

ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Боголепов. Точность и надежность модельных испытаний звукоизолирующей способности судовых конструкций. Тр. ЦНИИТС, 49, 1964.
2. В. И. Заборов. О нормировании величины звукоизоляции в зданиях. Акуст. ж., 1970, 16, 1, 54—57.

Уральский н.-и. и проектный институт
строительных материалов
Челябинск

Поступило в редакцию
1 марта 1971 г.

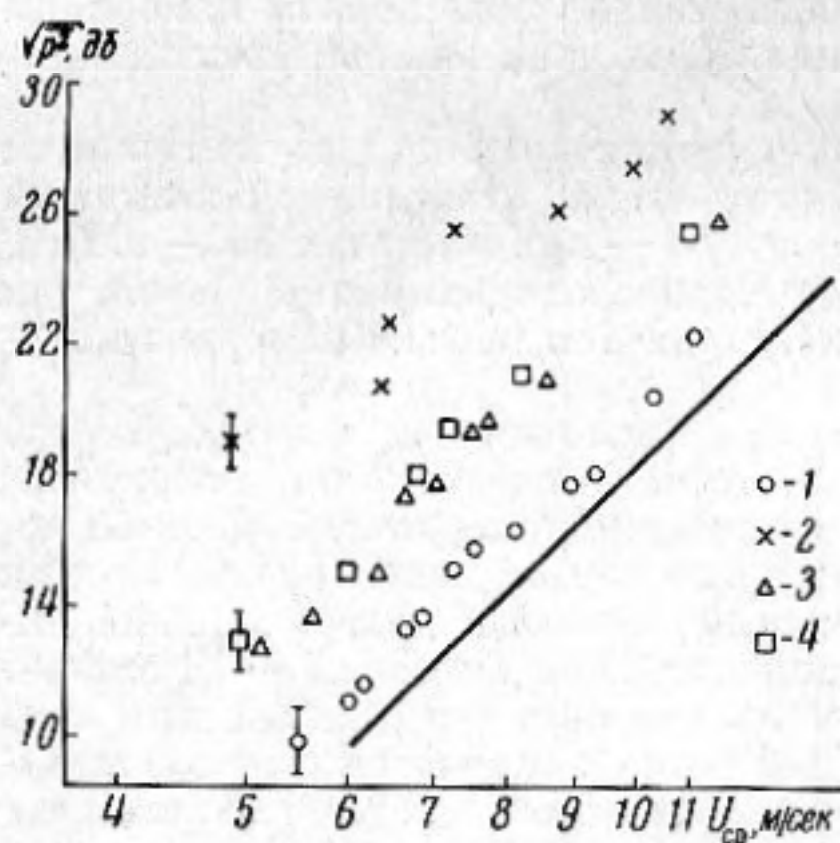
УДК 532.542.4:534

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИСТЕНОЧНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ФЛЮКТУАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ В ТРУБЕ

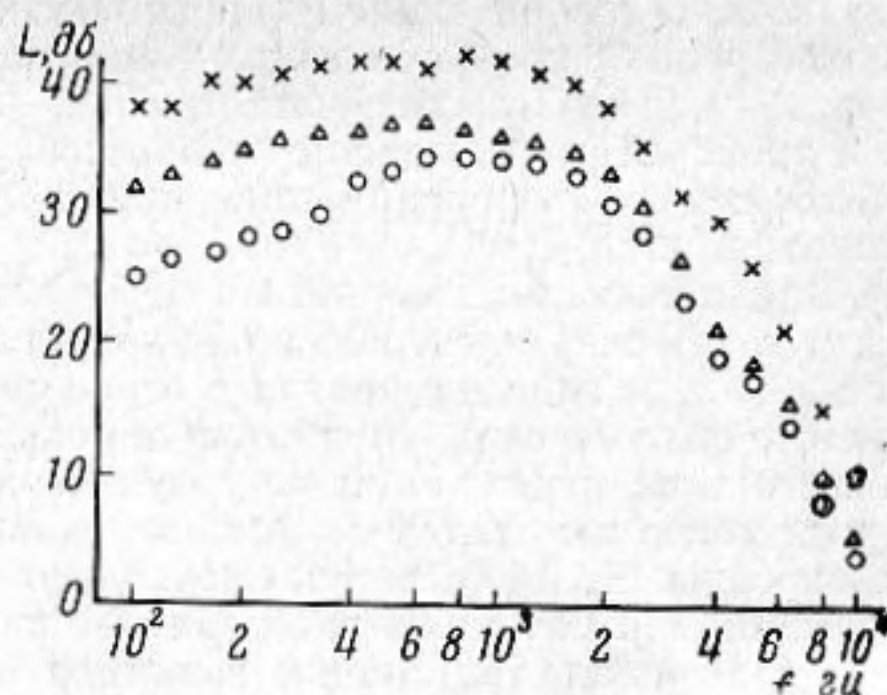
Е. М. Грешилов, Т. Н. Сурган

В настоящее время имеются обширные экспериментальные данные о свойствах пристеночных флюктуаций давления в турбулентном пограничном слое (внешняя гидродинамическая задача). В то же время практически полностью отсутствуют данные о свойствах пристеночных пульсаций давления при турбулентных течениях в трубах (внутренняя гидродинамическая задача).

