

ВЕТРОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ В ОГРАНИЧЕННОМ БАССЕЙНЕ

С.Г. Гестрин¹, Е.В. Старовойтова^{1,2}

¹ *Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия*

² *Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

Изучено резонансное взаимодействие гравитационных волн на поверхности жидкости со сдвиговым аэродинамическим течением, приводящее к развитию ветровой неустойчивости. Найдены условия их усиления и непротекания. Определен спектр комплексных частот гравитационных колебаний жидкости, находящейся в ограниченном бассейне. Получены оценки основных параметров ветровой неустойчивости.

Ключевые слова: *ветровая неустойчивость, плазменно-гидродинамическая аналогия, гравитационные волны, сдвиговое течение, пограничный слой.*

Введение

Одним из основных вопросов в теории гидродинамической неустойчивости считается задача о генерации волновых возмущений сдвиговыми потоками жидкости или газа. Простейшей при этом является задача о неустойчивости Кельвина – Гельмгольца (КГ), развивающейся на тангенциальном разрыве скорости. Интерес к исследованию данного вида неустойчивости сохраняется и в настоящее время. Так, в работе [1] изучается срыв набегающим высокоскоростным потоком воздуха капле с поверхности водяной пленки в результате развития неустойчивости КГ. Гораздо более сложной задачей является рассмотрение волновых возмущений течения с непрерывным профилем скорости. Недавно был получен ряд точных и асимптотических решений уравнений двумерной гидродинамики, описывающих нестационарную вихревую дорожку с вращающимися эллиптическими линиями тока [2]. Вихревая дорожка представляет собой пространственно периодическую систему вихрей, формирующуюся за счет неустойчивости сдвиговых течений. Было показано, что перестройка структуры течения в форме ламинарно-турбулентного перехода в рамках термодинамического подхода может быть представлена как неравновесный фазовый переход [3], в ходе которого формируются различные промежуточные структуры, впоследствии дающие развитое турбулентное течение.

Резонансный механизм усиления ветровых волн в рамках модели сдвигового воздушного потока над поверхностью глубокой воды – ветровая неустойчивость (ВН) – был исследован в классической работе Майлса [4]. Данный вид неустойчивости возникает вследствие резонанса между поверхностной гравитационной волной и слоем в воздушном потоке, где его скорость совпадает с фазовой скоростью волны $U(z_c) = \omega/k$.

В ряде работ [5, 6] механизм ВН привлекался для объяснения возникновения панельного флаттера – изгибных колебаний упругой пластины, размещенной в дозвуковом или сверхзвуковом потоке газа или плазмы при наличии пограничного слоя, который образуется вблизи ее поверхности. В данном случае ВН возникает вследствие резонанса между изгибной волной и резонансным слоем течения с логарифмическим профилем скорости. При проведении теоретических расчетов авторы обычно рассматривают бесконечную пластину или бесконечную поверхность жидкости, взаимодействующей с воздушным потоком [5, 7]. Колебания в системах, имеющих конечные размеры, ввиду существенной сложности данной задачи изучаются, в основном, численными методами. В работе [6] было впервые получено и исследовано дисперсионное уравнение для шарнирно опертой по краям конечной пластины, находящейся в обтекающем ее воздушном потоке.

Ниже впервые построена математическая модель ВН гравитационных волн на поверхности жидкости, находящейся в бассейне, имеющем конечные размеры, и обдуваемой сдвиговым воздушным потоком в приближениях глубокой и мелкой воды. Обращено внимание на существенную аналогию между резонансным взаимодействием гравитационных волн со сдвиговым течением воздуха и резонансным взаимодействием плазменных волн и частиц в плазме (резонанс Ландау).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>