

Акустичні прилади та системи

УДК 534.612

DOI: [10.20535/2523-4455.2019.24.1.148857](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.1.148857)

Акустичний розрахунок системи сповіщення для аварійної сигналізації

Руденко^f Р. В., ORCID [0000-0001-9473-0570](https://orcid.org/0000-0001-9473-0570)e-mail rudenkoroman96@gmail.comЛуньова^s С. А., к.ф.-м.н. доц., ORCID [0000-0003-0683-1211](https://orcid.org/0000-0003-0683-1211)e-mail svetlana_lunyova@yahoo.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Анотація—Стаття присвячена створенню методики та програмного забезпечення для акустичного розрахунку систем сповіщення. Проаналізовано існуючі методи розрахунків систем сповіщення. Розглянуто задачу створення заданого акустичного поля масивом сповіщувачів. Відповідно до запропонованої методики, розроблено програмне забезпечення на базі Java – «акустичний калькулятор». Достовірність результатів підтверджена розрахунками, виконаними «методом координат», та експериментальними вимірюваннями значень звукового тиску. Розробка дозволяє обрати кількість та схему встановлення сповіщувачів для забезпечення достатнього рівня прямого звуку.

Бібл. 14, рис. 7, табл. 2.

Ключові слова — акустичний калькулятор; масив сповіщувач; програмне забезпечення; акустичне поле; методика.

I. Вступ

Найбільш складною задачею при проектуванні систем сповіщення є розрахунок кількості випромінювачів звуку в залежності від їх акустичних характеристик та вибір схеми їх розташування. Система сповіщення має забезпечувати рівномірний розподіл звукового тиску по площі озвучування та достатній для чутності рівень звукової енергії, виходячи з рівня фонового шуму даного приміщення, а також розбірливість мови для мовленнєвих сповіщувачів.

Вибір доцільної схеми розміщення гучномовців залежить від розмірів і конфігурації приміщення. Зазвичай, застосовують настінну систему озвучування – з одним чи декількома ланцюжками випромінювачів, стельову – у вигляді решітки випромінювачів, або у випадках складного приміщення – комбіновану систему.

Відсутність загальноприйнятої методики розрахунку системи сповіщення дуже часто призводить до помилок у проектуванні і монтажі, що потребує переробки вже встановленої системи.

Для спрощення задачі проектування системи сповіщення закордонні фірми-виробники використовують програмне забезпечення власної розробки, так звані «акустичні калькулятори» [1]-[9].

Така програма зводить дії користувача до наступних кроків: введення даних про розміри приміщення, вказання призначення приміщення, вибору типу сповіщувача, вибору системи сповіщення. В результаті користувач має отримати інформацію про кількість випромінювачів та схему їх встановлення.

В Україні здебільшого використовують інформацію, одержану з російських розробок, що виконані за російськими стандартами та містять ряд недоліків, які перешкоджають безпосередньому їх використанню.

Метою роботи є створення власного програмного забезпечення для швидкого та якісного розрахунку системи сповіщення.

II. Аналітичний огляд

Аналіз методик створення «акустичних калькуляторів» для розрахунку систем сповіщення, наведених у російських інформаційних ресурсах, дозволив виділити декілька найбільш популярних розробок, що часто використовуються проектувальниками. Серед них розробки фірм «Омега саунд» [1], «Техносфера» [2] та «ESCORT» [3].

Компанія «Омега саунд» [1], яка є виробником мовленнєвих сповіщувачів та дистрибутором американської фірми «CooperWheelock» [4], пропонує файл розрахунку з урахування російського стандарту НПБ 104-03.



Зазначимо, що за даним нормативним документом виконані всі російські розробки. Згідно з НПБ 104–03, необхідний рівень звуку в приміщенні повинен на 15 дБ перевищувати рівень фонового шуму, що протирічить міжнародному стандарту EN 54–14 та українському стандарту ДСТУ–Н CEN/TS 54–14. За міжнародними рекомендаціями, рівень звукового сповіщення повинен складати щонайменше 65 дБ(А), або бути на 5 дБ(А) вищим за рівень будь-якого шуму в приміщенні.

За методикою компанії «Омега саунд» [1], можливі два варіанти розрахунку:

- площі на якій забезпечується потрібний рівень звукового тиску одним випромінювачем;
- розрахунок кількості та потужності ввімкнення мовленнєвих сповіщувачів.

