

Теоретическое исследование устойчивости осциллятора с положительно определенной энергией при обтекании его ограниченным потоком несжимаемой жидкости.

В.Ф.Копьев², С.А.Чернышев², М.А.Юдин^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Центральный аэрогидродинамический институт

Как известно, двумерные колебания вихря Ранкина (круговой вихрь с постоянной завихренностью в безграничном циркуляционном потенциальном потоке) являются нейтрально устойчивыми [1]. Этот вихрь сохраняет устойчивость при помещении его в циркуляционный поток с убывающей завихренностью (возможно, кусочно-постоянной) [2]. В [3] рассмотрен осциллятор в виде кругового цилиндра, способного совершать колебательные движения за счет дополнительной упругости его крепления, и исследована устойчивость его обтекания потенциальным изавихренным циркуляционным потоком с убывающей завихренностью в безграничной жидкости. Было показано, что в отличие от колебаний цилиндрического вихря Ранкина, колебания осциллятора могут оказаться неустойчивыми, в том числе за счет возникновения потока энергии к осциллятору из критического слоя. Эта неустойчивость может играть ключевую роль в турбулизации атмосферы вихревого кольца при больших числах Рейнольдса [4].

Остается неизученным вопрос об устойчивости этой системы в потоке, ограниченном стенками внешнего соосного цилиндра (стакана). Проявление механизмов неустойчивости в круговом потоке, ограниченном стенками стакана, и их количественное описание позволят в будущем сформулировать идею эксперимента для проверки этих механизмов. В силу важности описываемых механизмов в динамике крупных вихрей и их роли в процессах возникновения турбулентности в вихревых структурах, их описание в ограниченном стаканом потоке является необходимым, в том числе с точки зрения интерпретации результатов эксперимента.

В рамках проведенной работы решалась задача об течении между двумя коаксиальными цилиндрами завихренной жидкости, в случае когда внешний цилиндр остается неподвижным, а ось внутреннего цилиндра не закреплена (рис. 1). Случай упругого закрепления внутреннего цилиндра рассмотрен в [5].

Для описания колебаний используется приближение невязкой несжимаемой жидкости. Рассмотрены случаи потенциального и завихренного обтекания, обтекания с постоянной и убывающей завихренностью. Для каждого случая получено дисперсионное уравнение в

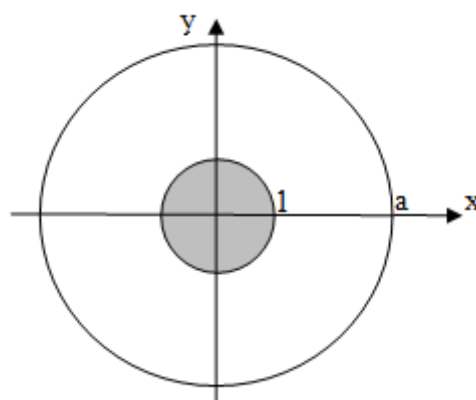


Рис. 1. Цилиндр в круговом циркуляционном потоке.

линейном приближении и найдено его решение. Выявлены области неустойчивости течения и вычислены инкременты роста амплитуд колебаний. Для наиболее простых случаев (потенциального обтекания и течения с постоянной завихренностью) проведено энергетическое исследование системы, которое позволяет дать физическую трактовку причины возникновения неустойчивости в рассматриваемой системе и сравнить результаты безграничной и ограниченной задачи.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 13-01-00476).

Литература.

1. Ламб Г. Гидродинамика ОГИЗ государственное издательство технико-теоретической литературы. 1947.
2. Копьев В.Ф., Леонтьев Е.А.. Акустическая неустойчивость плоских вихревых течений с круговыми линиями тока. Акуст. Журнал, 1988, Т. 34. № 3. С. 475-480.
3. Копьев В.Ф., Чернышев С.А. Неустойчивость колеблющегося цилиндра в циркуляционном потоке идеальной жидкости. МЖГ 2000, № 6. С. 78-92.
4. Копьев В.Ф., Чернышев С.А. Колебания вихревого кольца, возникновение в нем турбулентности и генерация звука. Успехи физических наук 2000, Т. 170. № 7. С. 713-442.
5. Копьев В.Ф., Чернышев С.А. Юдин М.А. Неустойчивость цилиндра при обтекании его циркуляционным потоком несжимаемой жидкости, МЖГ 2016, в печати.