

В заключение отметим, что в области низких температур (250—350°) наблюдаются довольно отчетливые минимумы коэффициента поглощения звука, причем минимум, найденный на 30 Мгц (как и максимум), смещен в сторону более низких температур по сравнению с минимумом, полученным на 60 Мгц. Это, вероятно, связано с тем, что в этой области температур при охлаждении начинается очень быстрое возрастание модулей упругости. Действительно, согласно работе [1],

$$\frac{\alpha}{\omega} = \frac{3}{8} \frac{v_{\infty}^2 - v_0^2}{v_0^2 v_{\infty}^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\omega \tau}}$$

где v_{∞} и v_0 — значения скорости звука при стремлении частоты к бесконечности и нулю соответственно.

Поскольку охлаждение не вызывает заметного изменения v_0 , (для нулевых частот условие $\omega \tau \ll 1$ продолжает выполняться), разность $v_{\infty}^2 - v_0^2$ в соответствии с результатами измерений в работе [4] увеличивается в этой области низких температур быстрее, чем $\sqrt{\eta}$ ($\tau \sim \eta$), что и приводит к появлению минимума на температурной зависимости коэффициента поглощения звука. Этим же, понятно, объясняется и смещение низкочастотного (на 30 Мгц) минимума в сторону более низких температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Исакович, И. А. Чабан. Распространение волн в сильновязких жидкостях. Ж. эксп. и теор. физ., 1966, 50, 5, 1343—1363.
2. А. И. Блум, А. Р. Регель. Исследование электропроводности и вязкости в расплавах Te — Se. Ж. эксп. и теор. физ., 1953, 23, 6, 964—975.
3. М. Б. Гитис, И. Г. Михайлов, С. Ниязов. Поглощение звука в некоторых жидких металлах. Акуст. ж., 1968, 14, 1, 57—62.
4. М. Б. Гитис, И. Г. Михайлов. Скорость звука и сжимаемость в расплавленных сере и селене. Акуст. ж., 1967, 13, 2, 294—296.
5. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., «Наука» 1964.

Ленинградский государственный
университет

Поступило в редакцию
5 сентября 1968 г.

УДК 534.222:532.526.5

О СПЕКТРЕ ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ОТРЫВНОМ ОБТЕКАНИИ ПРЯМОГО УСТУПА

Е. М. Грешилов, А. В. Евтушенко

Отрывное обтекание выступов на стенке сопровождается резким повышением пристеночных пульсаций давления, причем характер этих пульсаций сильно зависит от геометрии срывного течения, определяемой формой препятствия. В работе [1] нами исследовалось пространственное распределение спектральных характеристик пульсаций давления, возникающих при обтекании обратного уступа (выступ с острой задней кромкой).