Проектувальнику пропонується самостійно обрати крок встановлення сповіщувачів, вважаючи його таким, що приблизно дорівнює подвійній висоті приміщення. При цьому в рекомендаціях для користувачів ніяк не обговорюється залежність кроку встановлення випромінювачів від горизонтальних розмірів приміщення і кількість ланцюжків випромінювачів. Крім того, не враховується направленість мовленнєвих сповіщувачів. Очевидно, саме це призводить до суттєвого завищення значень площі на якій забезпечується потрібний рівень звукового тиску одним випромінювачем.

Розрахунок системи сповіщення за допомогою «акустичного калькулятора», розробленого компанією «Техносфера» [2], дозволяє враховувати направленість випромінювання мовленнєвими сповіщувачами і надає кількість випромінювачів, схему та координати їх розміщення в приміщенні. Отримані результати вважаємо цілком достовірними. Недоліком застосування вказаного програмного забезпечення в Україні є невідповідність українському стандарту ДСТУ–Н CEN/TS 54–14. Також, на наш погляд, не дуже вдалою є ілюстрація схеми розміщення сповіщувачів, що представляє собою звукове поле кожного випромінювача концентричними колами. Але не вказано яким рівням звукової енергії ці кола відповідають. Велика кількість концентричних кіл маскує саму систему встановлення. Крім того, при виборі координат установок сповіщувачів не враховується доцільність їх розміщення у відповідності з геометрією приміщення, в результаті чого сповіщувач може опинитися в куті приміщення.

В розрахунках, виконаних компанією «ESCORT» [3], по-перше, насторожує некоректно записана відповідна формула визначення зміни звукового тиску з відстанню від джерела. Направленість випромінювача враховується шляхом представлення діаграми направленостей шаблонними геометричними фігурами, що є цілком припустимим. Але занадто велике збільшення рівня звукового тиску очікується за рахунок ревербераційних процесів у приміщенні, хоча окремо це питання не аналізується [5]. Наприклад, рекомендується вдвічі збільшити крок встановлення сповіщувачів для вузьких приміщень і приміщень

з низькими стелями, що не є виправданим без врахування коефіцієнту звукопоглинання матеріалів на відповідних поверхнях та характеру заповнення приміщення. В результаті міркувань, викладених в рекомендаціях, незрозумілим є суттєво завищені значення кількості випромінювачів (у 10 разів), а також схеми їх розміщення.

Німецька компанія «Phannenberg» [6] пропонує розрахунок системи сповіщувачів у вигляді:

- елементарного об'єму, що може бути озвучений одним випромінювачем;
- онлайн версії повного розрахунку кількості випромінювачів у приміщенні [7];
- офлайн версії в середовищі Java [8].

Елементарний об'єм представлений у вигляді паралелепіпеда, розміри якого залежать від потужності сповіщувача та фонового шуму. Онлайн версія розрахунку надає результати, цілком узгоджені з результатами, отриманими за методикою, запропонованою в статті. Але представлена схема розміщення сповіщувачів не достатньо зрозуміла для користувачів.

Крім того, компанія надає посилання на онлайн версію розрахунку [7], яка оформлена німецькою мовою, що для багатьох користувачів створює складності у використанні. Англійська онлайн версія дещо спрощена і є цілком придатною для користування. Офлайн версія [8] відповідає онлайн версії розрахунку [7].

Українська розробка, виконана компанією «РА–Audio» [9]. «Акустичний калькулятор» розроблений для мовленнєвих сповіщувачів власного виробництва. Пояснення до алгоритму розрахунку не наведені, тому аналіз було проведено шляхом перевірки роботи програми. Скоріш за все, розрахунок базується на обчисленні площі озвучування одним сповіщувачем. Але при цьому ніяк не враховується конфігурація приміщення, що призводить до невірних результатів. Крім того, рівні фонового шуму вказані для дуже обмеженої кількості типів приміщень і не відповідають ДБН В.1.1–31. Схема розміщення сповіщувачів не надається.

III. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

Розрахунок необхідної кількості випромінювачів та варіантів їх розміщення виконується за прямим звуком, без врахування ревербераційної складової, що додатково підвищить інтенсивність звуку на величину I_r [10]:

$$I_r = 4P/A,$$

де I_r , (Вт/м²) – ревербераційна складова інтенсивності звуку; P , (Вт) – акустична потужність джерела; A , (Смб) – фонд поглинання звуку в приміщенні.

