



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15212 (13) A

(51) G 09 B 23/14

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВО

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

без проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.

Публікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ АНАЛОГОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ

1

- (21) 93007054
(22) 22.10.93
(24) 30.06.97
(46) 30.06.97. Бюл. № 3
(56) 1. Леушин П.И. Исследования по противошумовому благоустройству в городах. Диссертация. Л., 1952.
2. Юдин Е.Я. Борьба с шумом. М., Стройиздат (прототип).
(72) Абракітов Володимир Едуардович, Коржик Борис Михайлович, Серіков Яків Олександрович, Карпалюк Ігор Тимофійович
(73) Абракітов Володимир Едуардович (UA), Коржик Борис Михайлович (UA), Серіков Яків Олександрович (UA), Карпалюк Ігор Тимофійович (UA)

2

(57) Способ аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн, включающий моделирование процесса распространения звуковой энергии на модели исследуемого объекта и измерение ее величины в контролируемых точках модели, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что осуществляют излучение радиоволн на модели исследуемого объекта посредством радиопередатчика с передающей антенной, которым имитируют натуральный источник звука, волновой процесс распространения звуковой энергии моделируют волновым процессом распространения радиоволн, и измеряют напряженность электромагнитного поля в контролируемых точках модели исследуемого объекта посредством радиокомпаратора.

Изобретение относится к области приборостроения, а именно к способам исследования характеристик звукового поля косвенными методами и может найти применение при моделировании процессов распространения звуковых волн на территории города в целях исследования ее зашумленности промышленным, транспортным и другим шумом и при моделировании процессов распространения звуковых волн внутри помещений в целях прогнозирования их шумового режима или в целях архитектурной акустики.

Известно моделирование распространения шума в городской застройке оптическими методами [1]. Источник звука при

таком способе аналогового моделирования имитировался при помощи источника света, все отражающие поверхности (фасады зданий и т.п.) были выполнены из зеркал, а измерение интенсивности звуковой энергии было заменено измерением освещенности. Этот способ характеризуется отсутствием положительных результатов из-за несоблюдения требования подобия – соотношения длин волн и геометрических размеров моделей здания, территории и т.п. не были равными в модели и в натуре, а согласно известных требований подобия они должны быть равны, что особенно важно при моделировании дифракционных явлений, неизбежно сопровождающих распространение

(19) UA (11) 15212 (13) A

звуковых волн. В специальной литературе [2] прямо указано, что таких ненадежных методов моделирования следует избегать.

Также известен способ аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн внутри помещения [Авторское свидетельство 1019480 СССР, МКИ кл. С 09 В 23/14. Опубл. 1983]. Способ, включающий моделирование процесса распространения звуковой энергии на модели и измерение ее величины в контролируемых точках модели, реализован в вышеуказанном устройстве по А.с. 1019480, содержащем имитатор звукового излучения, состоящем из точечного и мнимого источника света, и средство регистрации из блбков фотодиодов со светодиодами для установки на точечном и мнимом источнике света, а также отражающие поверхности. Из формулы и описания прототипа явно следует, что моделирование процесса распространения звуковой энергии осуществляется распространением световой энергии, причем в видимом диапазоне длин световых волн, а измерение ее величины в контролируемых точках модели помещения осуществляется путем регистрации освещенности.

Недостатком данного способа является низкая достоверность данных, а точнее – ее отсутствие из-за несоблюдения требования подобия волновых явлений при распространении волн – несоблюдение отношения линейных размеров L к длинам волн в модели и в натуре:

$$\frac{L_M}{\lambda_M} = \frac{L_N}{\lambda_N} \quad (1)$$

где: m – модель;
 n – натура.

(Тот же недостаток, что и у вышеуказанного аналога). При этом из-за очень малых длин волн λ , которые для видимого света находятся в диапазоне $380 \text{ нм} < \lambda < 770 \text{ нм}$, построение модели помещения с соблюдением требования подобия попросту невозможно! Даже при использовании этого способа к моделированию процесса распространения звуковых волн на территории городской застройки, выполненной в значительно меньшем масштабе, чем модель помещения результаты моделирования плачевны.

Например, длина звуковой волны λ_n при частоте $f_n = 10 \text{ кГц}$ составляет $\lambda_n = 0,034 \text{ м}$. Известно, что длина световой волны, соответствующая зеленому цвету спектра, составляет $\lambda_n = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

Откуда

$$L_M/5,5 \cdot 10^{-7} = L_N/3,4 \cdot 10^{-3}$$

$$L_M = 1,6 \cdot 10^{-4} L_N$$

$$m_l = L_M/L_N = 1,6 \cdot 10^{-4}$$

Таким образом вычислен масштаб линейных размеров модели, равный $1,6 \cdot 10^{-4}$, при котором модель жилого дома из шести этажных секций, имеющая линейные размеры $134 \times 36 \times 14$ метров имеет размеры $2,2 \times 0,6 \times 0,23$ мм. На таких микроскопических моделях трудно и практически невозможно достоверно исследовать процессы распространения звуковых волн. Таким образом, известный способ аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн, основанный на использовании в качестве моделирующей энергии энергию световых волн в видимом диапазоне и измерении освещенности в контролируемых точках объекта, характеризуется крайне ограниченной областью применения и недостаточной достоверностью из-за отсутствия возможности реализовать при построении модели требования подобия.