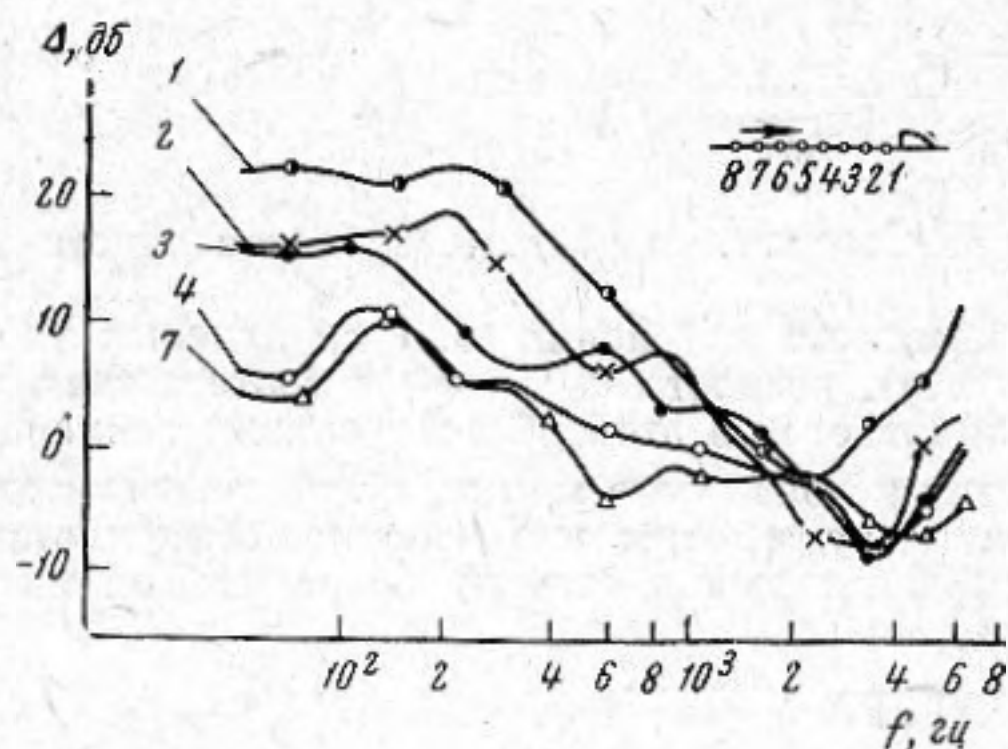
В настоящей работе мы приводим результаты экспериментального изучения спектральных характеристик пульсаций давления, возникающих при обтекании прямого уступа. Опыты проводились в напорном гидроканале с сечением рабочей части 20×70 мм; средняя скорость потока воды $U_{\text{ср}}$ изменялась от 5 до 10 м/сек. Выступы высотой 2 и 4 мм устанавливались на верхнюю стенку канала на расстоянии 1,5 м от входа в рабочую часть последнего, где имелось полностью установившееся течение. Форма выступов приведена в правом углу фиг. 1. Здесь же изображено взаимное расположение выступа и восьми идентичных приемников, регистрирующих пульсации давления. Приемники диаметром 2,5 мм располагались так, что их центры находились на расстоянии 4 мм друг от друга, а центр первого приемника отстоял на расстоянии 2 мм от передней кромки уступа. Сигнал с приемников анализировался полуоктавным фильтром в диапазоне частот от 50 гц до 6 кгц. Аналогичные экспериментальная установка и измерительный тракт использовались в работе [1].

В процессе опытов измерялись сначала спектральные уровни на гладкой поверхности, а затем спектральные уровни перед уступом. Рассмотрим пространственное распределение пульсаций давления перед уступом и сравним характерные спектральные уровни с соответственными уровнями у гладкой стенки.

На фиг. 1 результаты измерений для выступа высотой $k = 4$ мм при средней скорости потока $U_{\text{ср}} = 10$ м/сек представлены в виде превышения спектральных

уровней пульсаций давления при отрывном обтекании над уровнями, соответствующими обтеканию гладкой стенки («спектральных надбавок»); номера кривых соответствуют номерам приемников.

Видно, что перед прямым уступом поле пульсаций давления имеет резко выраженную пространственную неоднородность. Максимальное повышение спектральных