Розрахунок звукового поля за прямим звуком проводиться з двох причин:

- від цієї складової залежить розбірливість повідомлення;



- забезпечення достатнього рівня прямого звуку дозволить використовувати систему сповіщувачів на відкритому просторі, зокрема на прилеглих територіях.

Рівень звукового тиску, який необхідно забезпечити для чутності та розбірливості повідомлення, визначається як такий, що повинен складати щонайменше 65 дБ(А), або бути на 5 дБ(А) вищим за рівень будь-якого шуму в приміщенні згідно ДСТУ–Н CEN/TS 54–14. Розрахунок виконується окремо для звукових і мовленнєвих сповіщувачів. Звукові сповіщувачі працюють в обмеженому частотному діапазоні в околі 2 кГц і мають ненаправлене випромінювання звуку [11], тобто діаграма направленості $R(\Theta) = 1$ для будь-якого кута Θ . Направленість випромінювання мовленнєвих сповіщувачів, реалізованих у вигляді гучномовців, характеризується діаграмою направленості, яка описується виразом:

$$R(\Theta) = 2I_1(x)/x,$$

де $I_1(x)$ – функція Бесселя першого роду, першого порядку аргументу $x = k \cdot \rho \cdot \sin(\Theta)$; $k = 2\pi/\lambda$, (1/м) – хвильове число; λ , (м) – довжина хвилі на частоті випромінювання; ρ , (м) – радіус випромінювача; Θ , (рад) – кут з акустичною віссю випромінювача, змінюється в межах $[-\pi/2, \pi/2]$.

Робочий діапазон мовленнєвих сповіщувачів знаходиться в частотних межах 300–3500 Гц. Для спрощення алгоритму розрахунку оберемо основною частотою випромінювання 500 Гц, в околі якої зосереджений максимальний рівень звукової енергії мовленнєвого сигналу [12].

З урахуванням типового розміру випромінювача, що становить в середньому $\rho = 0,1$ м, на вказаній частоті значення коефіцієнту направленості під кутом $\Theta = \pm \pi/2$ дорівнює $R(\pm \pi/2) = 0,8$.

Таким чином, діаграму напрямленості мовленнєвого сповіщувача у горизонтальній і вертикальній площинах можна представити напівеліпсом, напіввісі якого дорівнюють $R(\pm \pi/2) = 0,8$ та $R(0) = 1$. Зазначимо, що з підвищенням частоти напрямленість випромінювання буде зростати.

Розрахунок базується на визначенні відстані r від сповіщувача, на якій рівень звукового тиску буде на 3дБ меншим за потрібний:

$$r = R(\Theta) \cdot 10^{[(L_b - L_n + 3)/20]}, \quad (1)$$

де L_b , (дБ) – рівень звукового тиску, що створює випромінювач на відстані 1 м вздовж акустичної осі; L_n , (дБ) – рівень звукового тиску, що необхідно забезпечити в приміщенні; $R(\Theta)$ – коефіцієнт направленості, який залежить від типу сповіщувача.

Різниця $(L_n - 3)$ у формулі (1) обрана для створення необхідного рівня L_n у місцях додавання однакових звукових енергій некогерентних сигналів від сусідніх випромінювачів. Від відстані r залежить

радіус «кола озвучування» на рівні голів слухачів, в межах якого рівень звукової енергії не менший за L_n . Цей радіус знаходиться як :

$$b = \sqrt{r^2 - h^2}, \quad (2)$$

де h , (м) – висота підвісу джерела над площею озвучування.

Для настінної системи сповіщення по ширині приміщення подвійне значення радіусу «кола озвучування» ($2b$) і є максимальним кроком встановлення лінійної групи сповіщувачів.

