

В.Е. Абракітов, С.В. Нестеренко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

КРИТЕРІЇ ПОДІБНОСТІ ПРИ ФІЗИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ АКУСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

При дослідженні шумового режиму важливо мати інформацію про кількісні і якісні характеристики акустичних процесів, що відбуваються. Завдання аналізу та прогнозування шумового режиму практично на будь-якому об'єкті може бути зведено до побудови моделі. Завжди до досліджень авторів існували вимоги подібності до моделювання процесів розповсюдження хвильових випромінювань. Але треба доповнити систему відомих вимог подоби при аналоговому і фізичному моделюванні. Система розрахункових співвідношень, що створена авторами, органічно влітається в таку існуючу систему вимог подібності, значно доповнює, поширює їх, та переводить на новий якісно вищий рівень. Число основних констант подібності прийнято рівним 7, а інші масштабні співвідношення формулюються за відомими в фізиці взаємозалежностями фізичних величин і представляють собою комбінацію таких семи основних констант подібності. Вирішене дуже важливе для практичної мети завдання про вимірювання параметрів модельного випромінювання в дБ з чітким дотриманням вимог подібності, що дозволяє таритувати шкалу вимірвальних пристроїв належним чином.

Ключові слова: акустика, константа подібності, фізичне моделювання, шумовий режим.

Постановка проблеми

При дослідженні шумового режиму найрізноманітніших об'єктів міського господарства, де людина піддається впливу шуму, при дослідженні шляхів його оптимізації, розробці шумозахисних заходів, визначенні їхньої ефективності та ін. важливо мати інформацію про кількісні і якісні характеристики акустичних процесів, що відбуваються [1].

Разом з тим натурні дослідження звукового поля, зокрема, виміри акустичної ефективності шумозахисних заходів і засобів, можуть бути здійснені тільки на вже реально існуючому об'єкті.

У той же час практично по всіх відомих критеріях зручніше й вигідніше передбачати (проектувати, конструювати) шумозахисні заходи й засоби на стадії проектування або реконструкції цього об'єкта, щоб мати змогу підбирати різні заходи й засоби, варіювати їхніми параметрами й т.п. Тому на стадії проектування або реконструкції будь-якого об'єкта міського господарства дослідження процесів поширення звукових хвиль (шуму) для вдосконалення умов акустичної безпеки в процесі життєдіяльності людини можна здійснити тільки шляхом моделювання [2].

Роль моделювання при вивченні шкідливого впливу об'єктів техніки на людину, принципи й варіанти побудови моделей таких об'єктів розглянуті в роботі [3, с.20], де прямо зазначено: «Использование визуальных моделей позволяет представить

разработчику эффективных технических решений все факторы в их взаимосвязи, влияющие на экологическое равновесие ... В связи с этим требуется максимальный охват моделированием всех объектов, задач и проблем.»

Моделювання, у т.ч. фізичне, може бути застосоване при вирішенні наступних завдань охорони праці [4]:

- прогнозування, картографування, оцінки шумового режиму на об'єкті, що захищається;
- вивчення шляхів оптимізації шумового режиму на об'єкті, що захищається, шляхом підбору різних варіантів шумозахисних заходів і засобів, їхніх конструктивних параметрів;
- розробка вдосконалених конструкцій засобів боротьби із шумом та ін.

Завдання аналізу та прогнозування шумового режиму практично на будь-якому об'єкті, у т.ч. завдання оцінки ефективності шумозахисних заходів та засобів, може бути зведено до побудови моделі, що відповідним чином відбиває поведінку натурального об'єкту (та натурних явищ та процесів, що характерні для нього).