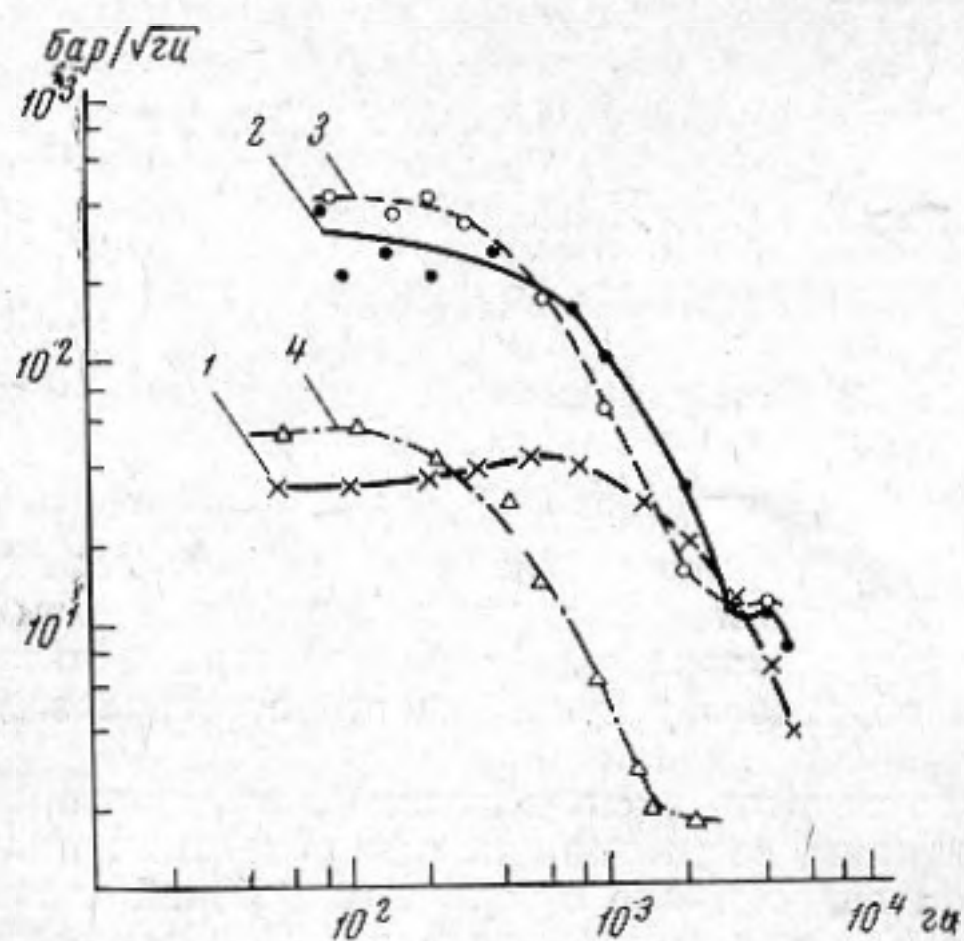


Фиг. 1

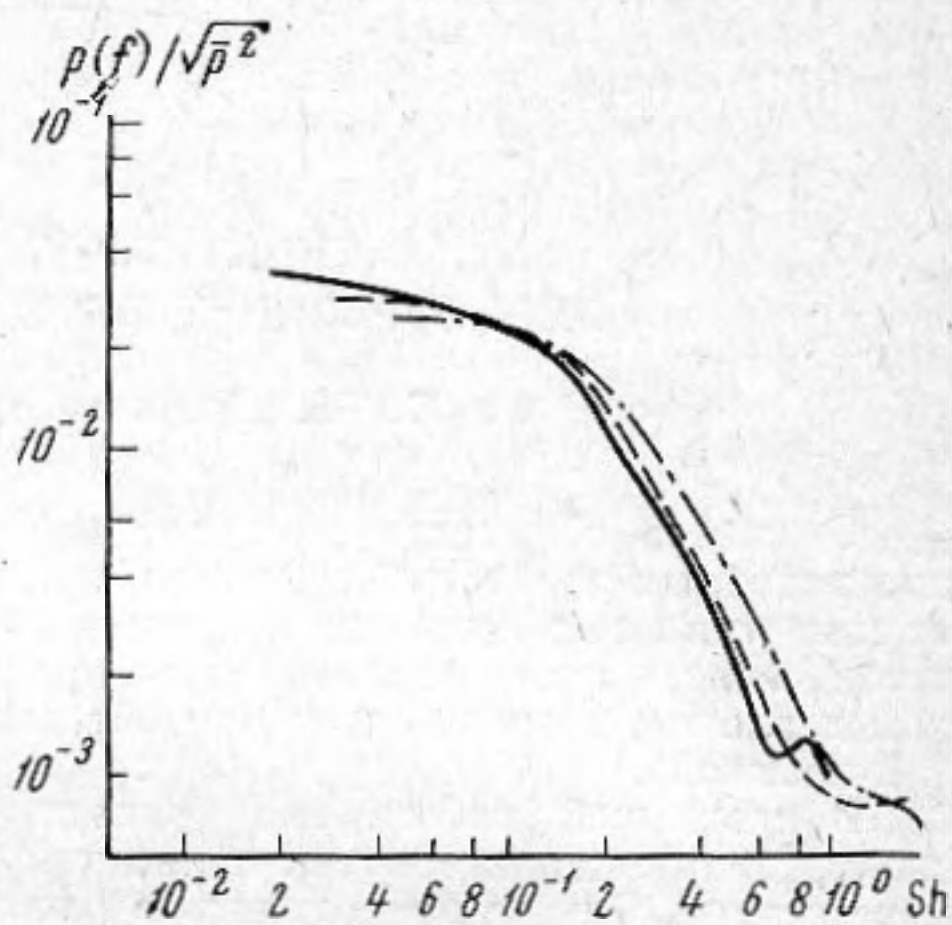
уровней пульсаций давления, измеряемая приемником 1 при обтекании выступов высотой 2 и 4 мм при $U_{cp} = 10$ м/сек, соответствует кривым 2 и 3. Кривая 4 соответствует обтеканию выступа высотой 4 мм при средней скорости потока 5 м/сек. Можно заметить, что повышение спектральных уровней происходит в диапазоне низких частот и зависит от высоты выступа и скорости потока. Так например, при постоянной скорости потока для частот $f < 600$ гц повышение спектральных уровней пропорционально высоте выступа, а для частот $f > 600$ гц наблюдается обратная зависимость. Интегральный уровень пульсаций давления, зарегистрированный при обтекании гладкой поверхности определяется как $\sqrt{\bar{p}^2} \approx 0,004 \cdot \frac{1}{2} \rho U_{cp}^2$. При наличии уступа он повышается в 4—5 раз (в точке расположения приемника 1).

уровней пульсаций давления на величину порядка 20 дб регистрируется приемником 1, расположенным непосредственно у передней кромки уступа, причем, максимальные эффекты наблюдаются в диапазоне низких частот 50—300 гц. С удалением от передней кромки выступа низкочастотные спектральные надбавки быстро падают. Для всех приемников характерно вторичное повышение спектральных уровней в диапазоне частот выше 3—4 кгц.

Сопоставим теперь абсолютные спектральные уровни пульсаций давления, регистрируемые приемником 1 при наличии выступа и без него. Спектральная плотность пульсаций давления в бар/√гц при обтекании гладкой



Фиг. 2



Фиг. 3