При заданной скорости потока характер течения жидкости в трубе на начальном участке является функцией расстояния от входа x . В ряде задач важно знать как будут изменяться при этом пристеночные пульсации давления. Насколько нам известно, в литературе этот вопрос не обсуждался. Между тем, подобное исследование



Фиг. 1



Фиг. 2

позволило бы, в частности, установить связь пристеночных пульсаций давления во внутренней и внешней гидродинамических задачах. Наши опыты проводились на бесшумной напорной гидродинамической установке. Рабочий участок длиной $3 \cdot 10^2$ см имел прямоугольное сечение, высота H составляла 2 см, а ширина была равна $3,5 H$. Средние скорости потока U_{cp} изменялись от 5 до 10 м/сек. Экспериментальная установка описана ранее в работе [1]. Пристеночные пульсации давления измерялись с помощью пьезокерамического датчика с диаметром чувствительной поверхности около 10^{-1} см. Один и тот же приемник устанавливался в центре верхней широкой стенки канала на различных расстояниях x от входа, равных 10; 40; 60 и 90 H . Измерялись среднеквадратичные значения пульсаций давления $\bar{p}^{2/2}$ и их спектр в $1/3$ -октавных полосах в диапазоне 100—10 000 гц при различных значениях скорости потока U_{cp} , а также профиль осредненной скорости на расстоянии $x = 60 H$. Точность одиночного измерения $\bar{p}^{2/2}$ составила около 10%, при этом U_{cp} измерялось с точностью 1—2%.

В ходе эксперимента было обнаружено, что среднеквадратичные значения пульсаций давления $\bar{p}^{2/2}$ и их спектр сильно зависят от продольной координаты x . Зависимость $\bar{p}^{2/2}$ от x в двойном логарифмическом масштабе при различных значениях x/H приведена на фиг. 1. На этой фигуре 1 соответствует $x/H = 10$, 2 — $x/H = 40$, 3 — $x/H = 60$ и 4 — $x/H = 90$, а значение нулевого уровня $\bar{p}^{2/2}$ произвольно. Вер-

тикальные отрезки соответствуют удвоенной среднеквадратичной ошибке измерений $\bar{p}^{2/2}$, а прямая линия соответствует функциональной зависимости $\bar{p}^{2/2} \sim U_{\text{ср}}^2$. Видно, что при данной скорости потока минимальные уровни регистрировались приемником, расположенным в точке $x = 10 H$, а максимальные уровни — приемником, расположенным в точке $x = 40 H$, значения $\bar{p}^{2/2}$, измеренные в точках $x = 60 H$ и $x = 90 H$, практически совпадали и принимали промежуточное значение. Спектральные уровни, воспринимаемые при $1/3$ -октавном анализе для значений x , равных $10 H$ (1), $40 H$ (2) и $60 H$ (3) при $U_{\text{ср}} = 7,2 \text{ м/сек}$, приведены на фиг. 2.

Перейдем к обсуждению полученных результатов. Известно, что картина осредненного течения турбулентного потока в трубе полностью определяется параметром x/H . На начальном участке трубы образуется входное течение, в котором распределение скоростей по поперечному сечению изменяется по мере удаления от входа. На этом начальном участке вдоль стенок образуются пограничные слои, аналогичные тем, которые образуются при обтекании пластин (внешняя гидродинамическая задача). Длина начального участка зависит от числа Рейнольдса Re , формы поперечного сечения трубы и параметров входного устройства.