Найбільш сприятливі умови для вирішення таких завдань створюють експерименти з використанням аналогового моделювання як одного з найбільш ефективних і економічних методів дослідження, що дозволяє проводити їх в умовах, максимально наближених до реальних. Достойнство експериментальних досліджень на моделях – здійснення фізичних спостережень на основі ідеальних умов, що немож-

ливо забезпечити в натурі. Не слід забувати, що мова йде про складніші дифракційні процеси на території міської забудови, де будинки, дерева, рельєф місцевості викликають несподівані ефекти, що важко піддаються математичному опису.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Фізичне моделювання здійснюється за допомогою моделей, подібних до природи, тобто подібні величини моделі й природи мають однакову фізичну природу й однаковий математичний опис. При цьому зберігаються особливості природного експерименту, але полегшується одержання результатів, тому що первісно обрані зручні діапазони виміру фізичного поля. Стосовно до акустичного моделювання з метою боротьби із шумом здійснюються два різновиди моделювання:

- моделювання процесів випромінювання (або джерел шуму),
- моделювання процесів поширення звуку [5].

Відомий спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів, відповідно до якого при цьому висувуються наступні вимоги подібності [6, 7]:

1. Геометрична подібність моделі природі (що досягається шляхом виготовлення зменшеної чи збільшеної у c_L разів моделі, що зберігає особливості, розташування, конфігурацію і т.п. ознаки елементів, подібних до природних, (де $c_L = n:1; \dots; 2:1; 1:1; 1:2; \dots; 1:n$) – масштаб лінійних розмірів).

Лінійні розміри моделі L_M зв'язані з лінійними розмірами природи L_N співвідношенням:

$$L_M = c_L \cdot L_N, \text{ м}, \quad (1)$$

де c_L – константа подібності (див. вище).

Площі моделі S_M і природи S_N зв'язані співвідношенням:

$$S_M = c_L^2 S_N, \text{ м}^2, \quad (2)$$

Адекватні обсяги в моделі і природі зв'язані як:

$$V_M = c_L^3 V_N, \text{ м}^3. \quad (3)$$

2. Дотримання рівності відносин лінійних розмірів L до довжини хвилі λ у моделі (індекс $_M$) і в природі (індекс $_N$) (що досягається шляхом зміни довжини хвилі λ_M і частоти f_M звуку в моделі стосовно природних λ_N і f_N) при рівності швидкості розповсюдження звуку в моделі c_M та природі c_N .

Звук у середині моделі розповсюджується з такою ж швидкістю, як і в природі. Вимоги подібності наведено згідно з [5]:

$$\lambda_M = \lambda_N c_L, \text{ м},$$

$$f_M = f_N / c_L, \text{ Гц},$$

$$c_M = c_N, \text{ м/с}.$$

У загальному випадку такі умови не зовсім коректні [8]. Вони діють тільки при наявності останнього, третього пункту з вищезгаданої системи рівнянь.

Мета статті

Покажемо, що в цієї триєдності має рацію, а що – ні. Насправді, для моделювання явища дифракції необхідно дотриматися подібності відносин лінійних розмірів досліджуваного об'єкта до довжини хвилі природного випромінювання й аналогічного відношення відповідних параметрів моделі:

$$L_N / \lambda_N = L_M / \lambda_M,$$

де L_N і L_M – розміри моделі відповідно в природі й моделі, м, (див. вище);

λ_N, λ_M – довжина хвилі відповідно в природі і моделі, м.

Для дотримання цієї вимоги при умові основної залежності при дотриманні умови рівності швидкості розповсюдження звуку в моделі c_M та природі c_N потрібно змінити довжину хвилі джерела випромінювання (на моделі). Це значить, що при зменшенні моделі щодо природи доводиться переходити в область короткохвильових випромінювань, а при збільшенні – у довгохвильову область. При недотриманні цієї немаловажної умови не дотримується подібність в явищах дифракції.

3. Дотримання рівності імпедансів у моделі й у природі. Як указується, наприклад, у [9], ця вимога практично нездійсненна і на практиці замінюється рівністю коефіцієнтів звукопоглинання $\alpha_M = \alpha_N$ (що досягається шляхом підбора при конструюванні моделі адекватних матеріалів задля виготовлення подібних природним (за призначенням) поверхонь в моделі, що відбивають енергію, кутів падіння звуку і т.п.).