Таким чином, якщо $B \leq b$ (де B – ширина приміщення), достатньо використовувати лінійну групу випромінювачів, що розташована на одній стіні. При $B/2 \leq b < B$, необхідно встановлювати два аналогічних масиви випромінювачів на протилежних стінах. В разі, коли $b < B/2$, настінна система не може бути застосована і необхідно перейти до стелевої системи озвучування, або обрати потужніший випромінювач. Зауважимо, що настінні системи зазвичай встановлюють на висоті $2 \div 2,5$ м від рівня підлоги, що на $0,8 \div 1,3$ м вище рівня голів слухачів. Для стелевої системи аналогічно виконується розрахунок кількості лінійних груп як по ширині приміщення – B , так і по довжині приміщення – L . Кроки встановлення масиву сповіщувачів у взаємно перпендикулярних напрямках позначені відповідно : $2b$ та $2l$. Відстані від стін – l та b , l знаходиться за формулою (2), а r розраховується за формулою (1) з коефіцієнтом $R(\Theta)$, який відповідає обраному напрямку і типу сповіщувача. Таким чином, кількість випромінювачів у лінійних групах по довжині приміщення – $n = L/2l$; ширині приміщення – $m = B/2b$. Загальна кількість сповіщувачів у масиві: $N = n \cdot m$.

Перевірка достовірності результатів, отриманих за допомогою запропонованого «акустичного калькулятора» здійснюється аналітичним розрахунком нерівномірності озвучування визначаємо методом координат [13]. Формули для розрахунку рівнів звукового тиску на поверхні озвучування в залежності від можливих варіантів встановлення випромінювачів наведені в роботі [14].

IV. РОЗРАХУНКИ

За наведеною методикою розрахунків системи сповіщення створене програмне забезпечення у середовищі Java, яке базується на продукції компанії «Фонтек-С», як відомого виробника сигнального і мовленнєвого сповіщення в Україні. Інтерфейс програми показаний на рис. 1. Інтерфейс представлений українською мовою. Покрокові рекомендації щодо користування програмою можна отримати за допомогою кнопки «Довідка».

Вхідними даними програми є перш за все геометричні розміри приміщення. Якщо приміщення складної форми, його потрібно розділити на декілька ділянок прямокутної форми, в кожній з яких застосувати окрему систему озвучування.



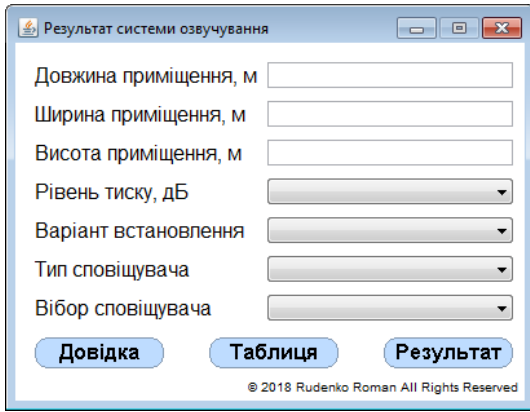


Рис.1. Інтерфейс «акустичного калькулятора» для розрахунку системи озвучування

На наступному кроці в пункті «Рівень тиску, дБ» вказується рівень звукового тиску, який необхідно створювати в приміщенні. Для того, щоб дізнатися його значення слід натиснути кнопку «Таблиця». У таблиці, сформованій за вимогами ДБН В.1.1–31 та ДСТУ–Н СЕН/TS 54–14, наведено перелік основних типів приміщень з вказанням мінімально необхідного рівня звукового тиску для їх озвучування.

Після цього користувачу потрібно обрати варіант встановлення сповіщувачів (стельовий або настінний), а також тип сповіщувача (звуковий або мовленевий). Сповіщувач обирається з наведеного переліку продукції компанії «Фонтек–С» за вказаними акустичними характеристиками, які включають в себе мінімальний рівень звукового тиску і робочий діапазон частот.

Результати розрахунків можна отримати натисканням кнопки «Результат». У сформованому вікні будуть виведені: вхідні дані, кількість ланцюжків випромінювачів та кількість випромінювачів в одному ланцюжку, крок встановлення (та висота встановлення при настінному розміщенні), а також схематичний малюнок розміщення сповіщувачів. Також в цьому вікні розміщена кнопка «Експорт», за

допомогою якої створюється файл формату «.png» для збереження та обробки отриманих даних.

Зауважимо, що в процесі виконання розрахунків користувачу може бути запропоновано змінити випромінювач на більш потужний або перейти до іншої системи озвучування.

