується. Даний факт виявлено вперше, що безумовно має важливе значення при створенні інженерного методу розрахунку ефективності шумозахисних екранів. А потім, почи-

наючи від деякого напрямку (показано штриховою лінією), що в першу чергу залежить від частоти та куту нахилу екрану, ефективність екрану знову зростає.

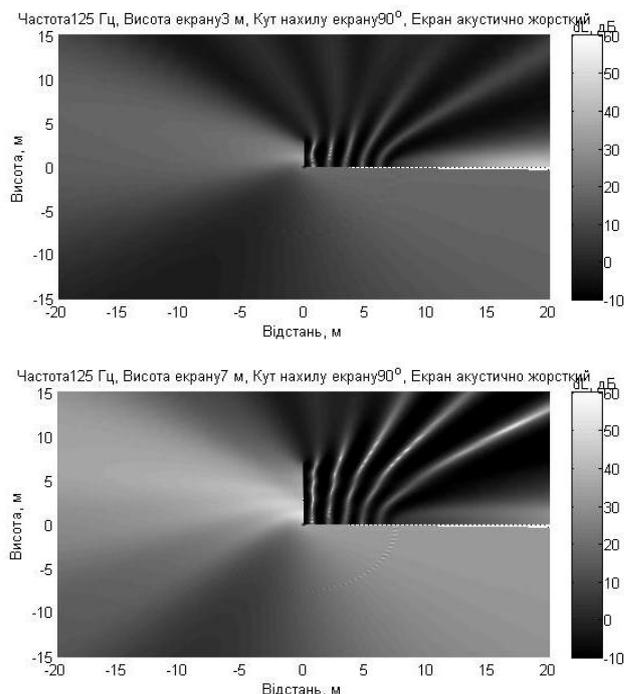


Рис. 4. Ефективності екрану в залежності від висоти ($h = \{3, 7\}$ м, $f = 125$ Гц, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 180^\circ$)

Тож, схематично весь простір навколо джерела звуку та екрану можна розбити на наступні зони (рис. 5):

- I – півпростір, що обмежений візирною лінією, екраном та проїжджою частиною;
- II – півпростір, що обмежений візирною лінією, екраном та лінією, що відповідає максимуму ефективності екрану;
- III – півпростір між напрямками максимуму та мінімуму ефективності екрану;
- IV – півпростір обмежений лінією мінімуму ефективності екрану, та зворотнім боком моста чи поверхнею землі.

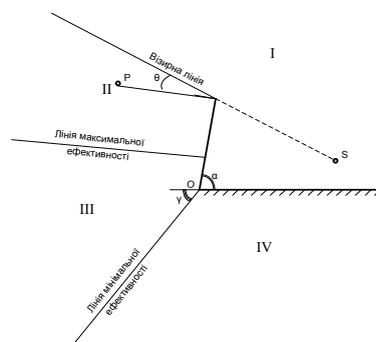


Рис. 5. Простір навколо джерела звуку та екрану: α – кут нахилу екрану; θ – кут акустичної тіні; γ – кут лінії мінімальної ефективності екрану

Як видно з рис. 4б – 4в в зоні I (між початком графіка та точками «Візирна лінія») спостерігається

періодична зміна областей збільшеного та зменшеного звукового тиску, що пояснюється інтерференційними явищами, які обумовлені відбиттям звуку від проїжджої частини дороги та акустично жорсткого шумозахисного екрану.

В зоні II (Візирна лінія – MAX) спостерігається монотонне збільшення ефективності екрану зі збільшенням кута.

Лінія максимальної ефективності екрану знаходиться вище рівня дороги та нахилена під кутом до горизонту. Її точний напрямок та розташування залежить від багатьох факторів (кута нахилу екрану, розташування джерела звуку по відношенню до екрану, частота звуку і т. д.). Залежність від висоти досить незначна (лінія MAX - вертикальна).