У більшості випадків ця вимога просто замовчується, за винятком роботи [9], де прямо вказується, що тиски в моделі й в природі повинні бути рівними. Те, що це не так, можна показати різними способами, наприклад, записавши загальновідоме рівняння стану ідеального газу, що зв'язує початковий 1 і кінцевий 2 стани того самого газу через його тиск P , температуру Q і обсяг V для кожного із станів:

$$P_1 V_1 / Q_1 = P_2 V_2 / Q_2 = const$$

і замінивши індекси станів 1 і 2 індексами станів відповідно індексами $_N$ (натура) і $_M$ (модель). З огляду на те, що при моделюванні $c_L \neq 1:1$, ізобаричний процес виключений, тобто адекватні обсяги газу в моделі $V_M = V_2$ і в природі $V_N = V_1$ різні. Рівність тисків у моделі й природі грубо порушує подібність, – а особливо саме при акустичному моделюванні, де мова йде про передачу звуку саме за рахунок звукового тиску, тобто в (1) тисків в збуреному й незбуреному місцях середовища.

Наприклад, запишемо те саме рівняння стану ідеального газу, ввівши в усі вхідні в нього величини індекси ($_M$ – модель, $_N$ – натура):

$$P_M V_M / T_M = P_N V_N / T_N \quad (5)$$

де P_N, P_M – тиск відповідно в натурі і моделі, Па;

T_N, T_M – температура відповідно натурі і моделі, К.

Використовуючи залежність взаємозв'язку адекватних обсягів у моделі і в натурі, перепишемо у вигляді:

$$P_M c_L^3 V_M / T_M = P_N V_N / T_N \quad (6)$$

З цього випливає, що при $T_M = P_N V_N / T_N = const$ величини тиску в моделі й натурі взаємозалежні:

$$P_N = P_M c_L^3 \quad (7)$$

При однаковому тиску $P_N = P_M = const$ у моделі й натурі взаємозалежні температури:

$$T_M = T_N c_L^3 \quad (8)$$

Це означає, що, зменшуючи модель, ми повинні або збільшувати тиск, або зменшувати температуру в моделі порівняно з натурою для дотримання теорії подібності.

Виклад основного матеріалу

З урахуванням вищесказаного, нами були запропоновані скориговані відомі вимоги подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів, що призвело до створення невідомого раніше способу досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів, захищеного патентом України [10]. Таким чином, у рамках наших власних досліджень, створений (і апробований) спосіб досягнення подоби при фізичному моделюванні акустичних процесів [10], що включає дотримання геометричної подоби моделі і натурі, дотримання рівності відношенні лінійних розмірів до довжини хвилі в моделі й у натурі, дотримання рівності імпедансів чи коефіцієнтів звукопоглинання в моделі й у натурі, який, відповідно до запатентованої формули винаходу, відрізняється тим, що моделювання проводять у реальному масштабі часу, дотримуючи рівності адекватних проміжків часу в моделі і у натурі, за рахунок того, що забезпечують у моделі швидкість поширення звуку, рівну добутку швидкості поширення звуку в натурі на масштаб лінійних розмірів.

Передбачено також, що у визначених формах використання (чи конкретних видах реалізації) відповідно до запатентованої нами формули винаходу запропоновані такі варіанти:

– при рівності газових постійних у моделі й у натурі і рівності в них постійних адіабати, тобто при використанні як середовище поширення звукових хвиль того самого газу як у моделі, так і в натурі, (наприклад, повітря), забезпечують температуру цього газу в моделі, рівну добутку температури цього газу в натурі на масштаб лінійних розмірів, зведений у другий ступінь, при однакових тисках газу в них.

– при рівності газових постійних у моделі й у натурі і рівності в них постійних адіабати, тобто при

використанні як середовище поширення звукових хвиль того самого газу як у моделі, так і в натурі, наприклад, повітря, забезпечують тиск цього газу в моделі, рівний відношенню тиску цього газу в натурі до масштабу лінійних розмірів, зведеному в другий ступінь, при однакових значеннях температур у них.

– як середовище поширення звукових хвиль у моделі використовують газ з хімічним складом, відмінним від хімічного складу газу, що є середовищем поширення звукових хвиль у натурі, наприклад, повітря.