На рис.2.а представлені результати розрахунку для приміщення 1 з розмірами 14x2x3 м, на рис.2.б – приміщення 2 з розмірами 8x6x3 м. Приміщення відповідають типу «офісні приміщення» з необхідним рівнем озвучування 75дБ. Для озвучування було обрано :

- в приміщенні 1 – звуковий сповіщувач «С-07С-12» з мінімальним рівнем звукового тиску 95 дБ;
- в приміщенні 2 – звуковий сповіщувач «ГНОМ–1», який працював у тихому режимі, з мінімальним рівнем звукового тиску 85 дБ.

V. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для підтвердження достовірності результатів, отриманих за допомогою «акустичного калькулятора», виконані аналітичні розрахунки звукового поля методом координат [13], [14] для розрахованої системи сповіщувачів у двох вказаних вище приміщеннях.

В цих приміщеннях також проведені виміри звукового тиску при встановленні розрахованої системи сповіщувачів. Виміри проводилися шумоміром УТ352 на рівні 1,2 м від рівня підлоги.

Для приміщення 1, за попередніми розрахунками, сумарна площа огорожувальних поверхонь складає $S_{\Sigma} = 156 \text{ м}^2$, а середній коефіцієнт поглинання становить $\alpha_{\text{сеп}} = 0,24$. Отже, фонд поглинання, дорівнює $- A = S_{\Sigma} \cdot \alpha_{\text{сеп}} = 34,4 \text{ Себ}$. Якщо представити інтенсивність звуку в приміщенні як суму складових прямого і ревербераційного звуку, то загальний рівень інтенсивності звуку можна отримати додаванням до рівня прямого звуку складової:

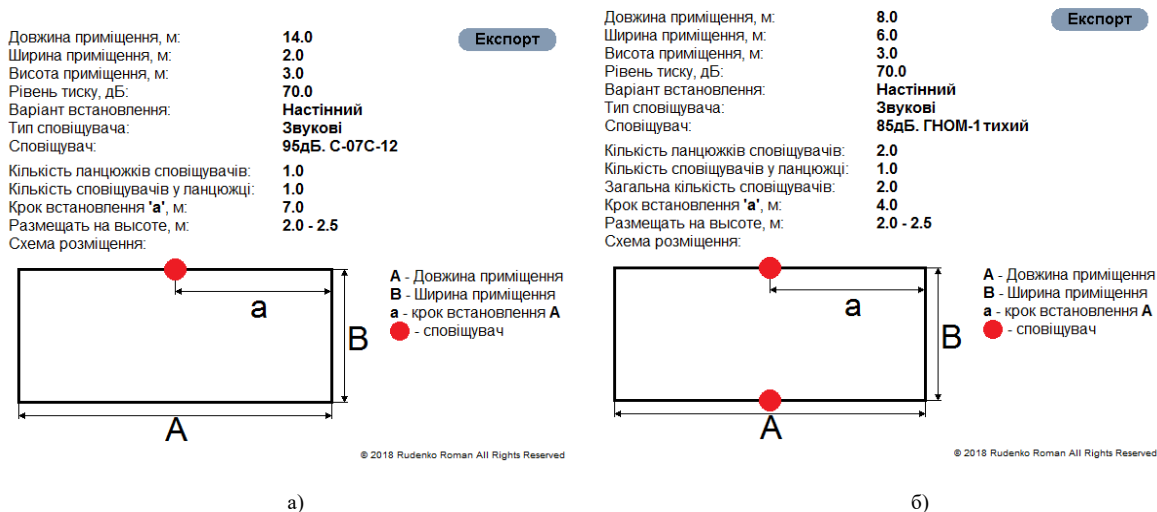


Рис.2. Приклад представлення вихідних даних «акустичного калькулятора»: а) - Приміщення 1; б) - Приміщення 2.



$$\Delta L_r = 10 \lg \left(1 + 16 \pi r / A \right), \quad (3)$$

де ΔL_r , (дБ) – ревербераційна складова поля; r , (м) – відстань від джерела звуку; A , (Сєб) – фонд поглинання в приміщенні.

Аналогічним способом були проведені розрахунки приміщення 2.

На рис.3.а. та рис.3.б. представлений розподіл звукового тиску в приміщенні 1 за результатами розрахунків методом координат по прямому тиску і загальний рівень звукового тиску з урахуванням формули (3). В табл. 1 наведені експериментальні та розраховані значення рівнів звукового тиску у точках, вказаних на рис.3.

