ЛИТЕРАТУРА

1. *И. И. Перепечко.* Акустические методы исследования полимеров. М., «Химия», 1973.
2. *И. М. Лифшиц.* О тепловых свойствах цепных и слоистых структур при низких температурах. ЖЭТФ, 1952, *22*, 4, 475 — 486.
3. *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.* Теория упругости. М., «Наука», 1965.
4. *Ф. Х. Джейл.* Полимерные монокристаллы. Л., «Химия», 1968.
5. *В. Т. Койтер.* Моментные напряжения в теории упругости. Механика, 1965, 3 (91), 89 — 105.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Поступила
11 января 1977 г.

УДК 534.322.3+534.141.4

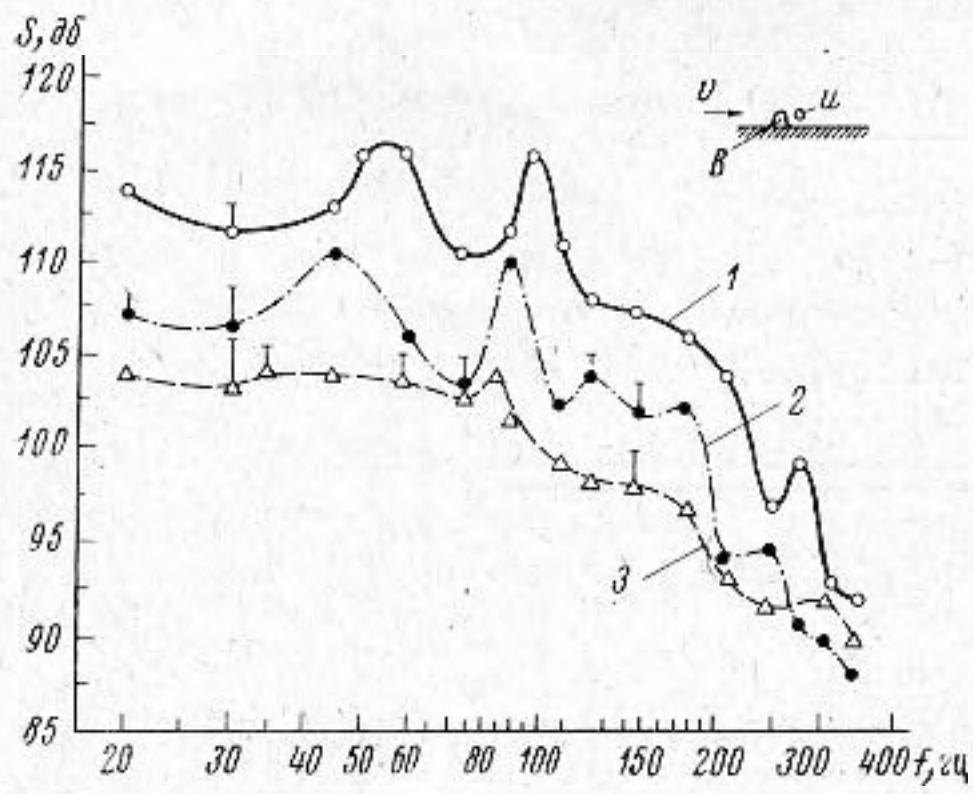
ШУМЫ ОБТЕКАНИЯ ПОТОКОМ ВОЗДУХА ОДИНОЧНОГО ВЫСТУПА

Е. М. Зотов

Вихреобразование, возникающее при двухстороннем обтекании потоком воздуха твердых тел, как известно [1], приводит к генерации звука. Для объяснения ряда явлений, связанных, например, с процессом обтекания ветровым потоком одиночных выступов различной высоты и формы, а также, по-видимому, и взволнованной поверхности моря, целесообразно исследовать процесс вихреобразования при одностороннем обтекании препятствий.

В данной работе были проведены экспериментальные исследования шума, возникающего при обтекании потоком воздуха одиночных выступов с цилиндрической поверхностью. Исследование шумов обтекания проводилось в аэродинамической трубе закрытого типа с незамкнутым потоком сечением 50×50 *см*², с коэффициентом поджатия 4. Скорость потока воздуха в трубе определялась с помощью измерительной трубки типа ЦАГИ с микроманометром. Исследовались спектры шумов ближнего поля. В работе использовалась измерительная установка, состоящая из акустического зонда с конденсаторным микрофоном типа ЗА-4, усилителя типа УПУ-4 и анализатора гармоник типа АСЧХ-1. Диапазон рабочих частот составлял 20–400 *гц*. Анализатор был снабжен электронно-лучевой трубкой, с экрана которой спектры шумов фотографировались.

Измерение спектров шумов обтекания в аэродинамической трубе осложняется тем, что в потоке воздуха наряду с шумами вихрей обтекания возникают шумы вихрей, частоты которых определяются как скоростью потока, так и параметрами самой трубы. В трубе присутствуют и внешние шумы, вовсе не связанные с потоком. Совокупное воздействие всех шумов на микрофон в точке измерения определяет уровень собственных шумов свободной аэродинамической трубы. Соотношения уровней энергии собственных шумов свободной аэродинамической трубы и уровней шумов в присутствии препятствий были получены при разных скоростях потока на различных частотах для случая двухстороннего обтекания цилиндрического стержня. Опыты показали, что уровень максимума энергии в полученном спектре шума обтекания в фиксированной точке трубы, например на первой гармонике, превышает уровень собственного шума трубы на той же частоте и при той же скорости потока примерно на 12–14 *дб*.