Альтернативне (а не спільне) дотримання одних (і, відповідно, недотримання інших) форм його реалізації (тобто коли всі 4 вищевказані формулювання розглядаються не в комплексі, а як взаємно несумісні альтернативні варіанти) є частковим випадком загальної закономірності і базується на свідомо ідеалізованому представленні про ізобаричний плин процесів, – (припускає рівняння одиниці комплексу значень $c_m \cdot c^2 \cdot T \cdot c^{-1} \cdot L$ при величині P_N у виведеній автором формулі, що зв'язує адекватні величини тисків у моделі P_M і натурі P_N):

$$P_M = c_m \cdot c^2 \cdot T \cdot c^{-1} \cdot L \cdot P_N$$

Хоча, звичайно ж, це значно полегшує життя експериментаторам, які на практиці будують фізичні моделі.

З врахуванням вищевказаного, треба доповнити систему відомих вимог подоби при аналоговому і фізичному моделюванні, що сформульовані вище. Згідно з системою вимог подоби при аналоговому і фізичному моделюванні, описаною там, додається ще один пункт (додаткові критерій і індикатор подоби згідно [10]):

Проведення моделювання у реальному масштабі часу, дотримуючи рівності адекватних проміжків часу в моделі і у натурі, за рахунок того, що забезпечують у моделі швидкість поширення звуку, рівну добутку швидкості поширення звуку в натурі на масштаб лінійних розмірів.

Додаткові критерій і індикатор подоби згідно [10]:

<p>Критерій подібності</p> $\frac{P_M V_M}{Q_M} = \frac{c_L^{-1} c_m c_T^{-2} P_N c_L^3 V_N}{c_Q Q_N}$ $= \frac{c_L^2 c_m c_T^{-2} P_N V_N}{c_Q Q_N}$	<p>Індикатор подібності</p> $\frac{P_N V_N Q_M}{Q_N P_M V_M} = 1 \rightarrow$ $\frac{(P_N V_N)(c_Q Q_N)}{Q_N (c_m c_L^2 c_T^{-2} P_N V_N)} = 1$ $\rightarrow \frac{c_Q}{c_m c_L^2 c_T^{-2}} = 1$
---	--

Система формул, виведена авторами, зв'язує адекватні параметри аналогової моделі і натурального звукового випромінювання через деякі масштабні параметри, що називаються константами подібності, і дозволяє таритувати пристрої, що вимірюють, на

моделі та чисельно оцінити характеристики розповсюдженого випромінювання.

Число основних констант подібності прийнято рівним 7 (за числом основних фізичних величин згідно з системою СИ), а інші масштабні співвідношення формулюються за відомими в фізиці взаємозалежностями фізичних величин і представляють собою комбінацію таких семи основних констант подібності. Так, наприклад, адекватні величини тиску (в т.ч. звукового) в моделі P_m , Па, та в натурі P_n , Па пов'язані між собою співвідношенням:

$$P_m = c_m \cdot c^{-2} \cdot T \cdot c^{-1} \cdot P_n,$$

а адекватні рівні інтенсивності звуку L_m і L_n в моделі та в натурі можуть бути пов'язані між собою таким чином (розглядаються 2 варіанти):

1) Точна фізична і математична залежність:

$$L_m = L_n = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot T \cdot I_n}{c_m \cdot c^{-3} \cdot T \cdot 10^{-12}}, \text{ дБ},$$

зادля забезпечення якої в моделях запропоновано наш винахід «Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів» за патентом України [10].

2) Умовна і більш практично зручна залежність (замість математично більш правильної (але незручної на практиці) точної попередньої залежності):

$$\begin{cases} I_{0m} = I_{0n} = I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \\ L_m = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot T \cdot I_m}{I_0} = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot T \cdot I_m}{10^{-12}}, \text{ дБ} \\ L_m \neq L_n, \text{ дБ} \end{cases}$$

при якій адекватні рівні інтенсивності звуку пов'язані між собою деякою умовною масштабною пропорцією.

При необхідності число основних констант подібності може бути зменшено до трьох. При тому зменшується наочність, але добути взаємозалежності модельних та натурних параметрів не втрачають свого математичного та фізичного змісту, і можуть бути застосовані при переході від однієї системи до іншої.

