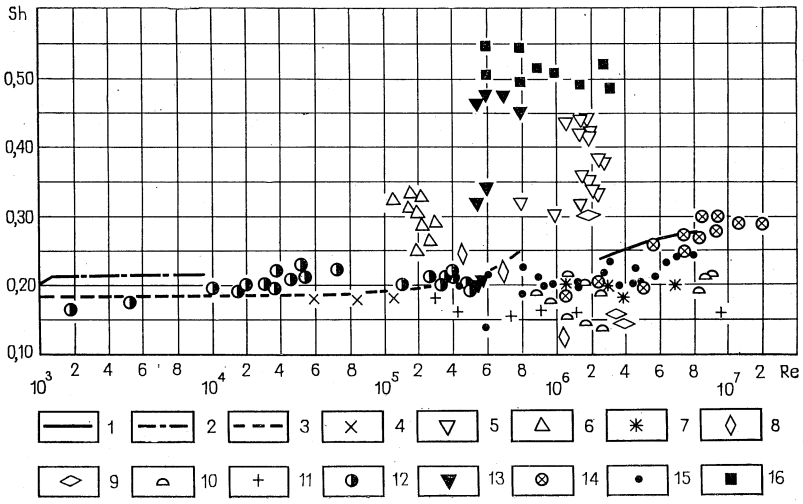
информацию в настоящее время могут дать экспериментальные исследования. На рис. 5.1 показана зависимость безразмерной частоты ПГС или числа Струхаля ($Sh=nD/v$, где n — частота переменной поперечной силы) от числа Рейнольдса по результатам экспериментов различных авторов. На рис. 5.1 видно, что значения числа Струхаля в докритическом режиме по данным различных авторов примерно совпадают ($Sh=0{,}2$). Частота переменной поперечной силы для неподвижного и колеблющегося трубопроводов линейно зависит от скорости потока и определяется из условия $Sh=0{,}2$, т. е.

$$n=\frac{0{,}2\,v}{D}. \qquad (5.1)$$

В резонансной области (при приближении частоты срыва вихрей к собственной частоте колебаний трубопровода) происходит явление «захвата» колебаний и частота переменной поперечной силы имеет более сложную зависимость от скорости

РИС. 5.1.
Результаты экспериментов зависимости числа Струхаля от числа Рейнольдса [10]:

1 — по Рошко; *2* — по Коважному; *3* — по Рельфу и Симонсу; *4* — по Рибнеру и Эткину; *5* — по Делани и Соренсену; *6* — по Дрешеру; *7* — по Ден-Гартогу; *8* — по Хаузнеру; *9* — по Оцкеру; *10* — по Блюминой и Захарову; *11* — по Фуджино, Такахаю, Накагаве Арите; *12* — по Шадрину; *13* — по Беарману; *14* — по Джоунсу; *15* — по Луассо [37]; *16* — давление повышенной частоты Sh_2 [37]



потока по сравнению с линейной, определяемой по выражению (5.1).

При критическом режиме обтекания цилиндров значения числа Струхаля по данным различных исследователей изменяются в широких пределах (см. рис. 5.1). Это объясняется сложным механизмом вихреобразования, нестационарностью вихревого следа, а также различными способами измерения частоты срыва вихрей [46].

В работе [37] приводятся результаты опытов по обтеканию круглого цилиндра в аэродинамической трубе при $Re=2{,}6\cdot10^5\div6{,}5\cdot10^6$. Измерения переменной поперечной силы проводились двадцатью датчиками давления, расположенными в трех сечениях по поверхности цилиндра. Различное положение датчиков вдоль оси цилиндра позволило установить пространственную корреляцию ПГС. Анализ спектров давления показал, что при $Re=4\cdot10^5\div2\cdot10^6$ обнаружен пик повышенной частоты Sh_2. Неожиданностью явилось то, что давление повышенной частоты наблюдалось перед участком отделения пограничного слоя. Это давление не следует принимать за частоту отрыва вихрей Sh. Поэтому значительный разброс значений чисел Sh при критическом режиме (см. рис. 5.1) по данным различных исследователей, вероятно, объясняется измерением не только частоты срыва вихрей, но и давлений повышенной частоты Sh_2.

Частота ПГС при критическом режиме определяется спектром частот пульсаций нестационарных давлений на поверхности цилиндра, а не единственной доминирующей частотой, которая характерна для докритического режима. Спектр нестационарных сил лишь незначительно повышается вблизи значений чисел Струхаля, равных 0,2 и 0,45.

Были выполнены исследования обтекания цилиндров в аэродинамических трубах в широком диапазоне чисел Рейнольдса [35, 36]. Исходя из результатов этих исследований, частотный спектр поперечной ПГС разделен на три типа:

1) широкополосный спектр

$1{,}1\cdot10^6<Re<3{,}5\cdot10^6$, [35]

$0{,}5\cdot10^6<Re<2{,}5\cdot10^6$, [36]

2) узкополосный спектр

$3{,}5\cdot10^6<Re<6\cdot10^6$, [35]

$2{,}5\cdot10^6<Re<6{,}5\cdot10^6$, [36]

в диапазоне чисел Рейнольдса пп. 1 и 2 не наблюдается периодичности ни в неустановившейся ПГС, ни в неустановившемся давлении;

3) квазипериодический спектр

$6\cdot10^6<Re<18{,}7\cdot10^6$, [35]

$6{,}5\cdot10^6<Re\ldots$, [36]