

АНАЛОГИЯ В ЗАДАЧАХ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОННЫХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ С ПОЛЯМИ РЕЗОНАТОРОВ И ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Часть 1

А. П. Кузнецов^{1,2}, С. П. Кузнецов^{2,3}, Д. И. Трубецков^{1,4}

¹Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

²Саратовский филиал ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

³Удмуртский государственный университет, Ижевск

⁴НИЯУ МИФИ, Москва

Уравнения гидродинамики невязкой сжимаемой жидкости преобразованы к виду, удобному для построения самосогласованной теории взаимодействия гидродинамических потоков с полями резонаторов и периодических структур по аналогии с теорией устройств СВЧ электроники со скрещенными электрическим и магнитным статическими полями. В качестве возбуждаемого акустического поля рассматривается поле скоростей, а в качестве источников – завихренность в потоке. Для двумерных задач в пренебрежении нелинейностью собственных акустических колебаний и сжимаемостью жидкости в области движения вихрей получены уравнения возбуждения акустических резонаторов в форме, полностью аналогичной уравнениям возбуждения электродинамических резонаторов. Для трехмерных резонаторов проведено рассмотрение, повторяющее электродинамическую теорию по своей общей структуре, хотя полной аналогии в этом случае не получается. Для иллюстрации решения самосогласованных уравнений рассматривается динамика плоской ленты вихрей, взаимодействующих с периодической структурой типа «гребенки». Решается самосогласованная задача для случая взаимодействия вихревого потока с произвольной периодической структурой. Получено дисперсионное уравнение задачи и на основе его анализа указаны конструкции гидродинамических устройств, являющихся полными аналогами электронных лучевых приборов со скрещенными полями.

Ключевые слова: Электронный поток, гидродинамический поток, вихри, периодические структуры, теория возбуждения.

ANALOGY IN INTERACTIONS OF ELECTRONIC BEAMS AND HYDRODYNAMIC FLOWS WITH FIELDS OF RESONATORS AND PERIODIC STRUCTURES

Part 1

A. P. Kuznetsov^{1,2}, S. P. Kuznetsov^{2,3}, D. I. Trubetskov^{1,4}

¹Saratov State University

²Kotel'nikov Institute of Radio-engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch

³Udmurt State University, Izhevsk

⁴National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

The hydrodynamic equations of inviscid compressible fluid are converted to a form suitable for development of self-consistent theory of interaction of hydrodynamic flows with resonators and periodic structures by analogy with the theory of microwave electronics devices with crossed electric and magnetic fields. We consider excitation of the acoustic velocity fields by the sources provided by vorticity in the flow. For two-dimensional problems, neglecting by nonlinearity of natural acoustic oscillations and by compressibility of the fluid in the domain of vortex motion, we obtain the excitation equations of acoustic resonators in a form entirely analogous to the equations for resonators in electrodynamics. For three-dimensional resonators there is no complete analogy, but we provide a derivation corresponding to the electrodynamics theory in general structure. To illustrate solutions of self-consistent equations we consider dynamics of a flat vortex tape interacting with a comb-type periodic structure. Also we consider the self-consistent problem for the case of interaction of the vortex flow with an arbitrary periodic structure. The dispersion equation is obtained, and on the basis of its analysis some designs of hydrodynamic devices are suggested analogous to the electronic beam devices with crossed fields.

Keywords: Electron beam, hydrodynamic flow, vortices, periodic structures, theory of excitation.