

КРАТКИЕ  
СООБЩЕНИЯ

УДК 534.422

КРИТЕРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВОЗДУХЕ  
РАБОТЫ ВИХРЕВОГО ГЕНЕРАТОРА В ВОДЕ

© 1996 г. Л. И. Скурин

Научно-исследовательский ин-т математики и механики им. В.И. Смирнова

198904 Санкт-Петербург, Петродворец, Библиотечная пл., 2

Поступила в редакцию 13.03.95 г.

В работе [1] на основе теоретических исследований процессов в вихревой камере получена формула, определяющая частоту звука, генерируемого вихревым устройством простейшего типа. Задача вычисления амплитудно-частотных характеристик вихревых генераторов звука произвольного типа практически неосуществима в настоящее время ввиду того, что течение вниз по потоку от вихревой камеры, судя по известным опытным данным, представляет собой турбулентный трехмерный пульсирующий поток. В связи с этим характеристики вихревых генераторов целесообразно определять в эксперименте. Понятно, что экспериментальные исследования существенно проще проводить в воздухе, чем в водной среде. Поэтому, когда речь идет о генераторах для водной среды, возникает вопрос о возможности моделирования в воздухе работы вихревого генератора в воде. Выяснению этого вопроса и посвящена настоящая работа.

В работе [2] получены решения о движении закрученного потока газа в вихревой камере. Исследовано влияние числа Маха на поле течения в ядре потока. Сделан вывод о том, что влияние сжимаемости на поле течения можно не учитывать при

$$M_0 \leq 0.5, \quad (1)$$

где  $M_0$  – число Маха на входе в вихревую камеру.

Другими словами, поля течений в сжимаемой и несжимаемой жидкостях, характеризуемые безразмерными переменными, будут близкими при выполнении условия (1). Таким образом, условие (1) следует рассматривать как один из приближенных критериев моделирования. Величина  $M_0$  в условиях эксперимента может быть оценена по соотношениям одномерного изэнтропического истечения газа из ресивера, давление и температура в котором известны, если определен расход газа [1].

Говорить о строгом подобии между сжимаемым и несжимаемым потоками нельзя уже потому, что при ненулевом перепаде давления  $\Delta P$  на рассматриваемом устройстве в случае несжимаемой жидкости плотность во всех точках течения

постоянна, а в случае сжимаемой – переменна. Так, в ресивере при перепаде давления  $\Delta P = 0.5$  атм плотность будет примерно в 1.5 раза выше, чем на выходе из генератора.

Поэтому для отыскания приближенного критерия моделирования рассмотрим несколько иную задачу – задачу моделирования в несжимаемой жидкости с плотностью  $\rho_1$  работы вихревого генератора также в несжимаемой жидкости, но с плотностью  $\rho_2$ . Размеры генератора предполагаются в обоих случаях одинаковыми.

Течение жидкости внутри рассматриваемых устройств и вне их описывается полной системой уравнений гидродинамики и соответствующими граничными условиями. Уравнения и граничные условия, записанные в безразмерных переменных ничем не будут отличаться, если окажется, что как молекулярные, так и турбулентные числа Рейнольдса равны между собой и, кроме того,

$$\frac{\Delta P_1}{\rho_1 v_{*1}^2} = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 v_{*2}^2},$$

где  $v_*$  – для определенности – скорость на входе в вихревую камеру. Поскольку практически интересен случай турбулентного режима течения, то значение молекулярного числа Рейнольдса не играет существенной роли. Турбулентное же число Рейнольдса считается обычно не зависящим от плотности среды. Таким образом, условие

$$\frac{\Delta P}{\rho v_*^2} = idem \quad (2)$$

является практически единственным (и уж во всяком случае основным) критерием моделирования гидродинамического процесса в рассматриваемой задаче.

В случае воздуха, как отмечено выше, условие постоянства плотности не выполняется строго. Однако плотность воды весьма сильно – на три порядка – превышает плотность воздуха. По сравнению с этим различие невыполнение условия постоянства плотности воздуха можно игнорировать

и в задаче о моделировании в воздухе работы генератора в воде рассматривать соотношение (2) как приближенный критерий.

В качестве примера использования критериев моделирования (1) и (2) оценим отношения амплитудно-частотных характеристик звука, генерируемого одним и тем же устройством, в воде и воздухе.

Согласно результатам работы [1] в рассматриваемом случае отношение частот, генерируемых вихревой камерой, равно отношению скоростей

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{v_{*1}}{v_{*2}},$$

где индексы 1 и 2 относятся к воде и воздуху соответственно. С использованием (2) получаем отсюда

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{\rho_2 \Delta P_1}{\rho_1 \Delta P_2}}.$$

Из этой формулы следует, в частности, что при одном и том же размерном перепаде давления частота звука в воде должна быть примерно в 30 раз ниже, чем в воздухе.

Интенсивность звука определяется в основном уровнем пульсаций давления  $\delta P$  в потоке. Естест-

венно предполагать, что безразмерные пульсации равны между собой, так как зависят от конструкции генератора и внешних условий, которые в рассматриваемых случаях одинаковы, т.е.

$$\frac{\delta P_1}{\rho_1 v_{*1}^2} = \frac{\delta P_2}{\rho_2 v_{*2}^2}.$$

Отсюда, используя (2), получаем

$$\delta P_1 = \delta P_2 \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2},$$

т.е. отношение пульсаций давления равно отношению перепадов давления на входе и выходе рассматриваемого устройства.

При проведении экспериментов на воздухе надо учитывать критерий (1), накладывающий ограничение на  $\Delta P_2$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянский А.Ф., Скурин Л.И. К определению частоты звука, генерируемого вихревой камерой. // Акуст. журн. 1993. Т. 39. Вып. 6. С. 1117 - 1122.
2. Полянский А.Ф., Скурин Л.И. Влияние сжимаемости жидкости на поле течения в вихревой камере. // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 1994. Вып. 2. С. 61 - 68.