В зоні III (MAX - MIN) спостерігається монотонне зменшення ефективності екрану при збільшенні кута точки спостереження.

Лінія мінімальної ефективності починається від основи шумозахисного екрану, й розповсюджується в напрямку, що майже не залежить від висоти (для випадку, що проілюстровано на рис. 6, цей кут становить приблизно 235°).

В області IV (праворуч від MIN) знову відбувається поступове збільшення ефективності шумозахисного екрану.

Наведені акустичні поля (рис. 4) та графіки ефективності (рис. 6) показують, що при збільшенні висоти екрану його ефективність збільшується. Однак зміна висоти екрану суттєво не впливає на структуру поля за екраном.

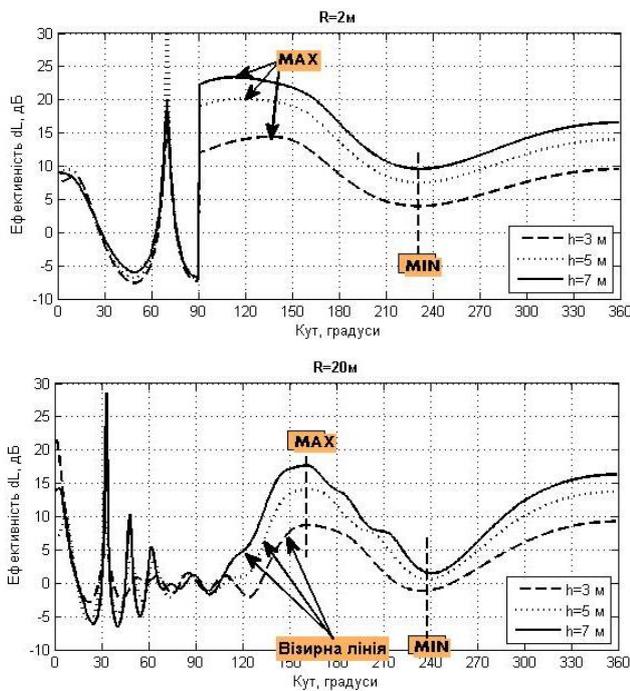


Рис.6. Ефективність екранів в залежності від висоти на різних відстанях від основи

5. Ефективність екрану в залежності від частоти звуку

На рисунку 7 наведені акустичні поля для вертикального екрану висотою 5 м на різних ча-

стотах. Як видно з кольорової гами, що відповідає значенням ефективності екрану, зі збільшенням частоти ефективність екрану зростає, що відповідає очікуванням. В області між екраном та джерелом звуку спостерігається вже згадувана інтерференційна картина. Провівши аналіз отриманих полів можна дійти висновку, що максимуми рівнів звукового тиску спостерігаються з кроком $\lambda/2$ починаючи від екрану, мінімуми ж звукового тиску спостерігаються також з кроком $\lambda/2$, але зміщеними на $\lambda/4$ по відношенню до екрану.

Як і для попереднього випадку побудуємо залежність ефективності екрану від кута точки розрахунку для різних відстаней від основи екрану.

В першу чергу слід відзначити, що характер зміни ефективності екрану в тіні зі збільшенням кута спостереження залишається тим же. Існує один максимум і один мінімум між якими ефективність змінюється переважно монотонно. Однак спостерігаються й локальні відмінності. На відміну від попередніх графіків напрямком максимумів та мінімумів ефективності екрану суттєво залежить від частоти. Зі збільшенням частоти максимум ефективності прямує до напрямку 180°, тобто наближається до рівня дороги. Мінімум же ефективності наближається до напрямку 270°.

Графіки на рис. 8 також підтверджують, що зі збільшенням частоти ефективність екрану в області за екраном (праворуч від візирної лінії) зростає. Однак, в вузькій зоні біля мінімуму ефективність на низьких частотах 40 – 125 Гц слабо залежить від частоти звуку й навіть може зменшуватися зі збільшенням частоти.