Нова частина з всього обсягу скоригованих вимог подібності, що була розроблена особисто ними, та має цілковиту наукову новизну, запатентована у вигляді винаходу [10].

Висновки

Слід зазначити, що задовго ще до досліджень авторів існували відомі вимоги подібності до моделювання процесів розповсюдження хвильових випромінювань. Система розрахункових співвідношень, що створена авторами, органічно влітається в таку існуючу систему вимог подібності, значно доповнює, поширює їх, та переводить на новий якісно вищий рівень.

Як зазначено вище, велику увагу нами зроблено на взаємозв'язок параметрів натурального звуку

(рівень звукового тиску, що вимірюється в дБ) та адекватних їм параметрів ЕМВ, що вимірюються в Вт/м². Таким чином, вирішене дуже важливе для практичної мети завдання про вимірювання параметрів модельного випромінювання в дБ з чітким дотриманням вимог подібності, що дозволяє таритувати шкалу вимірювальних пристроїв належним чином.

Література

1. Абракітов В.Е. Роль моделювання акустичних процесів при оптимізації шумового режиму сучасного міста. /В. Е. Абракітов. // Науковий вісник будівництва. Вип. 30. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. – Т. 2. – С. 1190 – 195.
2. Абракітов В.Э. Эргономическая оценка реконструируемых территорий городов по критерию их акустического комфорта. /В. Э. Абракітов. // Тезисы докладов XXX научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. Харьков, 2000. – С. 75.
3. Александров Л.В.. Роль изобретений в охране окружающей среды. /Л. В. Александров, Ю. А. Карпова, Н. П. Шевелев // Москва: ВНИИПИ, 1991. – 84 с.
4. Абракітов В.Э. Совершенствование методов прогнозирования шумового режима урбанизированной среды с целью обеспечения акустического комфорта жителей современного города /В. Э. Абракітов. // Програма роботи секції № 7 „Проблеми будівництва та міського господарства” Першій обласній конференції молодих науковців „Тобі, Харківчине, – пошук молодих”, що проводилась в межах форуму „Освіта, наука, виробництво – шляхи інтеграції”, 19-20 березня 2002 р. – С. 4.
5. Абракітов В.Э. Совершенствование методов физического моделирования звука в целях повышения надежности систем городского хозяйства / В.Э. Абракітов, Б. М. Коржик // Повышение эффективности и надежности систем городского хозяйства: Сб. научных трудов. К.: ИСДО, 1993. – С. 84-91.
6. Осипов Г. Л. Градостроительные меры борьбы с шумом / Г. Л. Осипов., Б. Г Прутков., И. А. Шишкин, И. Л. Карагодина. Москва: Стройиздат, 1975. – 215 с.
7. Гардашьян В. М. Условия тождественности акустических свойств помещения и модели. // Труды НИКФИ, № 28, М., 1959.
8. Ильина Н.А. Смещение физических параметров при аналоговом моделировании процессов распространения света в целях повышения эффективности и надежности систем городского хозяйства / Ильина Н. А., Карпалюк И.Т., Абракітов В.Э. // Повышение эффективности и надежности систем городского хозяйства: Сб. научных трудов. К.: ИСДО, 1994. – с.122-125.
9. Борьба с шумом / Под ред. Юдина Е.Я. Москва: Издательство литературы по строительству, 1964. – 701 с.
10. Патент № 22943А (Україна). Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів / Сафонов В.В., Абракітов В.Е, Захаров Ю.І. – МПК6 G 09 В 23/14. Опубл. 05.05.98.