Результаты измерений, приведенные на фиг. 1, показывают, что с удалением от передней кромки уступа интегральный уровень пульсаций давления быстро падает и на расстоянии порядка четырех высот уступа принимает значение, соответствующее обтеканию гладкой стенки.

В случае отрыва пограничного слоя характерными параметрами, определяющими спектр пульсаций давления являются высота выступа и скорость потока на вершине выступа, которая в рассматриваемом случае близка к средней скорости потока. На фиг. 3 спектральные уровни пульсаций давления, измеренные приемником 1 при наличии уступов и приведенные на фиг. 2, представлены в безразмерном виде. По оси ординат отложены спектральные уровни, нормированные по среднеквадратичному значению, по горизонтальной оси — числа Струхала $Sh = f \cdot k / U_{cp}$. Нетрудно видеть, что в определенном диапазоне чисел Струхала безразмерный спектр имеет универсальный вид и характеризуется наличием интенсивных пульсаций при числах Струхала $Sh \sim 10^{-2}$. С повышением числа Струхала спектр монотонно спадает

до $Sh \sim 6 \cdot 10^{-1}$. Для больших значений чисел Струхала подобие спектров псевдозвуковых пульсаций давления и их монотонный спад нарушаются. Для выяснения природы высокочастотных пульсаций были поставлены корреляционные измерения, которые показали, что эти пульсации имеют звуковой характер. (На частотах выше 1 кГц приемники из-за пространственного усреднения ослабляют псевдозвуковую составляющую сигнала и начинают воспринимать звук, эффективность генерации которого при наличии препятствия на стенке резко возрастает [2].)

