

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЯМОГО ЗВУКА
КРУПНОГАБАРИТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ**

Шум, излучаемый объемными источниками в бесконечное полупространство, образует звуковое поле, в котором можно выделить так называемые ближние и дальние зоны. Ближней зоной источника шума является область вокруг него с радиусом R , равным удвоенному максимальному размеру источника [1]. Ближнее поле имеет сложные пространственно-временные характеристики, вызванные различными излучающими способностями элементов источника шума (станины, двигателя, рабочего органа и т.д.). Фронт звуковых волн в ближнем поле имеет изломанный вид и индивидуален для каждого источника. Таким образом, разработка единой модели, описывающей ближнее звуковое поле, не представляется возможным. В дальнем поле фронт звуковых волн сглаживается и стремится к сферической поверхности. В статье представлены три метода расчета прямого звука, излучаемого массивными источниками в бесконечное полупространство. Данный вопрос имеет большое значение для решения задач, связанных с распространением шума от зданий энергетических объектов (таких как ТЭЦ, котельные и т.д.) на прилегающую к ним территорию.

В первом методе фронт звуковых волн, излучаемых крупногабаритным источником шума, на определенном расстоянии от него рассматривается как полусфера, а сам источник как точечный (рис. 1). Уровень звукового давления в расчетной точке при излучении в сферу и полусферу соответственно определяется по формулам

$$L = L_p + 10 \lg(1/4\pi R^2); \quad (1)$$

$$L = L_p + 10 \lg(1/2\pi R^2), \quad (2)$$

где L_p – уровень звуковой мощности источника звука; R – расстояние от источника до расчетной точки, м.

Преимуществом метода является его простота, но при этом он имеет ряд существенных недостатков. В частности, метод может привести к значительным погрешностям в ближней зоне источника, так как вблизи его распределение уровней может быть очень сложным. В дальнем поле метод обладает достаточной точностью только для соразмерных источников шума.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.И. Антонова.

Протяженные в плане источники (участок дороги, производственные здания и т.д.) имеют цилиндрическое ближнее поле

$$L = L_p + 10\lg(1/\pi R), \quad (3)$$

при удалении от продольной оси источника уравнение для расчета уровней шума будет иметь вид, промежуточный между (2) и (3).

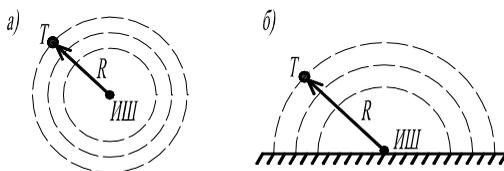


Рис. 1. Звуковое поле точечного источника шума:
a – при излучении шума в сферу;
б – при излучении в полупространство (полусферу)

Другим способом расчета прямого звука является метод воображаемой поверхности [1]. Он более точно описывает ближнее поле источника шума. При этом фронт звуковых волн представляет собой простые геометрические поверхности, в основном повторяющие форму источника, на которых уровни звукового давления имеют постоянную величину – поверхности равных уровней. Уровни звукового давления L , дБ, при этом следует определять по формуле:

$$L = L_p + 10\lg 1/S, \quad (4)$$

где S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник, повторяющей его форму и проходящей через точку наблюдения. Для источника в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами A , B и H , m эта поверхность будет иметь вид параллелепипеда со скругленными углами и ребрами (рис. 2). Площадь этой поверхности находится из выражения:

$$S = AB + 2(A + B)H + \pi R(A + B + 2H) + 2\pi R^2. \quad (5)$$

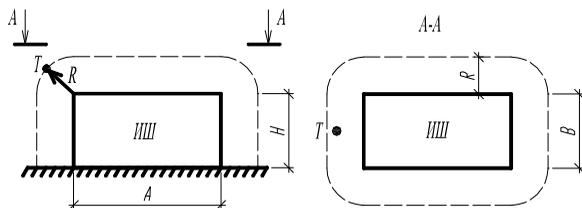


Рис. 2. К расчету излучения прямого звука методом воображаемой поверхности

Достоинством метода является возможность производить расчеты для несоразмерных источников шума.