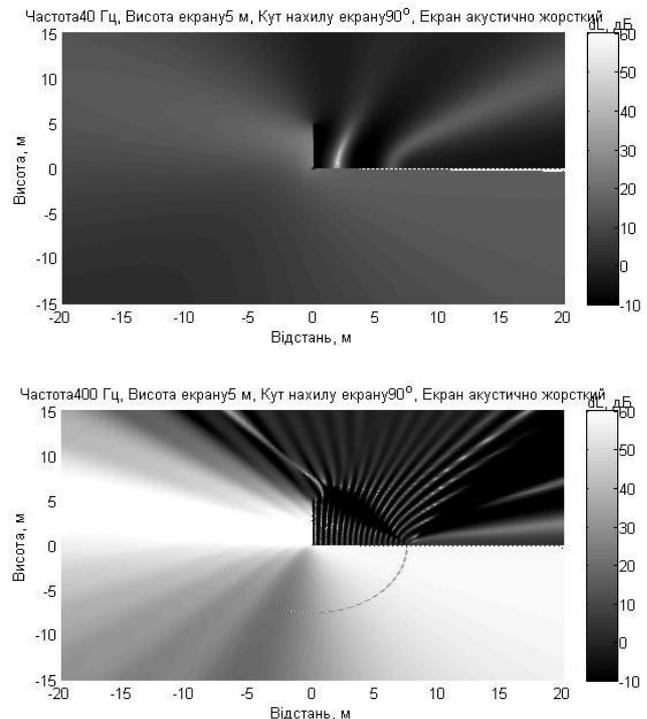


Рис. 7. Ефективність екрану на різних частотах ($f=\{40, 400\}$ Гц, $h=5\text{ м}$, $\alpha=90^\circ$, $\beta=180^\circ$)

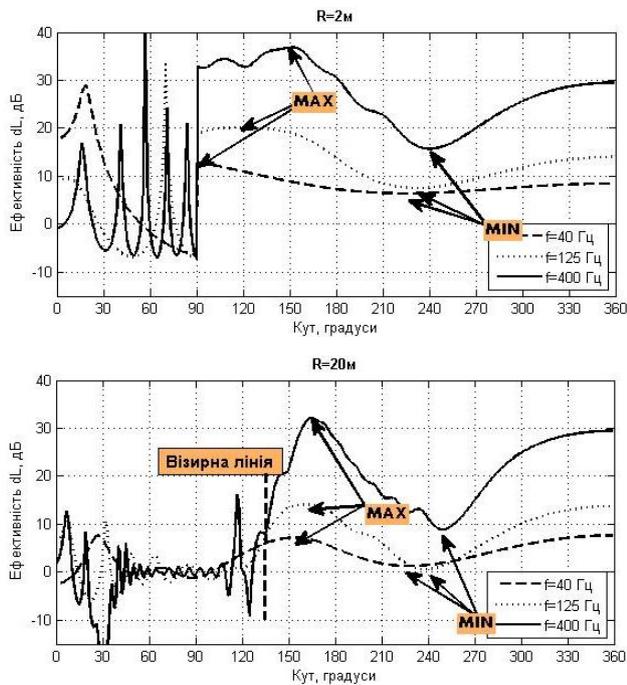


Рис. 8. Ефективність екранів в залежності від частоти на різних відстанях від основи

