трехкратное ускорение сушки акустическим методом. Интересно отметить, что для этого метода характерно понижение температуры в первые несколько минут озвучивания; причина этого явления в настоящее время остается невыясненной.

Опыты, проведенные с различными методами сушки, показали, что акустический способ позволяет в 2—3 раза ускорить процесс удаления влаги при существенном снижении температуры материала. Последнее указывает на перспективность данного метода сушки в применении к целому ряду капиллярно-пористых материалов.

Авторы выражают глубокую благодарность Л. Д. Розенбергу за ценные указания при проведении работы и обсуждении ее результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. M. G. Boucher. Drying by Airborne ultrasonics. Ultrason. News, 1959, 3, 2, 8—9, 14—17.
2. P. Greguss. Drying by airborne ultrasonics. Ultrason. News, 1961, 5, 3, 7—12.
3. С. Г. Симонян, Н. Н. Долгополов. Автоматическое взвешивание образца при высушивании. Заводск. лаборат., 1965, 31, 2, 252.

Всесоюзный н.-и. институт
новых строительных материалов
Москва

Поступило в редакцию
26 ноября 1964 г.

УДК 534.874

О КРИВИЗНЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПЛОСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

В. С. Гребенник

В работе [1] показано, что на основании простых измерений и вычисления величины, по существу определяющей кривизну диаграммы направленности отражения от плоского препятствия, можно судить приближенно о размерах и форме препятствия. Представляет интерес рассмотреть несколько детальнее соотношение, связывающее размеры препятствия с указанной величиной.

Кривизна диаграммы направленности (или, точнее говоря, индикатриссы интенсивности) поля отражения вблизи максимума отражения может быть выражена следующим образом (для дифракции плоской волны):

$$1 + 2\lim_{\theta\to 0}\frac{1-\varkappa^2}{\theta^2} = 1 + 2k^2 f(S) \equiv 1 + 2\frac{k^2}{S}\int\limits_S \rho^2\cos^2\varphi\, ds, \tag{1}$$

где $\varkappa$ — отношение амплитуды отраженного поля, соответствующего углу наблюдения θ в плоскости, проходящей через акустическую ось диаграммы направленности и перпендикулярный к этой оси вектор $\mathbf{L}$, к амплитуде поля на самой акустической оси; k — волновое число; S — площадь отражателя; $\boldsymbol{\varrho}$ — вектор на поверхности экрана с началом в точке O, которая определяется уравнением

$$\int\limits_S \rho\cos\varphi\, ds = 0 \tag{2}$$

и через которую проходит акустическая ось отраженного поля [1]; φ — угол между векторами $\boldsymbol{\varrho}$ и $\mathbf{L}$.

Мы видим, что формально в соответствии с соотношением (1) кривизна диаграммы поля отражения в данном сечении зависит не только от площади экрана, но также и от формы его контура и расположения точки O. Покажем, что на общий характер этой зависимости в некотором приближении конкретная форма контура, ограничивающего плоскую поверхность S, оказывает лишь малое влияние. Наибольшее влияние на кривизну диаграммы отражения в сечении данной плоскостью, проходящей через акустическую ось, оказывает габаритный размер поверхности S в направлении вектора $\mathbf{L}$. Одновременно опишем преобразования, сохраняющие инвариантным выражение (1).

Действительно, равномерное сжатие или растяжение поверхности S в направлении перпендикуляра к вектору $\mathbf{L}$ не изменяет величину функционала $f(S)$, т. к. при этом сохраняется проекция вектора ϱ на направление вектора $\mathbf{L}$, а площадь S и ее дифференциал ds изменяются в одинаковой мере. При подобном преобразовании поверхности функционал f изменяется пропорционально множителю μ^2, где μ — коэффициент подобия. В этом можно убедиться, выполнив замену $\rho \to \mu\rho$, $S \to \mu^2 S$, и учитывая, что при преобразовании подобия величина угла φ сохраняется.

Поскольку функционал f инвариантен относительно сжатия или растяжения в направлении перпендикуляра к вектору $\mathbf{L}$ и изменяется пропорционально квадрату коэффициента подобия при подобном преобразовании поверхности S, то однородное растяжение или сжатие поверхности S вдоль направления вектора $\mathbf{L}$ приводит к росту или уменьшению функционала пропорционально квадрату коэффициента преобразования.