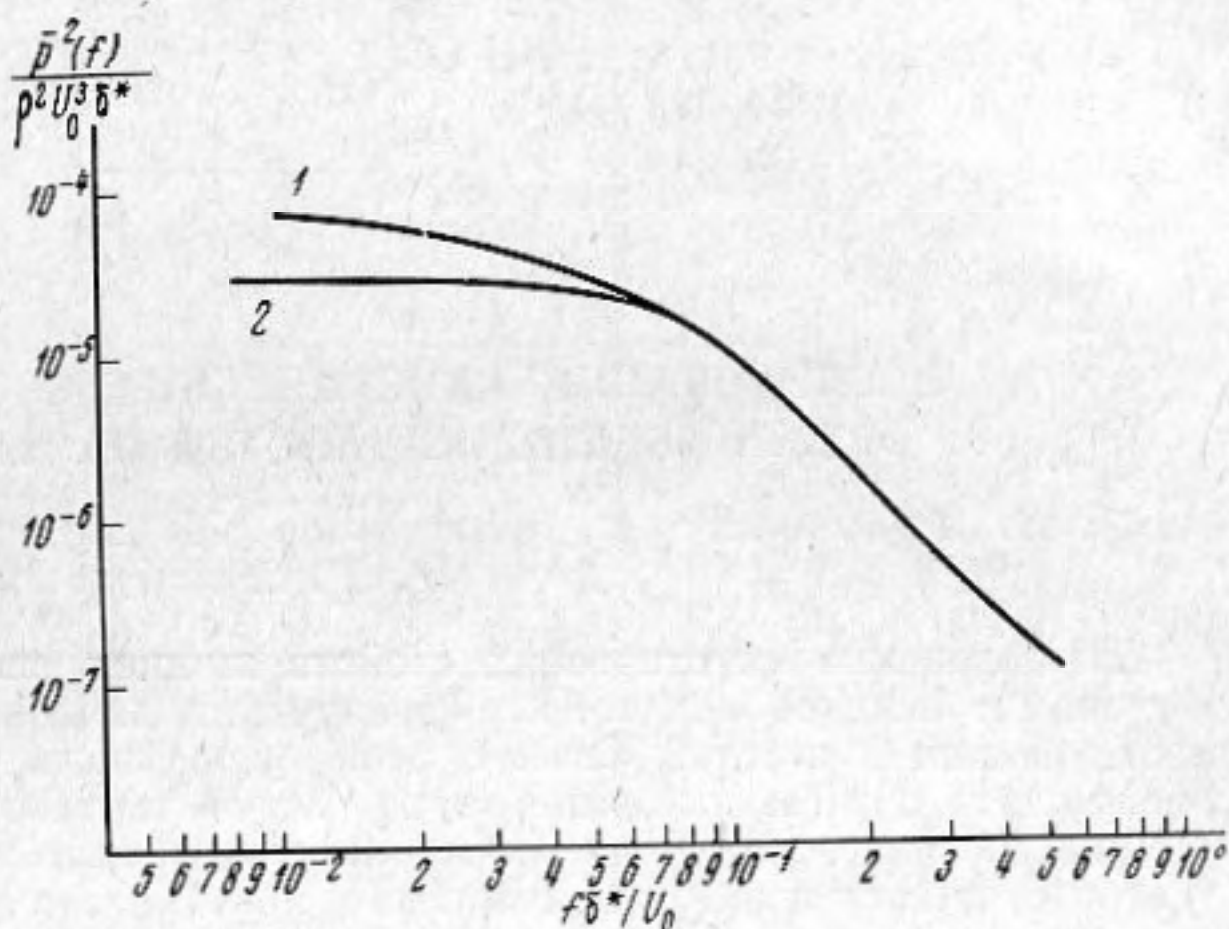
Согласно работе [2] при условии, что пограничные слои, начиная от входа, являются турбулентными, длина начального участка составляет величину $L \approx 1,87 \cdot Re^{0,25} \cdot H$. В условиях эксперимента $Re \approx 10^5$, отсюда $L \approx 30 H$. Длина входного течения представляет собой расстояние, на котором пограничные слои начинают смыкаться. Согласно работе [3] полностью установившееся течение в трубе (внутренняя гидродинамическая задача) наблюдается при $x > 50 H$. Таким образом, наши измерения при $x = 10 H$ соответствуют внешней гидродинамической задаче, при $x = 60 H$ и $x = 90 H$ — внутренней гидродинамической задаче, а при $x = 40 H$ — переходной области. Коэффициенты псевдозвуковой трансформации, которые соответствуют внешней и внутренней гидродинамическим задачам, обозначим, как μ_1 и μ_2 . По определению $\mu = \bar{p}^{2/2} / \frac{1}{2} \rho U_0^2$, где U_0 — скорость потока на границе пограничного слоя или скорость потока на оси трубы. Согласно литературным данным [4], при $x = 10 H$ $U_0 = 1,07 U_{\text{ср}}$, а согласно нашим измерениям при $x = 60 H$ $U_0 = 1,2 U_{\text{ср}}$.