Относительная спектральная плотность шума одностороннего обтекания одиночного выступа при разных скоростях потока (v, *м/сек*). Кривая *1* – 10,3, *2* – 8,2, *3* – 6,2

При исследованиях одностороннего обтекания препятствиями служили металлические цилиндрические стержни различных диаметров. Стержни располагались в рабочей части аэродинамической трубы на расстоянии 1,5 *м* от входа потока, вплотную к нижней и боковым стенкам трубы так, чтобы создавались условия одностороннего обтекания. Ось стержня ориентировалась перпендикулярно генеральному направлению скорости потока воздуха. «Жало» акустического зонда помещалось вблизи обтекаемого препятствия с подветренной стороны так, чтобы расстояние от точки измерения шума как до самого препятствия, так и до нижней

стенки аэродинамической трубы было равно характерному размеру обтекаемого препятствия. Трубка зонда длиной 30 *см* с внешним диаметром 0,6 *см* ориентировалась под некоторым углом к набегающему потоку и ее положение не менялось на протяжении всех измерений.

На фигуре изображены средние значения относительной спектральной плотности шумов в ближнем поле, полученные из нескольких измерений при одностороннем обтекании стержня диаметром 2,5 *см* потоком воздуха с разной скоростью. Заметим, что скорости потока на расстоянии 1 *см* от вершины препятствия были уменьшены на 10–20% относительно скоростей на оси трубы. На фигуре 1 по оси абсцисс, в логарифмическом масштабе, отложены частоты f, а по оси ординат – величины $S=20\ \lg\ (\sqrt{p^2(f)}/p_0)$, пропорциональные спектральной плотности шума, где $p(f)$ — давление в поле шума в известной полосе частот, p_0 — давление, принятое на нормирующее. В верхнем правом углу фигуры схематически изображено положение выступа «*B*» и точки измерения «*u*».

Из фигуры видно, что максимумы энергии в спектре шума одностороннего обтекания стержня с цилиндрической поверхностью появляются на частотах, определяемых из известного соотношения $f=\varkappa vn/D$ [1, 2], где v — средняя скорость потока, D — характерный размер (высота) препятствия, $n=1, 2, \ldots$ Величина коэффициента $\varkappa$ оказалась равной $\varkappa=0{,}14\pm0{,}08$ в области чисел Рэйнольдса $1{,}3\cdot10^4\leqslant\mathrm{Re}\leqslant1{,}7\cdot10^4$, рассчитанных по характерному размеру обтекаемого тела для скоростей потока, равных 10,3 и 8,2 *м/сек* соответственно. Относительная ошибка измерений частоты составляла 5–10%, давления – 10–20%.

На фигуре вертикальными черточками над экспериментальными точками показаны уровни собственных шумов свободной аэродинамической трубы при указанных на графике скоростях потока воздуха. Можно отметить, что при скорости, равной 6,2 *м/сек*, шумы одностороннего обтекания маскируются собственными шумами аэродинамической трубы.

Видимо, аналогичный процесс вихреобразования, а возможно, и генерации звука возникает при обтекании гребней морских ветровых волн воздушным потоком [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *V. Strouhal.* Ueber eine besondere Art der Tonersegung. Ann. Phys.,1878., *5*, 216 — 251.
2. *R. Lehnert.* Akustishe Messungen an Wirbelsrassen hinter Kreisylinder and clener Platte. Phys. Z., 1937, *38*, 476.
3. *Н. Н. Андреев.* О голосе моря. Докл. АН СССР, 1939, **23**, 7, 625–628.

Морской гидрофизический институт,
Черноморское отделение
Академии наук УССР

Поступила
29 декабря 1975 г.
После повторного исправления
31 января 1977 г.

УДК 534.28

РЕЛАКСАЦИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В СМЕСЯХ N_2 — Ar В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 300—1050° К

С. А. Кожухов, В. Ф. Яковлев

Отсутствие строгого количественного описания процесса релаксации вращательной энергии молекул при столкновении их друг с другом или с атомами инертных газов в случае бинарных смесей требует проведения комплексных экспериментальных исследований этого явления.

В данной работе приводятся значения чисел столкновений, необходимых для дезактивации вращательной энергии молекул азота в атмосфере аргона; эти значения получены в предположении одного времени релаксации на основе проведенных авторами измерений поглощения ультразвука в смесях N_2—Ar как функции отношения ν/P (где ν – частота ультразвука, P – давление) в области изменения этого отношения от 1 до 20 *мгц/атм*. В указанной области вклад в поглощение, обусловленный колебательной степенью, составляет менее 0,1% от вклада за счет вращения.

Исследования проводились на импульсной ультразвуковой установке методом вариации давления на частоте $\nu=1{,}44$ *мгц*. При составлении смесей использовались газы особой чистоты с содержанием примесей не более 0,01%. Концентрация смеси измерялась и в процессе работы контролировалась по скорости распространения ультразвука с погрешностью $\approx1\%$.

В исследованной области значений ν/P была обнаружена линейная зависимость коэффициента поглощения на длину волны ($\mu_{\text{эксп}}$) от ν/P (фиг. 1) для всех смесей во всем интервале температур. Выражение для коэффициентов «релаксационного» поглощения, предложенное в работе [1], сводится в указанной области частот к