Аналогічно на рис.4.а. та рис.4.б. представлений розподіл звукового тиску в приміщенні 2.

наведено розраховані та експериментальні рівні звукового тиску.

Сумарний рівень звукового поля в приміщенні 1 змінювався в межах $85 \div 94$ дБ, в приміщенні 2 – $70 \div 94$ дБ. Відхилення експериментальних даних від розрахункових знаходиться в межах похибки приладу. Таким чином, максимальна нерівномірність звукового поля становить $2 \div 4$ дБ, що є цілком прийнятним [13].

За прямим звуком мінімальний рівень розрахованого звукового тиску перевищує рівень, закладений в розрахунок «акустичного калькулятора». Але цей рівень звукового тиску пов'язаний з потужністю обраного співзвучача, який застосовувався у даному приміщенні.

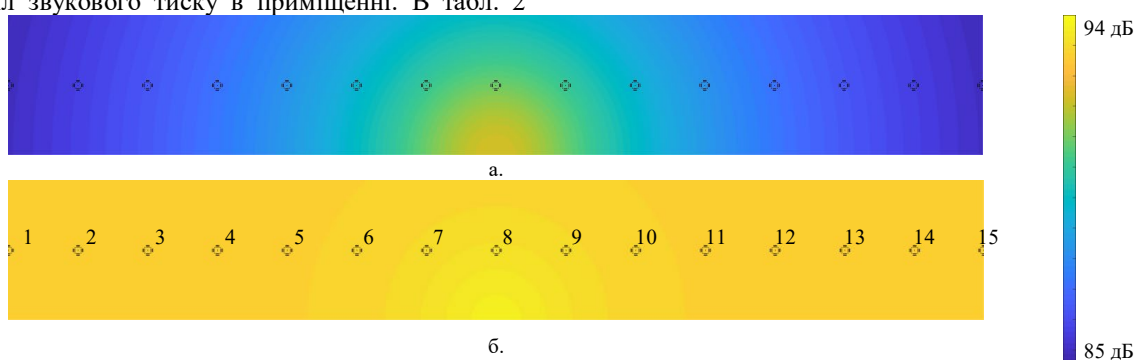


Рис.3. Розподіл рівня звукового тиску по площі приміщення 1: а - Пряме поле, б - Сумарне поле

Таблиця 1. Значення звукового тиску в приміщенні 1

№ точки	Експериментальні, дБ	Розраховані, дБ	№ точки	Експериментальні, дБ	Розраховані, дБ
1	89	85,9	9	93	93,7
2	90	86,6	10	92,5	91,6
3	91	87,5	11	92	89,9
4	92	88,6	12	92	88,6
5	92	89,9	13	92	87,5
6	92,5	91,6	14	90	86,6
7	93	93,4	15	89	85,9
8	96	94,9			