Результаты измерений, представленные на фиг. 1, позволяют сопоставить значения коэффициентов псевдозвуковой трансформации для этих различных гидродинамических задач. Оказывается, что $\mu_2 / \mu_1 \approx 1,3$. Повышение коэффициента псевдозвуковой трансформации примерно на 30% во внутренней гидродинамической задаче, видимо, вызвано влиянием противоположной стенки трубы.

Обнаруженное значительное повышение уровней пульсаций давления в переходной области ($x = 40 H$) обусловлено, возможно, взаимодействием границ пограничных слоев, связанным с эффектом перемежаемости. Интересно представить результаты спектральных измерений, приведенных на фиг. 2 в безразмерном виде $\bar{p}^2(f) / \rho^2 U_0^3 \delta^* = \varphi(f \delta^* / U_0)$. Здесь ρ — плотность жидкости, а δ^* — толщина вытеснения пограничного слоя. Расчет по формулам, приведенным в работе [4], показал, что в условиях нашего эксперимента при $x = 10 H$ $\delta^* = 0,05 \text{ см}$, а на основе прямых измерений профиля скорости при $x = 60 H$ $\delta^* = 0,1 \text{ см}$. Безразмерные спектры, осредненные по измерениям при различных пяти скоростях потока с учетом поправки на размер приемника [5], приведены на фиг. 3. При расчетах полагалось, что скорость переноса вихрей $U_c = 0,8 U_0$. Можно видеть, что в таком представлении безразмерные спектры пристеночных флуктуаций давления во внутренней (кривая 1) и внешней (кривая 2) гидродинамических задачах при больших числах Струхала совпадают, а при малых числах Струхала уровни, соответствующие флуктуациям давления во внутренней задаче, несколько повышены из-за влияния противоположной стенки трубы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Грешилов, 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. Ж. Конт-Белло. Турбулентное течение в канале с параллельными стенками. М., «Мир», 1968.



Фиг. 3

3. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. «Наука», 1969.
 4. Е. Е. Солодкин, А. С. Гапневский. Турбулентное течение вязкой жидкости в начальных участках осесимметричных и плоских каналов. Труды ЦАГИ, 1957, вып. 701.
 5. G. M. Corcos. Resolution of Pressure in turbulence. J. Acoust. Soc. America, 1963, 35, 2, 142—149.

Акустический институт АН СССР
 Москва

Поступила в редакцию
 25 января 1971 г.