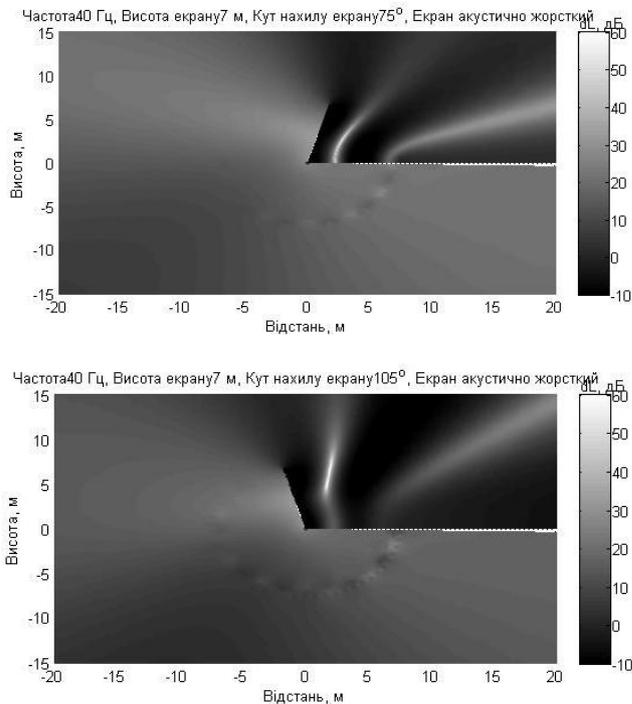


Рис. 9. Ефективності екрану в залежності від кута нахилу екрана ($\alpha=\{75^\circ, 105^\circ\}$, $f=40$ Гц, $h=7$ м, $\beta=180^\circ$)

6. Ефективність екрану в залежності від його кута нахилу

Окрім зміни висоти екрану, ще одним конструктивним параметром, що впливає на ефективність екрану є його кут нахилу. До цього часу ми розглядали вертикальні екрани, тобто кут нахилу становив 90° . Однак відомо, що інколи використовуються й похилі екрани причому нахил може бути як в бік джерела звуку, так і в бік території, що захищається від шуму.

Для з'ясування питання впливу кута нахилу екрану на його ефективність було розраховано ефективність екрану за кута нахилу 75° та 105° (рис. 9).

На рис. 10 показано як змінюється ефективність екрану в залежності від кута точки розрахунку на різних відстанях від основи екрану.

В переважній більшості точок, які знаходяться в зоні тіні, ефективність екрану, що нахилений до джерела звуку є більшою. Це й зрозуміло, оскільки невеликий нахил екрану до джерела нібито наближає джерело звуку до екрану, завдяки чому збільшується зона тіні але при цьому відстань від проїжджої частини до кромки екрану майже не змінюється. Для нашого випадку нахил екрану під кутом 75° наблизив верхню кромку екрану на 1,8 м але при цьому висота до верхньої кромки зменшилась лише на 0,24 м. Однак існує область де вертикальний екран і навіть екран, що нахилений від джерела звуку, мають більшу ефективність. Ця зона розташована між напрямками $150^\circ - 210^\circ$, тобто зосереджена в зоні тіні на рівні джерела звуку. На більш високих частотах ця тенденція зберігається й різниця в ефективності навіть збільшується.

Тож можна сказати, що правильно використовуючи кут нахилу екрану можна досягти деякого збільшення ефективності екрану без збільшення його висоти.

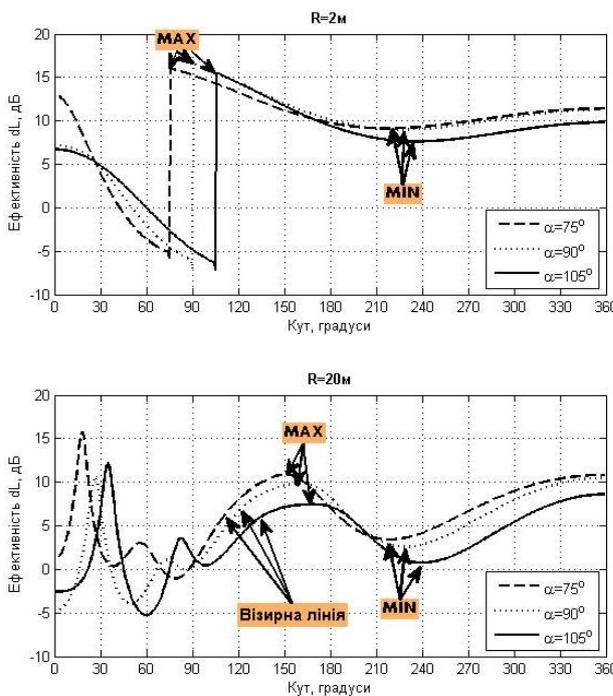


Рис. 10. Ефективність екранів в залежності від його кута нахилу на різних відстанях від основи