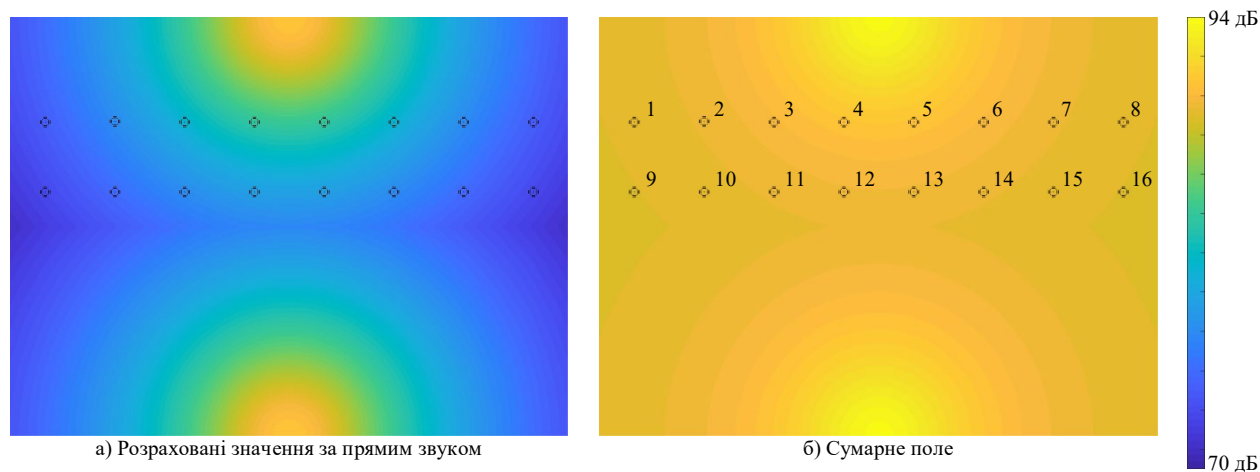


Рис. 4. Розподіл рівня звукового тиску по площі приміщення 2

ТАБЛИЦЯ 2. ЗНАЧЕННЯ ЗВУКОВОГО ТИСКУ В ПРИМІЩЕННІ 2

№ точки	Експериментальні, дБ	Розрахункові, дБ	№ точки	Експериментальні, дБ	Розрахункові, дБ
1	78	80,5	9	77,5	80,5
2	78,5	81,6	10	78	81,4
3	80	82,9	11	78,5	82,2
4	81	83,9	12	79	82,8
5	81	83,9	13	79	82,8
6	80	82,9	14	78,5	82,2
7	79	81,6	15	78	81,4
8	78	80,5	16	77,5	80,5

ВИСНОВКИ

Запропонована методика та розроблене програмне забезпечення дозволяє обрати необхідну кількість сповіщувачів і схему їх встановлення для забезпечення заданого рівня звукового тиску в приміщенні. При цьому враховуються розміри приміщення та його призначення, а також акустичні характеристики сповіщувачів.

Перевірка результатів, отриманих за допомогою розробленого калькулятора, шляхом аналітичних розрахунків методом координат і вимірювань звукового поля для обраних приміщень підтверджує достовірність результатів та зроблених рекомендацій щодо вибору системи сповіщення.

Розробка може бути застосована і для систем сповіщення, встановлених на відкритому просторі, оскільки розрахунки виконуються із забезпеченням достатнього рівня прямого звуку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] “Programmy’ raschetov dlya sistem opoveshcheniya | Omega Saund [Calculation programs for warning systems | Omega Sound].” [Online]. Available: <https://omegasound.ru/support/programmy-raschetov/>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [2] “ESCORT: electro-akusticheskij’ raschet [ESCORT: electro-acoustic calculation].” [Online]. Available: http://www.escortpro.ru/page/support/ea_calculation.php. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [3] “TekhnoSfera - Programmy’ [TechnoSphere - Programs].” [Online]. Available: <https://www.ivtechno.ru/downloads>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [4] “CooperWheelock.” [Online]. Available: <http://www.cooperindustries.com/content/public/en/safety/notification.html>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [5] “Specifika rasstanovki rechevykh opoveshchatelej | ESCORT [The specifics of speech annunciators placement].” [Online]. Available: http://www.escortpro.ru/page/article/article117_rasstanovka_gromkogovoriteley.htm. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [6] “Bezopasnost cheloveka, oborudovaniya i okruzhayushchej sredy. - Pfannenbergl [Human, equipment and environmental safety. - Pfannenbergl].” [Online]. Available: <https://www.pfannenbergl.com/ru/>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [7] “PSS Sizing Software - Pfannenbergl.” [Online]. Available: <https://www.pfannenbergl.com/ru/servis-podderzhka/programmnoe-obespechenie-i-dannye/pss-sizing-software/>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [8] “Pfannenbergl Calculation Software.” [Online]. Available: <http://www.pss-pfannenbergl.com/>.
- [9] “Raschet kolichestva gromkogovoritelej | IPA - Audio [Calculating the number of loudspeakers | IPA - Audio].” [Online]. Available: <http://www.ipa-audio.com.ua/kalkulyator/raschet-kolichestva-gromkogovoritelej>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [10] V. Anert and V. Raikhardt, *Osnovy tekhniki zvukousileniya [Fundamentals of sound amplification techniques]*. 1984.
- [11] R. V. Rudenko, “Vimiryuvannya akustichnikh kharakteristik zvukovikh opovishchuvachiv dlya avarinoin signalizacii [Measuring the acoustic characteristics of sound] alarms,” in *XI MIZHNARODNA NAUKOVO-TEKHNICHNA KONFERENCIYA MOLODIKH VCHENIKH “ELEKTRONIKA-2018” [XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS “ELECTRONICS-2018”]*, 2018, pp. 19–22.
- [12] S. A. Lunova, V. S. Didkovskii, and O. I. Pedchenko, *Akustyka movotvorenniya [Acoustics linguistic creation]*. 2018.
- [13] M. A. Sapozhkov, A. P. Efimov, A. V. Nikonov, and V. I. Shorov, *Akustika. Spravochnik [Akustika. Handbook]*. 1989.
- [14] S. A. Luneva, V. S. Didkovskii, and D. E. Zakharenko, “Vizualizaciya polya priema zvuka [Visualization of the audio reception field],” *E’lektronika i svyaz’ [Electronics Commun.]*, pp. 73–76, 2007.

