

2. Кокорин О.Я., Дыскин Л.М., Агафонов Б.А. Результаты исследования вихревой трубы низкого давления. - Водоснабжение и санитарная техника. 1977, № 2, с. 18-20.

УДК 532.527.004.14:534.422(088.8)

С.В.Лукачев, С.Г.Матвеев

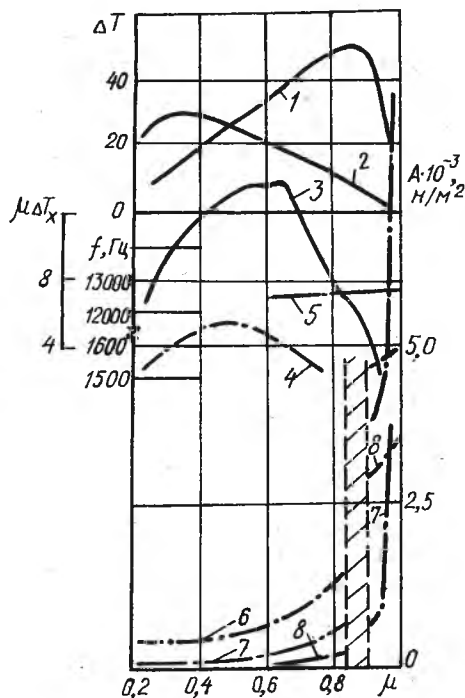
НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
РЕГУЛЯРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ РАНКА

Многие исследователи вихревого эффекта в своих работах отмечали, что на некоторых режимах работы ВТ в области дросселя возникает резкий свист дискретного тона. Однако целенаправленного изучения неустойчивости течения, порождающего этот звук, до сих пор проведено не было. Между тем присутствие в потоке газа регулярных пульсаций давления не может не оказывать влияния на турбулентный энергообмен между вихрями.

Цель данной работы - исследовать условия возникновения неустойчивых режимов течения и выявить их природу.

Исследование проводилось на адиабатической ВТ ($d = 32$ мм, $\bar{F}_c = 0,1$; $\bar{d}_g = 0,45$; $L = 4-40$). Рассматривались как гладкие трубы, так и трубы со спрямляющей крестовиной. Пульсации давления в потоке исследовались с помощью пьезоэлектрического датчика, чувствительный элемент которого (пластинка из цирконата свинца $d = 10$ мм и $b = 1$ мм) заподлицо крепился в мерном участке трубы. Комплект вторичной аппаратуры позволял анализировать сигнал в звуковом диапазоне частот (20-20000 Гц).

Эксперимент показал, что в трубе со спрямляющей крестовиной неустойчивый режим течения, характеризуемый наличием регулярных пульсаций давления низкой частоты ($f_{нч} = 1500-2000$ Гц), имеет место практически во всем диапазоне режимов работы трубы по μ (рис. 1). Амплитуда сигнала монотонно увеличивается с ростом μ , а вблизи $\mu = 1$ происходит скачкообразное увеличение уровня пульсаций давления примерно на 2 порядка (рис. 2,а), которое со-



Р и с. 1. Термодинамические и пульсационные характеристики ВТ крестовиной ($L = 9$; $\tau_c = 3$): 1) ΔT_r ; 2) ΔT_x ; 3) $\mu \Delta T_x$; 4) $f_{н.ч}$; 5) $f_{в.ч}$; 6) A_x ; 7) $A_{н.ч}$; 8) $A_{в.ч}$

проводается резким возрастанием гидравлического сопротивления трубы на 8-10%.

$A_{н.ч}$ растет по длине трубы в направлении дросселя и имеет максимум вблизи него, $f_{н.ч}$ изменяется примерно пропорционально расходу воздуха и уменьшается при увеличении длины трубы. Устойчивые низкочастотные колебания появляются при $\mathcal{L} \geq 1,4$.

Изменение $A_{н.ч}$ и $f_{н.ч}$ от геометрических и режимных параметров в рассматриваемом случае аналогично их изменению при автоколебательном процессе в вихревом генераторе звука (ВГЗ), который представляет собой короткую ВТ ($L = 2-4$) с полностью открытым горячим концом и заглушенной диафрагмой. Ранее [1] было установлено, что для ВГЗ причиной автоколебаний является регулярное пре-