References

1. Abrakritov V.E. The role of the modluvanna of acoustic processes at the optimum noise mode of the good-sister city.

1. V. E. Abrakytov. Science in the world. Vip. 30. HarkIV: HDTUBA HOTVABU, 2005. T. 2. – S. II-190 – 195.
2. Abrakitov V.E. Ergonomic assessment of the reconstructed areas of cities on the criterion of their acoustic comfort. /V. E. Abrakitov. Theses reports of the XXS Scientific and Technical Conference of Teachers, Graduate Students and Staff of HGAH. Kharkiv, 2000. – S. 75.
3. Alexandrov L.V. The role of inventions in environmental protection. /L. V. Alexandrov, Yu A. Karpova, N.P. Shevelev // Moscow: VNIPI, 1991. 84 s.
4. Abrakitov V.E. Improving the methods of predicting the noise mode of the urbanized environment in order to provide acoustic comfort to the inhabitants of the modern city / V.E. Abrakitov. Robots No. 7 "Problems of the budnitsviah of the very lordship" Pershy obsses of young sciences in "Toby, Harkivshchyno, – the posh of the young, was held in the forum "Osvita, Science, Virobnitvo – Nobility of the Yutegratz", 19-20 birch 2002 – S. 4.
5. Abrakitov V.E. Improving the methods of physical sound modeling in order to improve the reliability of urban economy systems / V.E. Abrakitov, B. M. Korzhik / Improving the efficiency and reliability of urban economy systems: Sat. scientific works. K.: ISDO, 1993. – S. 84-91.
6. Osipov G. L. Urban Planning Measures to Combat Noise / G. L. Osipov,, B.G. Prutkov,, I.A. Shishkin, I.L. Karagodin. Moscow: Stroyizdat, 1975. 215 s.
7. Gardashian V. M. Conditions of the identity of the acoustic properties of the room and the model. WORKS OF NIKFI, No. 28, M., 1959.
8. Ilyina N.A. Shifting physical parameters in analog simulation of light distribution processes in order to improve

- the efficiency and reliability of urban economy systems / Ilyina N.A., Karpalyuk I.T., Abrakitov V.E. // Improving the efficiency and reliability of urban economy systems: Sat. scientific works. K.: ISDO, 1994.– p.122-125.
9. Noise Control / Under Ed. Yudina E.Y. Moscow: Publishing Literature on Construction, 1964. 701 s.
10. Patent No. 22943A (Ukraine). Posob reach of the sub-industry at the natural modlumann acoustic processes / Safonov V.V., Abrakytov V.E., I.I. – IPC6 G 09 In 23/14. A opoble. 05.05.98.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: АБРАКІТОВ Володимир Едуардович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – abraitov67@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0583-5122>

Автор: НЕСТЕРЕНКО Світлана Володимирівна
кандидат технічних наук, старший викладач
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – spriz.72@ukr.net

CRITERION SUBSUBLIC AT THE NATURAL MODELUVAN OF ACOUSTIC PROCESSES

V. Abrakitov, S. Nesterenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

It's important for the mother to be in the noise regime. At the same time, field studies of the sound field, in particular, measurements of the acoustic efficiency of noise protection measures and means, can be carried out only on an already existing object. It's practical for the can of arouse of the noise regime to be The task of analyzing and predicting noise mode on almost any object can be reduced to the construction of the model. Long before the authors' research, there were known requirements for similarity to modeling of wave emitted distribution processes: geometric similarity of the model of nature; observance of equality of relations of the linear sizes to wavelength in model and in kind; observance of equality of impedances in model and in kind. But it is necessary to supplement the system of known likeness requirements with analog and physical modeling. The system of strife, which is made by the authors, is to be put into such a system of vihelovny, I will expand, and I will transfer to the new yaks. The number of main constants of similarity is taken equal to 7, and other large-scale corroperative-pity are formulated according to the known in physics interdependences of physical values and represent a combination of such basic constants of similarity. The number of main constants of similarity is taken equal to 7, and other large-scale corroperative-pity are formulated according to the known in physics interdependences of physical values and represent a combination of such basic constants of similarity. Alternative (rather than joint) observance of some (and, accordingly, non-observance of other) forms of implementation (ie when all formulations are considered not in a complex, but as mutually incompatible alternatives) is a partial case of general regularity and is based on consciously idealized representation. About the isobaric flow of processes. Carrying out real-time simulation, observing the equality of adequate time intervals in the model and in kind, due to the fact that the model provides the speed of sound propagation, equal to the product of the speed of sound propagation in kind on the scale of linear dimensions.

Solved is very important for the practical purpose of the task of measuring the parameters of model radiation in dB with clear compliance with the requirements of similarity, which allows to tarize the scale of measuring devices properly.

Keywords: acoustics, constant sub-nos, natural model, noise mode.