Большинство реальных источников имеют участки с резко отличающимися характеристиками излучаемого шума (например, двигатель станка или автомобиля, оконные или дверные проемы в производственном здании и т.д.). При наличии таких участков погрешности расчета методом воображаемой поверхности значительно возрастают. В дальнем поле, где расчет производится как от точечного источника, сохраняются все недостатки первого метода.

Учет локальные излучающие свойства участков источника шума позволяет предложенный нами третий метод, при котором грани массивного источника шума разбиваются на отдельные площадки малых размеров (рис. 3). При этом интенсивность излучаемой звуковой энергии элементом поверхности источника ds рассматривается как величина, которая подчиняется закону Ламберта, т.е. $I_i = I_0 \cdot \cos\theta$, где θ – угол между нормалью к излучающей поверхности и направлением излучения. Тогда плотность звуковой энергии, создаваемой этим элементом в расчетной точке, будет находиться следующим образом:

$$\varepsilon_i = I_i ds \cos\theta / c . \quad (6)$$

Исходя из этого общая плотность звуковой энергии, создаваемая массивным источником, в случае равенства излучающих способностей всех его элементов находится как:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N I_i \cos\theta / c = \sum_{i=1}^N P_i \cos\theta / \pi R^2 c , \quad (7)$$

где $I_i = P_i / \pi R^2$ – интенсивность элементарной площадки; P_i – мощность i -й площадки; $ds = s/N$; s – площадь источника шума; N – количество разбиений; c – скорость звука в среде распространения.

Предложенный метод учитывает несоразмерность источника шума, неоднородность излучения его поверхностей, как в ближнем, так и дальнем поле. Недостатком метода является сложность вычисления плотности звуковой энергии при многократном разбиении поверхно-

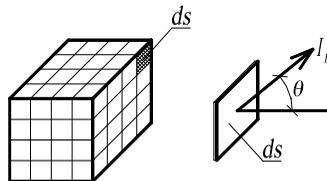


Рис. 3. Схема разбиения граней источника шума

стей источника, но эта проблема легко решается при проектировании модели излучения шума с помощью ЭВМ.

Сравнение результатов расчетов прямого звука рассмотренными методами представлено на рис. 4.

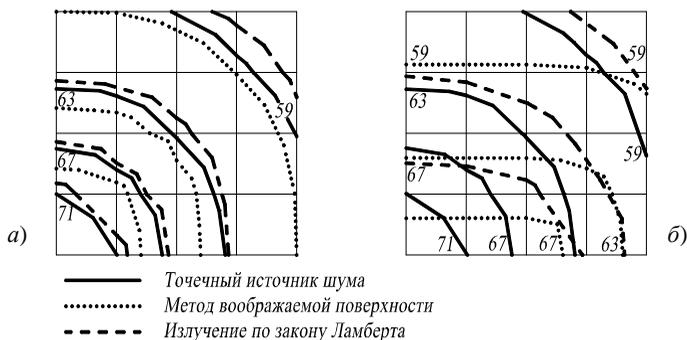


Рис. 4. Результаты расчетов прямого звука, излучаемого источником в виде параллелепипеда размерами 1×1×1 м (а) и 5×1×1 м (б)

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор метода расчета уровней прямого звука, излучаемого крупногабаритным источником, зависит, прежде всего, от его геометрических параметров, от расстояния, на котором находится расчетная точка, а также от однородности излучения с поверхности источника. В ближнем поле предпочтительным является метод воображаемой поверхности, позволяющий, при значительной простоте расчетов, учесть несоразмерность источника шума. При излучении звука соразмерным источником в дальнем поле применим первый метод, рассматривающий источник как точечный. Третий метод является оптимальным при решении задач о распространении прямого звука производственными зданиями энергетических объектов, так как позволяет учесть несоразмерность источников шума и неоднородность излучения его поверхностей как в ближнем, так и в дальнем поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г.Л. Осипов, Е.Я. Юдин, Г. Хюбнер и др. ; под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1987. – 558 с.

Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