Следовательно, выражение (1) изменяется монотонно с увеличением протяженности отражателя в направлении вектора $\mathbf{L}$ для отражателей подобной формы и отражателей, поверхность которых можно получить из поверхности данного отражателя посредством одностороннего равномерного сжатия или растяжения.

Функционал f, а следовательно, и кривизна диаграммы отражения не меняет своей величины, если отдельные участки плоской поверхности S смещать как целое вдоль перпендикуляра к вектору $\mathbf{L}$, т. к. при этом точка O смещается в том же направлении и проекция вектора ϱ на направление $\mathbf{L}$ сохраняется. Например, если разрезать поверхность S на полосы, перпендикулярные (параллельные) вектору $\mathbf{L}$, и сдвинуть их произвольным образом, не накладывая друг на друга, вдоль длинных (коротких) сторон, то величина функционала не изменится.

Рассмотрим влияние на функционал f, а значит и на кривизну диаграммы отражения, произвольных бесконечно малых преобразований контура, ограничивающего поверхность S, при которых происходит смещение точки O произвольным образом. Вариацию функционала при бесконечно малом изменении формы контура можно при фиксированной величине площади S записать в следующем виде:

$$\delta f = \frac{2\delta L}{S} \int\limits_S \rho \cos\varphi \, ds + \frac{\delta s}{S} (\rho_2^2 \cos^2\varphi_2 - \rho_1^2 \cos^2\varphi_1), \tag{3}$$

где δL — проекция смещения точки O на направление вектора $\mathbf{L}$, а δS — площадь бесконечно малого участка поверхности S, перестановка которого из точки 1 в точку 2 привела к бесконечно малому изменению формы контура и бесконечно малому смещению точки O.

Первое слагаемое в выражении (3) в соответствии с уравнением (2) равно нулю. Второе слагаемое в этом выражении, заключенное в скобки, является разностью квадратов проекций радиуса-вектора ϱ, проведенного из точки O в точки 1 и 2. Данное слагаемое обращается в нуль, если перестановка бесконечно малого элемента площади δs из точки 1 в точку 2 происходит с сохранением абсолютной величины проекции вектора ϱ на заданное направление вектора $\mathbf{L}$.

Таким образом, кривизна диаграммы отражения в сечении плоскостью, проходящей через акустическую ось в направлении вектора $\mathbf{L}$, является инвариантной относительно равномерного одностороннего растяжения или сжатия поверхности плоского отражателя и относительно бесконечно малых преобразований, при которых сохраняется абсолютная величина проекции вектора ϱ на направление вектора $\mathbf{L}$. Следовательно, указанная кривизна, изменяясь монотонно при изменении протяженности отражателя вдоль направления вектора $\mathbf{L}$, не зависит от формы контура, ограничивающего поверхность плоского отражателя для класса плоских поверхностей, которые можно получить одну из другой посредством последовательных бесконечно малых преобразований с сохранением модуля проекции вектора ϱ.

Указанная группа преобразований не может исчерпать все множество плоских поверхностей, отличающихся формой ограничивающего контура, если исходить из какой-либо одной формы поверхности. В этом легко убедиться, высчитав, например, значения функционала f для круга и квадрата, которые имеют равные протяженности в направлении вектора $\mathbf{L}$. Полагая сторону квадрата равной диаметру круга $2b$, находим, что величина функционала f равна для квадрата $^1/_3\, b^2$ и $^1/_4\, b^2$ для круга.

В силу инвариантности функционала относительно одностороннего однородного преобразования величина функционала для прямоугольника со стороной $2b$, ориентированной по вектору $\mathbf{L}$, будет такой же, как и для квадрата с равной и параллельной стороной. Аналогичное утверждение касается круга и эллипса, если радиус круга равен полуоси эллипса, расположенной параллельно вектору $\mathbf{L}$. Для равнобедренного треугольника с высотой-медианой, равной $2b$ и сориентированной по вектору $\mathbf{L}$, величина функционала f равна $^2/_9\, b^2$, а для ромба, составленного из двух равнобедренных треугольников, с вдвое меньшей высотой — $^1/_6\, b^2$.

Легко видеть из выражения (1), что наименьшая возможная кривизна равна единице.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Гребенник. К вопросу об определении размеров и формы дефектов импульсным ультразвуковым дефектоскопом. Акуст. ж., 1965, 11, 3.

Центральный научно-исследовательский
институт технологии и машиностроения
Москва

Поступило в редакцию
4 мая 1964 г.