7. Ефективність екрану в залежності від кута нахилу поверхні за екраном

Ще одним досить важливим параметром, що значно впливає на акустичне поле в зоні тіні є кут нахилу півплощини за екраном. В рамках даної роботи

розглядається акустично жорстка площина за екраном.

Як видно з рис. 11 та рис. 12 при малих кутах нахилу площини ($0^\circ, 15^\circ, 45^\circ$) за екраном спостерігається інтерференційна картина з областями збільшеної та зменшеної ефективності. При чому зі збільшенням частоти кількість зон зміни ефективності зростає подібно до того як збільшується їх кількість між джерелом звуку та екраном. Постійним лишається лише той факт, що ефективність екрану на поверхні похилої півплощини є мінімальною.

З подальшим збільшення кута площини за екраном ця картина стає менш чіткою і при куті в 90° спостерігається лише один максимум ефективності з поступовим зменшенням ефективності при наближенні до акустично жорсткої поверхні.

Подальше збільшення кута нахилу півплощини призводить до появи мінімуму ефективності.

Даний ефект на перший погляд досить вагомий і значний оскільки дозволяє в деякому напрямку отримувати досить великі значення ефективності екрану (до 35- 40 дБ) навіть в області низьких частот. Однак, слід зауважити, що такий ефект буде спостерігатися лише для тонального джерела звуку і для ідеально гладкої абсолютно жорсткої поверхні. В реальних ситуаціях вплив кута нахилу поверхні за екраном його ефективність є менш значним.

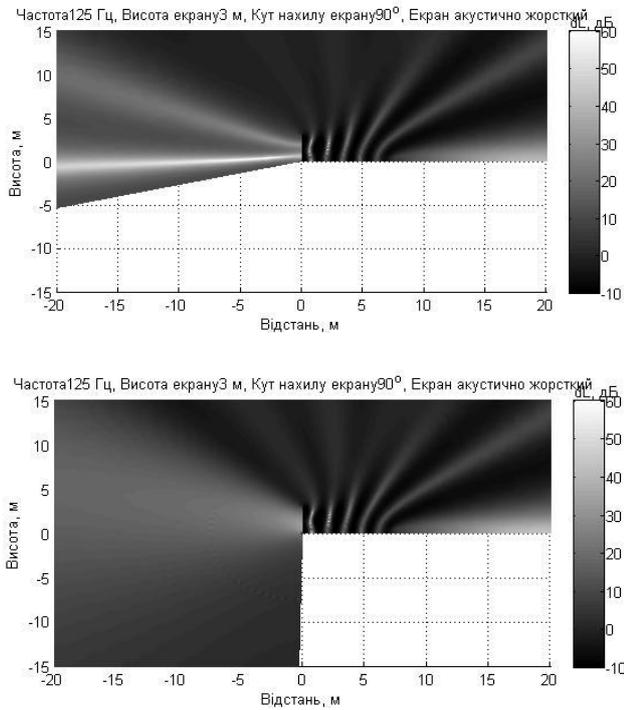


Рис. 11. Ефективності екрану в залежності від кута β ($\beta = \{15^\circ, 90^\circ\}$, $f=125$ Гц, $h=3$ м, $\alpha=90^\circ$)