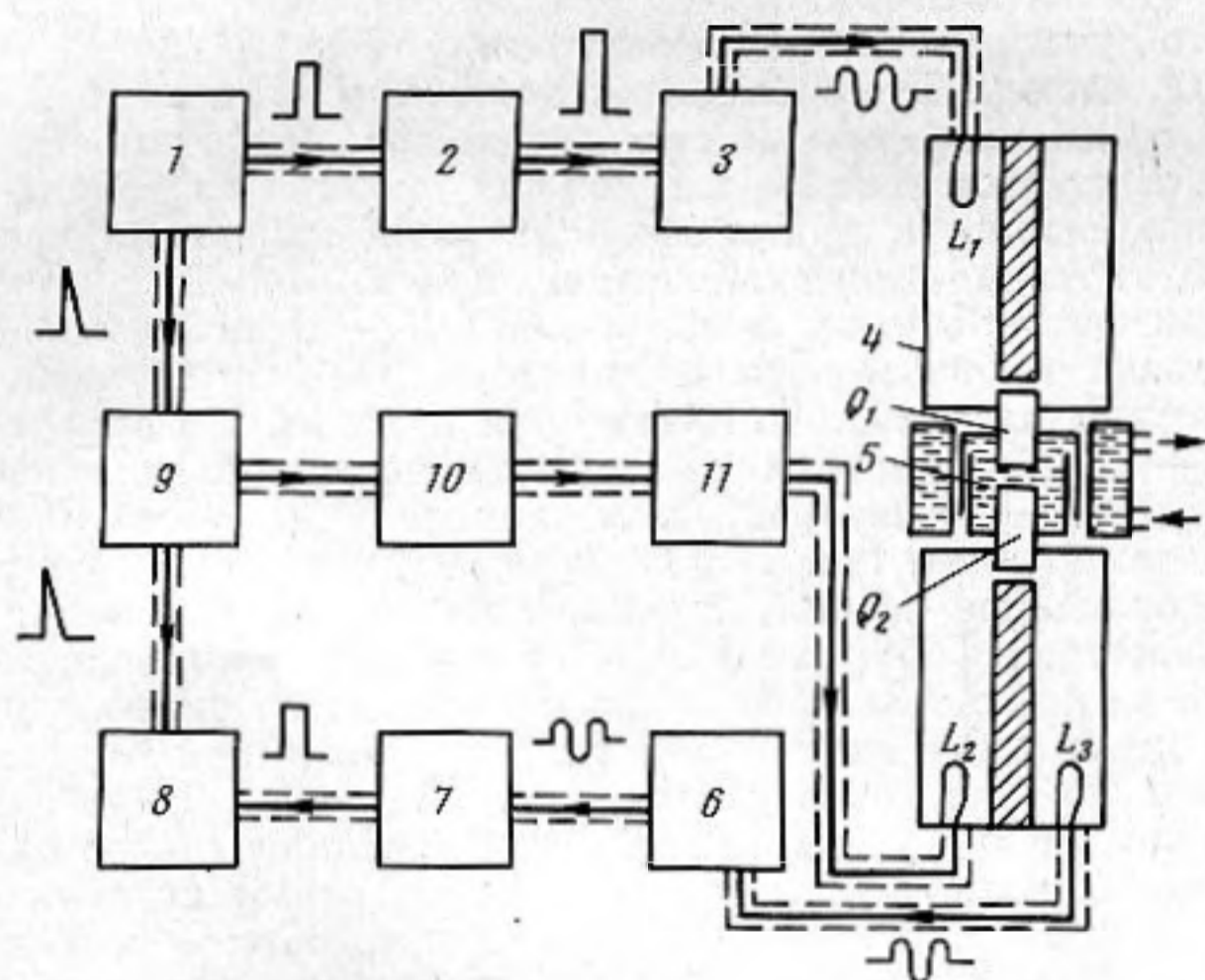
УДК 534.22.094.1

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ЧАСТОТАХ 0,3—3 Гцц

Л. А. Давидович, С. Махкамов, Л. Пулатова, П. Б. Хабибулаев,
 М. Г. Халиулин

Исследование акустических свойств жидких систем в широком диапазоне частот имеет большое значение при изучении механизма релаксационных процессов, протекающих в жидкой фазе. С этой целью нами были выполнены измерения коэффициента поглощения гиперзвука в воде, гектане, ди-п-пропиламин, бензоле, пиридине, тиофене, хлористом метиле, хлороформе, четыреххлористом углероде, сероуглероде, циклогексане, триэтиламин, пентаноле и уксусной кислоте.

Метод получения высоких звуковых частот основан на нерезонансном возбуждении монокристалла ниобата лития [1—5]. Измерения амплитудного коэффициента поглощения звука проводилось на двух импульсных установках, работающих на частотах 300—1000 и 1000—3000 Мгц. Эти установки конструктивно и по принципу работы мало отличались друг от друга. Блок-схема этих установок показана на фигуре.



Генератор импульсов 1 запускает развертку электронного осциллографа 8 и импульсного модулятора 2. Модулятор вырабатывает импульсы, которые подаются на анод лампы генератора 3. С генератора высокой частоты 3 радиопульс с определенной несущей частотой поступает через петлю связи L_1 на коаксиальный резонатор 4. Радиопульс на монокристалле ниобата лития Q_1 , установленном в зазоре коаксиального резонатора 4, преобразуется в гиперзвуковой импульс. Гиперзвук проходит через тот же монокристалл Q_1 в исследуемую жидкость 5, и на втором монокристалле ниобата лития Q_2 преобразуется в радиопульс высокой частоты, который с петли L_3 через каскад предварительного усилителя высокой частоты 6, выполненного на лампе бегущей волны поступает на вход супергетеродинного приемника 7 (в первой установке лампа бегущей волны не применялась), усиливается и после детектирования регистрируется осциллографом 8. Одновременно от калибровочного генератора 10, запускаемого импульсным генератором 9, радиопульс высокой частоты через attenuator 11 и через петли связи L_2 и L_3 поступает на вход приемника, усиливается, детектируется и подается на осциллограф 8.

Сравнивая амплитуды напряжения гиперзвукового и калибровочного сигналов, находим значение α / f^2 по формуле

$$\frac{\alpha}{f^2} = \frac{\Delta A}{20f^2 \Delta x \lg e},$$

где α — амплитудный коэффициент затухания гиперзвука, f — частота гиперзвука, ΔA — изменение амплитуды гиперзвука в децибелах, Δx — приращение акустического пути жидкости. Точность измерения величины α / f^2 составила $\sim 5-7\%$.

Результаты измерения коэффициента поглощения звука в ряде жидкостей приведены в таблице. Как видно из таблицы, в интервале частот 300—3000 Мгц значения