

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ТЕЧЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

Патарашвили К.И.¹, Цакадзе С.Дж.^{1,2}, Калашник М.В.³,
Кахиани В.О.², Чанишвили Р.Дж.², Нанобашвили Дж.И.²,
Жвания Р.А.²

¹ Институт физики АН Грузии им. Э.Андроникашвили
Грузия, Тбилиси, 0177, ул. Тамарашвили, 6

² Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Грузии
Грузия, Тбилиси, пр. А.Казбеги, 2а

³ Обнинский Государственный технический университет атомной
энергетики (ИАТЭ), 249040, г. Обнинск, Калужская обл.,
Студгородок, 1, тел. (08439)5-23-17, факс (08439)6-67-35,
e-mail: lingel@obninsk.com

A mechanism of the rotating fluid flow instability associated with inhomogeneity of fluid depth distribution is considered theoretically and experimentally.

В работе рассматривается не изученный ранее механизм топографической неустойчивости течений вращающейся жидкости. В отличие от традиционного сдвигового механизма [1, 2], этот механизм связан с неоднородностью распределения глубины жидкости. Топографическая неустойчивость обнаружена при лабораторном моделировании зональных геострофических течений на специальной установке Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузии. Эта установка представляет собой заполненный жидкостью параболоид вращения с максимальным диаметром $d = 1.2$ м и радиусом кривизны в полюсе $R = 0.698$ м, вращающийся с регулируемой угловой скоростью Ω вокруг вертикальной оси. Для данного параболоида стандартная угловая скорость вращения, которой отвечает постоянная глубина вращающейся жидкости по вертикали, $\Omega_* = \sqrt{g/R} = 3.75 \text{ c}^{-1}$, соответственно период вращения $T_* = 1.677 \text{ c}$. При $\Omega \neq \Omega_*$ в жидкости возникает градиент полной глубины. Азимутальные (зональные) течения в параболоиде создавались системой источник-сток, состоящей из двух концентрических кольцевых пазов шириной 0.3 см, расположенных на дне параболоида

на радиусах $r_1 = 8.4$ см, $r_2 = 57.3$ см. Через эти пазы прокачивалась рабочая жидкость (вода) с заданным полным расходом Q_0 (см³/с) и в заданном направлении.

Была выполнена серия экспериментов с различными значениями Q_0 , полной глубины в отсутствие движений H , угловой скорости вращения параболоида Ω . В ходе экспериментов глубина жидкости измерялась емкостными датчиками, расположенными по радиусу сосуда, для измерения скорости жидкости использовался метод трассирующих частиц. Основные результаты экспериментов состоят в следующем. 1) При вращении параболоида с угловой скоростью $\Omega = \Omega_*$ азимутальные течения, индуцированные системой источник-сток, устойчивы. 2) В случае циклонического движения (источник на радиусе r_2) неустойчивость азимутальных течений наблюдается лишь при угловой скорости вращения $\Omega < \Omega_*$. Для антициклонического движения имеет место обратная ситуация ($\Omega > \Omega_*$). 3) При заданной угловой скорости вращения Ω неустойчивость обнаруживается только в определенном диапазоне интенсивностей Q_0 системы источник-сток. 4) Неустойчивость приводит к нарушению осевой симметрии течения и возникновению автоколебаний в потоке. Структура неосесимметричного течения характеризуется преобладанием моды с азимутальным волновым числом $m = 2$. Период возникающих автоколебаний в несколько раз (практически на порядок) превосходит период вращения системы.

В работе дано качественное объяснение результатов экспериментов с использованием известного критерия Чарни-Куо устойчивости вращающихся течений мелкой воды [2]. Показано, что возникновение неустойчивости связано с нарушением монотонности распределения потенциальной завихренности по радиусу. Рассмотрена также линейная спектральная задача теории устойчивости в рамках квазигеострофической теории мелкой воды. Установлено, что основную роль в развитии неустойчивости играет не сдвиг скорости, а градиент полной глубины, т.е. неустойчивость имеет топографический характер.

Работа выполнена при поддержке МНТЦ (проект G-1217).

Литература

1. М.В.Незлин., Е.Н.Снежкин. Вихри Россби и спиральные структуры. М.: Наука, 1990.
2. Дж. Педлоски. Геофизическая гидродинамика, т.2. М.: Мир, 1984.