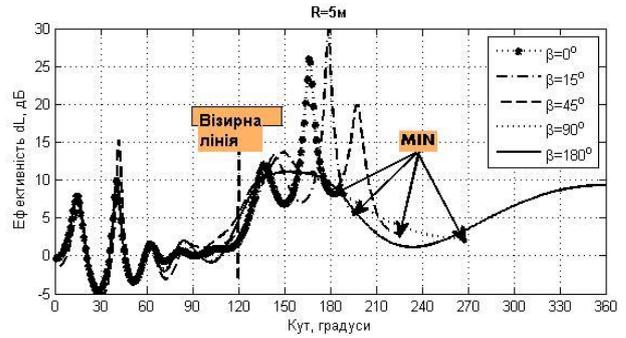


Рис. 12. Ефективність екрану в залежності від кута нахилу поверхні за екраном

8. Ефективність екрану в залежності від відстані до джерела звуку

Й на останок розглянемо вплив відстані між джерелом звуку й екраном (рис. 13, 14).

Природно, що зі збільшенням відстані екрану від джерела звуку зона тіні буде зменшуватися а й відтак ефективність також буде зменшуватися. Ця закономірність спостерігається усіх (реальних) відстаней та в усіх точках поля в зоні тіні. Ще одним цікавим фактом є те, що при збільшенні відстані напрямком максимальної ефективності змінюється й наближається до кута в 180° , а от напрямком мінімуму лишається незмінним.

Що з стосується області між екраном та джерелом звуку то як і раніше спостерігається інтерференційна картина причому зі збільшенням відстані між джерелом звуку та екраном відстань між максимумами лишається сталою, а їх кількість збільшується заповнюючи всю область між джерелом звуку та екраном.

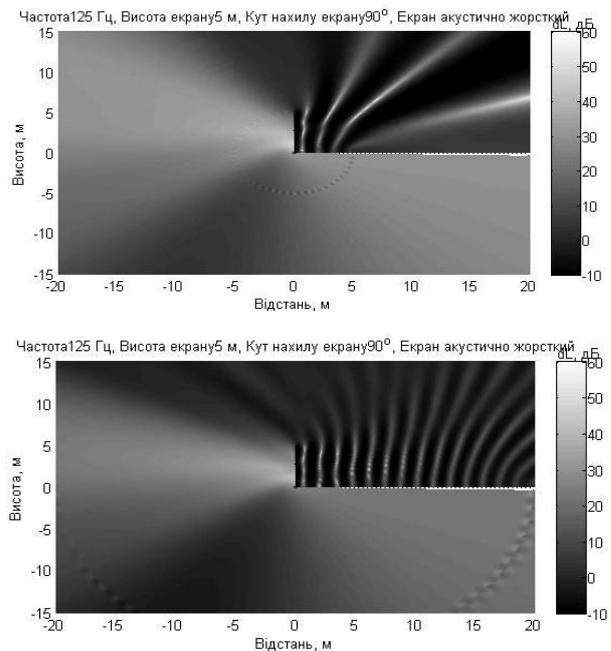


Рис. 13. Ефективності екрану в залежності від відстані до джерела звуку ($b = \{5 \text{ м}, 20 \text{ м}\}$, $f=125$ Гц, $h=5$ м, $\alpha=90^\circ$, $\beta=180^\circ$)