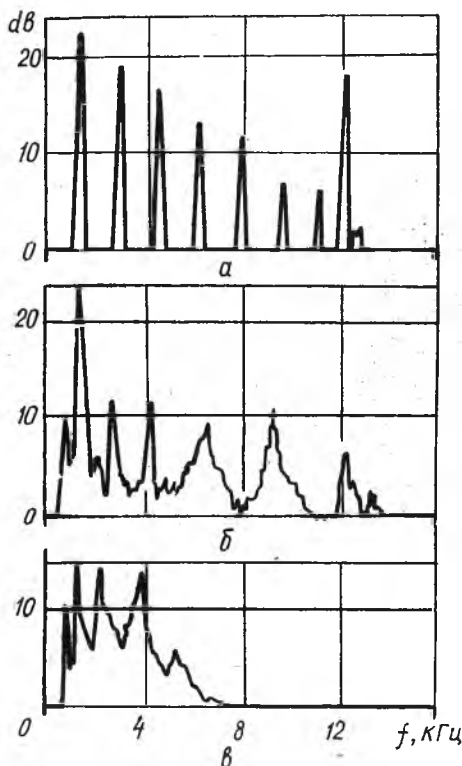
цессионное движение приосевого противотока вокруг оси камеры закручивания. Частота колебаний равна частоте прецессии вынужденного вихря и определяется степенью закрутки потока, расходом рабочего тела и диаметром трубы. Амплитуда пульсаций давления зависит от радиуса прецессии и скорости (расхода) воздуха в периферийном вихре.

Характерной особенностью прецессионных колебаний является их несимметричная (тангенциальная) форма, т.е. сигналы с датчиков, расположенных в диаметрально противоположных точках трубы, должны иметь сдвиг по фазе в 180° . Измерения, проведенные в ВТ со спрям-

лящей крестовиной, показали именно такую картину.

Возбуждение мощных автоколебаний (с большим радиусом прещестия) возможно только при наличии интенсивного присоединенного противотока в камеру закручивания ВГЗ. Этим и объясняется скачкообразный рост $A_{в.ч}$ на режиме работы ВТ при μ , близком к единице. Возникающий при этом скачок гидравлического сопротивления связан с резким увеличением доли энергии, отбираемой от свободного вихря для поддержания автоколебаний.

Для труб без спрямляющей крестовины наиболее характерна высокочастотная неустойчивость течения (12000-18000 Гц). Причем для коротких труб ($\bar{L} = 4-15$) регулярные пульсации давления возникают скачкообразно при увеличении либо π , либо μ . С ростом \bar{L} склонность течения к высокочастотной неустойчивости возрастает, но $A_{в.ч}$ при этом падает (при $\pi = 3$ и $\mu = 1$ максимальное значение $A_{в.ч} = 0,3 \cdot 10^5$ н/м² было зафиксировано на трубе длиной $9\bar{L}_T$). $A_{в.ч}$ монотонно возрастает в направлении дросселя, $f_{в.ч}$ увеличивается с ростом π и незначительно снижается с уменьшением μ и с ростом \bar{L} . Высокочастотные колебания давления имеют место и в трубе с крестовиной при $\mu \geq 0,6$ (см. рис. 1 и 2).



Р и с. 2. Спектры пульсаций давления в ВТ с крестовиной ($\bar{L} = 9$; $\pi = 3$): а) $\mu = 1$, $K = 0$ dB; K - коэффициент усиления сигнала вторичной аппаратурой [dB]; б) $\mu = 0,773$, $K = +20$ dB; в) $\mu = 0,39$; $K = +20$ dB

Эти колебания не являются следствием акустического резонанса, поскольку $f_{B,4}$ слабо зависит от длины трубы и монотонно растет с ростом \mathcal{K} . Начальные возмущения, вносимые в поток за счет подачи рабочего тела в трубу через дискретные сопла, также не являются причиной неустойчивости: при замене 3-сопловой завихрителя на 4-сопловой с тем же значением \bar{F}_c параметры колебательного процесса не изменяются.

Можно предположить, что высокочастотная неустойчивость связана с образованием сдвиговых вихревых структур в слое интенсивного взаимодействия вихрей за счет разрыва профиля осевой составляющей скорости. Однако это предположение нуждается в тщательной проверке.

Л и т е р а т у р а

- И. Кныш Ю.А., Лукачев С.В. Экспериментальное исследование вихревого генератора звука. - Акустический журнал, 1977, т. XXIII, вып. 5, с. 776-782.

УДК 532.527:628.84

А.А.Курган

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ИСПАРИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Проведение различных технологических процессов, а также улучшение условий труда на строящихся (ремонтируемых) судах обеспечиваются временными системами энергоснабжения.

Применение воздушно-холодильных установок во временных системах холодоснабжения технически затруднено, когда судно на стапеле, на плаву и др. В таких условиях рационально использовать воздушно-холодильные установки с ВТ.

Одним из направлений в повышении эффективности охлаждаемых ВТ является испарительное охлаждение.

В работе исследован контактный способ охлаждения, т.е. охлаждение периферийного горячего вихря непосредственно водяной