Задачей изобретения является расширение области применения способа аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн и повышение его достоверности.

Поставленная задача решается тем, что способ аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн, включающий моделирование процесса распространения звуковой энергии на модели исследуемого объекта и измерение ее величины в контролируемых точках модели, согласно изобретению, предусматривает, что волновой процесс распространения звуковой энергии моделируют волновым процессом распространения электромагнитных волн в диапазоне радиочастот, т.е. радиоволнами, и измеряют напряженность электромагнитного поля, причем в качестве моделей источника звука используют радиопередатчик с передающей антенной, а в качестве средства измерения величины моделируемой энергии – радиокомпаратор.

Использование в качестве моделирующей энергии электромагнитных волн в диапазоне радиочастот позволяет значительно расширить диапазон возможных масштабов линейных размеров при построении модели в отличие от крайне ограниченного диапазона масштабов линейных размеров в способе-прототипе, с возможностью соблюдения известных требований подобия при моделировании, за счет чего значительно расширяется область применения способа и увеличивается его достоверность. Согласно (Политехнический словарь. Под ред. Артабо-

левского И.И. М.: Сов. энциклопедия. 1977, с. 408) радиочастоты представляют собой частоты электромагнитных колебаний, занимающие диапазон, частично перекрывающийся в верхней части с диапазоном инфракрасных частот, в нижней – с частотой электрических колебаний звуковой частоты. В соответствии с международным регламентом радиочастоты делятся на 9 диапазонов с №№ 4–12 и охватывают полосу частот $3 \text{ кГц} < f < 3 \text{ ТГц}$ или длин волн $100 \text{ км} > \lambda > 0,1 \text{ мм}$. Поэтому нетрудно подобрать среди них требуемую полосу частот, исходя из масштабов имеющейся модели исследуемого объекта, чтобы соблюсти требование подобия, заключающееся в обеспечении равенства отношений линейных размеров к длинам волн в модели и в натуре, и выражающееся в изменении частоты моделирующего излучения по отношению к частоте натурального излучения обратно пропорционально масштабу линейных размеров модели. Так, например, если необходимо смоделировать излучение звуковых волн, имеющих частоту 1 кГц на модели объекта изготовленной в масштабе 1:100 (масштаб линейных размеров в модели по отношению к натуре, что с соблюдением вышеуказанного требования подобия (формула (1)) невозможно ни путем физического моделирования ("звук – звуком"), где модель должна быть выполнена в более крупном масштабе, чтобы не переходить в область ультразвуковых частот, которые нельзя применять при физическом моделировании согласно (Юдин Е.Я. Борьба с шумом. Коллектив авторов под ред. Юдина Е.Я., М.: Стройиздат, 1964. – с. 137–139) ни путем аналогового моделирования с использованием видимого света, где модель должна быть выполнена в значительно более мелком масштабе (например, $1 \cdot 10^{-4}$, как в вышеописанном примере), т.е. что невозможно осуществить ни одним из известных способов моделирования процессов распространения звуковых волн, согласно предлагаемому способу следует лишь применить так называемые километровые радиоволны 5-го диапазона с частотой 100 кГц

$$f_m = \frac{f_n}{m_l} = \frac{f_n}{0,01} = \frac{1000}{0,01} = 100000 \text{ Гц.}$$

Несмотря на разную природу, все волны подчиняются общим закономерностям, испытывают при распространении совершенно аналогичные между собой явления дифракции, интерференции, отражения и т.п., и правомерность использования радиоволн для моделирования звуковых волн не

вызывает сомнения, тем более, что в способе-прототипе звуковые волны заменяются световыми видимого диапазона. Энергетической характеристикой электромагнитного поля является его напряженность, которая будет различной в различных точках модели и определяется как раз особенностями волновых процессов (интерференция, дифракция и т.п.). Следовательно, количественно оценить распределение моделируемой энергии в различных точках контроля на модели можно путем измерения напряженности.

Источник звука на модели имитируется источником радиоволн соответствующей радиочастоты, подобранной с учетом указанного требования подобия, а именно радиопередатчиком, т.е. устройством для получения модулированных электрических колебаний. При этом радиопередатчик, отдельные узлы которого, такие как генератор и модулятор, источники электропитания и т.п. имеют большие линейные размеры, несоизмеримые с масштабом линейных размеров, в котором изготовлена модель исследуемого объекта, может быть отнесен от этой модели, на которой устанавливается лишь передающая антенна, выполненная в соответствующем масштабе и имеющая характеристику направленности, соответствующую источнику звука в натуре. Измерение напряженности электромагнитного поля волн производят радиокомпаратором, принцип действия которого основан на сравнении переменного электрического напряжения в антенне (приемной, выполняется также в соответствующем масштабе) с напряжением эталонного генератора.

Радиопередатчики, антенны и радиокомпараторы известны (Политехнический словарь. Под ред. Артаболевского И.И. М.: Сов. энциклопедия, 1977. – с. 406, 407, 28). Способ технически реализуем и может найти весьма широкое применение в целях прогнозирования шумового режима городских застроек, внутренних помещений в зданиях и т.п. в целях архитектурной акустики, также в целях моделирования акустических импульсов большой мощности, что имеет особо важное значение для теоретической физики пространства-времени.

Заявители в процессе патентного поиска не обнаружили аналогичных технических решений, вследствие чего следует считать, что оно обладает существенными отличиями.