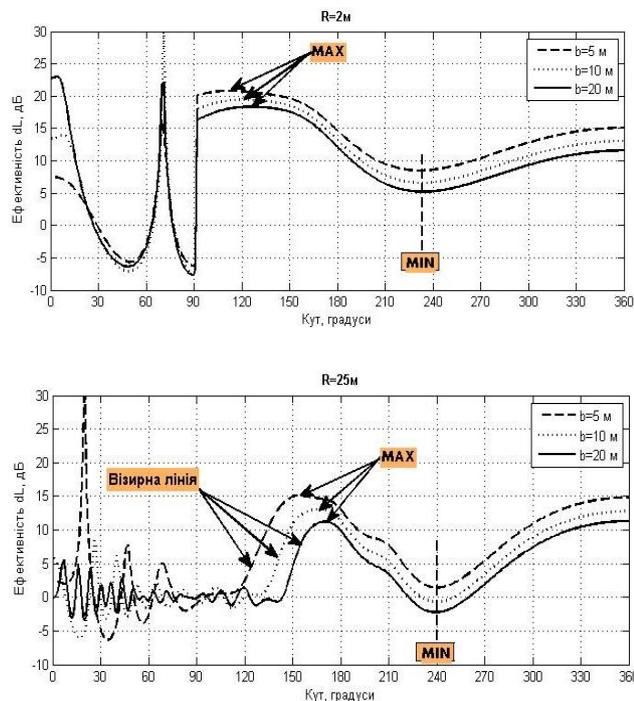


Рис. 14. Ефективності екрану в залежності від відстані до джерела звуку ($b = \{5 \text{ м}, 10 \text{ м}, 20 \text{ м}\}$, $f = 125 \text{ Гц}$, $h = 5 \text{ м}$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 180^\circ$)

9. Висновки

В статті було поставлено задачу знаходження акустичного поля від джерел звуку, що випромінюють циліндричну хвилю, за умови, що акустичний екран та поверхня дороги є акустично жорсткими.

За результатами проведених розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. В усіх випадках ефективність екрану не є монотонною функцією. Зміна висоти екрану, кута нахилу екрану, частоти звуку, відстані між екраном і джерелом звуку не впливає на наявність в зоні тіні області максимальної і

області мінімальної ефективності. Наявність цих зон, а також незалежність їх від вище перелічених параметрів виявлена вперше.

2. Напрямок максимальної ефективності екрану лежить в області від $150^\circ - 210^\circ$ й суттєво залежить від частоти звуку, кута нахилу екрану та відстані між джерелом звуку та екраном, однак майже не залежить від висоти екрану. Причому при збільшенні частоти та відстані між екраном та джерелом звуку кут максимуму ефективності наближається до 180° , а при збільшенні кута нахилу екрану може навіть бути більшим 180° .
3. Напрямок мінімальної ефективності суттєво залежить від частоти звуку та кута нахилу екрану, однак майже не залежить від висоти екрану та відстані між екраном та джерелом звуку. Напрямок мінімальної ефективності лежить в межах $210^\circ - 270^\circ$ й при збільшенні вище згаданих параметрів прямує до 270° .
4. Ефективність екрану збільшується при збільшенні висоти екрану і частоти та зменшенні відстані між екраном і джерелом звуку.
5. Для переважної більшості напрямків ефективність екрану збільшується при нахиленні (в межах $15^\circ - 20^\circ$) екрану до джерела звуку, однак існують й такі точки де ефективність вертикального екрану чи нахилена від джерела звуку може бути більшою. Тож кут нахилу екрану є тим конструктивним параметром змінюючи який, можна досягти збільшення ефективності екрану без збільшення його висоти.
6. Зміна кута нахилу акустично жорсткої півплощини за екраном суттєво впливає на конфігурацію поля ефективності. При малих кутах спостерігається інтерференційна картина, що обумовлена дифрагованим звуком крізь верхню кромку екрану та відбитим звуком від акустично жорсткої площини за екраном. Однак даний ефект зникає для кутів півплощини більших за 90° .