Надійшла до редакції 30 листопада 2018 р.



УДК 534.612

Акустический расчет системы оповещения для аварийной сигнализации

Руденко^а Р. В., ORCID [0000-0001-9473-0570](https://orcid.org/0000-0001-9473-0570)е-mail rudenkoroman96@gmail.comЛунева^с С. А., к.ф.-м.н. доц., ORCID [0000-0003-0683-1211](https://orcid.org/0000-0003-0683-1211)е-mail svetlana_lunyova@yahoo.com

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» kpi.ua

Киев, Украина

Аннотация—Статья посвящена созданию методики и программного обеспечения для акустического расчета систем оповещения. Проанализированы существующие методы расчетов систем оповещения. Рассмотрена задача создания заданного акустического поля массивом оповещателей. Согласно предложенной методике, разработано программное обеспечение на базе Java - «акустический калькулятор». Достоверность результатов подтверждена расчетами, выполненными «методом координат», и экспериментальными измерениями значений звукового давления. Разработка позволяет выбрать количество и схему установки оповещателей для обеспечения достаточного уровня прямого звука.

Библ. 14, рис. 7, табл. 2.

Ключевые слова — акустический калькулятор; массив оповещателей; программное обеспечение; акустическое поле; методика.



Acoustic calculation of the notification system for the alarm system

R. V. Rudenko^a, ORCID [0000-0001-9473-0570](https://orcid.org/0000-0001-9473-0570)

e-mail rudenkoroman96@gmail.com

S. A. Lunova^s, Ph.D, Assoc., ORCID [0000-0003-0683-1211](https://orcid.org/0000-0003-0683-1211)

e-mail svetlana_lunyova@yahoo.com

National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute» kpi.ua

Kyiv, Ukraine

Abstract— Firstly, the design of emergency alert systems consists in calculating the number of audio or speech emitters that is necessary to ensure sufficient sensitivity and readability of the message. Calculations are based on the acoustic power of the emitter and the value of the sound level pressure that must be created depending on the destination of the room. Secondly, you should choose the optimal layout of the detectors for the specified dimensions of the room and its configuration.

For the convenience of performing calculations by leading companies – manufacturers of relevant products have developed a variety of software options, so-called "acoustic calculators".

In Ukraine, the design of emergency notification systems is not given enough attention. This leads to the fact that designers use information to install predominantly Russian information resources. Developers of Russian companies have certain disadvantages, as well as executed in regulatory documents that are different from the international standards adopted in Ukraine.

The article proposes a method for creating software for calculating the notification system. The calculation is based on the distance definiteness from the detector to the sounding plane, which satisfies the condition of maintaining a given level of sound pressure.

Calculations are performed separately for sound (non-directional) detectors and speech emitters. In this work, the approximated directional characteristics of detectors, which were considered in horizontal and vertical planes, were used. The directed action of speech detectors is taken into account by the value of the directional factor at the frequency corresponding to the maximum radiation energy.

The result of the acoustic calculator is the number of selected detectors, the type of their placement system (which is selected by the user, but can be adjusted during the calculation, as well as the detector type), the scheme of their placement in the room.

The article provides an interface program and examples of calculations with a sample of calculations for two rooms. For selected premises, the results obtained using the "acoustic calculator" are checked by calculating the sound field by the analytical method as well as by the experimental one. In the premises, recommended notification systems are installed, and measurements of sound field levels are performed. Analytical calculations and experimental data confirm the reliability of the results obtained with the help of the developed "acoustic calculator".

Ref. 14, fig. 7, tabl. 2.

Keywords – acoustic calculator; array of alarms; software; acoustic field; method.