Обсудим полученные спектральное и пространственное распределения псевдозвуковых пульсаций давления на основе имеющихся сведений о структуре осредненного течения. Согласно работе [3], отрыв пограничного слоя при обтекании прямого уступа происходит на расстоянии порядка высоты выступа, так что максимальные пульсации давления, регистрируемые приемником I являются следствием отрыва пограничного слоя. Весьма низкочастотный характер пульсаций обусловлен, видимо, тем обстоятельством, что точка отрыва, не фиксированная геометрией выступа, осциллирует из-за нестационарного характера течения. Это приводит к тому, что в месте отрыва присутствуют интенсивные низкочастотные пульсации, соответствующие числам Струхала порядка 10^{-2} . Отметим, что при обтекании обратного уступа максимальные уровни пульсаций давления образуются в области присоединения свободной зоны смещения, начало которой фиксировано острой задней кромкой, а спектр этих пульсаций имеет область некоторых характерных частот, соответствующих числам Струхала 0,1—0,2 [4]. Таким образом, прямой уступ в отличие от обратного эффективнее порождает низкочастотные пульсации давления. Поскольку застойная область для прямого уступа выражена гораздо слабее, каких-либо понижений пульсаций давления в этом случае не было обнаружено.

Авторы признательны Л. М. Лямшеву за внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Грешиллов, А. В. Евтушенко, Л. М. Лямшев. О спектральных характеристиках пристеночных пульсаций давления при отрыве пограничного слоя за выступом на гладкой стенке. Акуст. ж., 1969, 15, 1, 33—39.
2. W. C. Meecham. Surface and volume sound from boundary layers. J. Acoust. Soc. America, 1965, 37, 3, 516—522.
3. W. D. Baines. Wind effects on buildings and structures. Proceedings of the conference held at the national physical laboratory. Feddington, Middlesex on 26—28 June, 1963.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
20 мая 1968 г.

УДК 534.26

ОБ УСИЛЕНИИ НЕЗЕРКАЛЬНО ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ

Л. М. Лямшев

В нашем сообщении [1] указывалось, что при падении звуковой волны на тонкую безграничную пьезополупроводниковую пластину в жидкости может возникнуть усиление прошедшей через пластину волны за счет энергии дрейфа носителей заряда в пьезополупроводнике. Реальные пластины всегда имеют конечные размеры. Известно [2], что при некотором угле падения звуковой волны на ограниченную пластину наблюдается сильное отражение звука в обратном направлении, так называемое незеркальное отражение. Эффект незеркального отражения появляется вследствие излучения звука свободными изгибными (продольными) колебаниями пластины, возникающими в результате отражения от края пластины вынужденных изгибных колебаний. Вынужденные колебания в пластине возбуждаются падающей на нее со стороны жидкости звуковой волной. Амплитуда незеркального отражения зависит от того, как быстро затухают свободные изгибные колебания в пластине вследствие излучения их энергии в окружающую среду [2—4].

Если ограниченная пластина будет обладать пьезополупроводниковыми свойствами и появятся условия для обмена энергией между носителями заряда в пьезополупроводнике и свободными изгибными (продольными) колебаниями, указанные колебания в пластине могут не только не затухать, но и нарастать. Это должно привести к усилению незеркально отраженной волны.

Указанные соображения вытекают из анализа строгого решения задачи о дифракции плоской звуковой волны на полубесконечной упругой пластине, если допустить, что пластина имеет пьезополупроводниковые свойства. Действительно, для потенциала $\Phi_{\text{зад}}$ поля незеркально отраженной волны в случае обыкновенной (не-