Література

1. C-F Fang, D-L Ling Investigation of the noise reduction provided by tree belts - Landscape and Urban Planning 63 (2003) 187–195
2. http://www.masstar.ru/qbarrier/#qbarrier_home
3. Вовк І.В., Сотникова Т.А., Мацьпура В.Т., Об одном строгом методе оценки акустических свойств шумоподавляющих барьеров – Акустичний вісник 2004. т.7, №4 С. 21-27.
4. Вовк І.В., Сотникова Т.А. Акустические свойства шумозащитного барьера с козырьком. - Сб.трудов Акустического симпозиума «Консонанс-2007», К., 2007, с.273-278.
5. Скучик Е. Основы акустики. Т.2. - М.: - Мир, - 1976. - 542 с
6. Sommerfeld A., "Jahresber. Dtsch. Math.-Ver.", 1912, Bd 21, S. 309-53;
7. Шендеров Е. Л. Излучение и рассеяние звука / Е. Л. Шендеров. – Л.: Судостроение, 1989. – 301 с.
8. Гринченко В. Т., Вовк І. В., Мацьпура В.Т. Основы Акустики Авторизованный дополненный перевод с украинского ОС-НОВИ АКУСТИКИ, Київ, Наукова думка, 2007, 640 с.
9. В.С. Дідковський, В.П. Заець, Н.О. Самійленко Порівняльний аналіз визначення шумових характеристик транспортних потоків // Електроніка і зв'язь. – 2010. – №57.–с. 149-154

Abstract

The article concerns the exact solution of the two-dimensional problem by the partial areas techniques of determining of the acoustic field around the soundproof screen, which is located at the acoustically hard surface. The sound source is an interminable cylinder of small wave sizes, working at zero mode. There is an analysis of the effect of certain parameters of the screen (height, slope angle), parameters of the sound source (frequency, distance to the screen), and the impact of the relief (slope angle of the half-hard surface to the screen) on the efficiency of noise reduction. For the first time there is a study of the nonmonotonic behavior of the screen field efficiency in the acoustic shadow, which is a significant factor in the development of engineering methods of screen efficiency calculation. The directions of the maximum and minimum noise reduction behind the screen, and the influence of certain parameters on them were determined.

The results may be useful for engineers and scientists working in the field of acoustic ecology and noise reduction. The results obtained allow us to estimate the efficiency of already created soundproof screens as well as those that are only being designed.

Keywords: soundproof screen, cylindrical sound source, sound pressure level, efficiency

Вивчено фізико-хімічні закономірності іонізації мідь- та цинквміщуючих систем. Встановлено основні макрокінетичні параметри процесу розчинення міді та її сплавів, які застосовані для інтенсифікації процесів іонізації міді та її сплавів при розробці ефективних ресурсозберігаючих способів регенерації відпрацьованих електролітів гальванічних підприємств

Ключові слова: іони міді, іони цинка, іонізація, регенерація

Изучены физико-химические закономерности ионизации медь- и цинксо-держащих систем. Установленные основные макрокинетические параметры процесса растворения меди и ее сплавов использованы для интенсификации процессов ионизации меди и ее сплавов и учтены при разработке эффективных ресурсосберегающих способов регенерации отработанных электролитов гальванических производств

Ключевые слова: ионы меди, ионы цинка, ионизация, регенерация

УДК 504.064.4

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

В. В. Даценко

Кандидат химических наук, доцент

Кафедра химии

Харьковский национальный автомобильно-

дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 707-36-52

E-mail: chemistry@khadi.kharkov.ua

1. Введение

В настоящее время на территории машиностроительных, приборостроительных и ремонтных предприятий, использующих обработку металлов и сплавов, в том числе медных, происходит накопление гальванических шламов и отработанных технологических растворов, которые сливаются в промышленную канализацию и загрязняют окружающую среду. Цены большинства компонентов, содержащихся в этих отходах, высоки и влияют на себестоимость продукции, что приводит к вопросу об их утилизации.

2. Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

В современных условиях усилия промышленных предприятий при утилизации отходов должны быть направлены не только на минимизацию их образования, но и на выделение из них ценных компонентов, их рециркуляцию и вторичное использование. Это может быть достигнуто координацией научных исследований в области защиты окружающей природной среды, исследования свойств сточных вод и утилизации их компонентов, оптимизации стадий их переработки, комплексности использования первичного и вторич-