

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

Часть 2. Самовозбуждение, усиление и подавление сигнала

А. П. Кузнецов^{1,2}, С. П. Кузнецов^{2,3}

¹Национальный исследовательский Саратовский государственный университет Россия, 410012 Саратов, Астраханская, 83

²Саратовский филиал ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН Россия, 410019 Саратов, Зеленая, 38

³Удмуртский государственный университет Россия, 426034 Ижевск, Университетская, 1

E-mail: apkuz@rambler.ru, spkuz@yandex.ru

Предметом данного исследования является задача о возбуждении акустических колебаний и волн в процессе взаимодействия потока жидкости с резонаторными и периодическими структурами, применительно к которой продуктивным оказывается применение разработанных в электронике и электродинамике методов и теоретического аппарата для электромагнитных колебаний и волн. Для этого уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости приводятся к форме, аналогичной уравнениям Максвелла, и с их помощью выводятся уравнения возбуждения резонаторов и волноводов, что было сделано в предыдущей части статьи. По аналогии с теорией устройств электроники сверхвысоких частот со скрещенными полями, на основе самосогласованной теории исследовано взаимодействие вихревых потоков с периодической структурой в случае сильной собственной неустойчивости. Построена линейная теория акустического усилителя, в котором взаимодействие слабое, а течение на входе в пространство взаимодействия не возмущено. Отмечается возможность полного подавления поверхностной волны в определенных режимах функционирования такой системы. Показано, что возможна эффективная связь потока со встречной волной в структуре, и найдены условия, обеспечивающие самовозбуждение на встречной волне. Аналогия между гидродинамическими задачами и процессами в электронных приборах со скрещенными полями интересна с точки зрения возбуждения акустических колебаний вихревыми потоками и выявления перспектив применения этих феноменов. Особого внимания заслуживает самовозбуждение колебаний, обусловленное взаимодействием течения со встречной волной, подобное эффекту, реализующемуся в лампах обратной волны.

Ключевые слова: Электронный поток, гидродинамический поток, периодические структуры, усиление, условия подавления, самовозбуждение сигнала.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-2-5-26

Ссылка на статью: Кузнецов А.П., Кузнецов С.П. Аналогия в задачах о взаимодействии электронных и гидродинамических потоков с полями резонаторов и периодических структур. Часть 2. Самовозбуждение, усиление и подавление сигнала // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2016. Т. 24, No 2. С. 5–26.

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

Part 2. Self-excitation, amplification and dip conditions

A. P. Kuznetsov^{1,2}, S. P. Kuznetsov^{2,3}

¹National Research Saratov State University Russia, 410012 Saratov, Astrahanskaya, 83

²Kotel'nikov Institute of Radio-Engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch Russia,
410019 Saratov, Zelenaya, 38

³Udmurt State University Russia, 426034 Izhevsk, Universitetskaya, 1

E-mail: apkuz@rambler.ru, spkuz@yandex.ru

The subject of this research concerns the problem of excitation of acoustic oscillations and waves in the flow of fluid interacting with resonators and periodic structures, in relation to which application of methods and theoretical apparatus similar to those developed in the electronics and electrodynamics in the context of the excitation of electromagnetic oscillations and waves is productive. The proposed approach is based on reduction of the hydrodynamic equations of compressible fluid to a form similar to the Maxwell equations with subsequent developing theory of excitation of resonators and waveguides as discussed in the previous part of this article. By analogy with the theory of microwave electronic devices with crossed fields, basing on the self-consistent theory, we study the interaction of vortex currents with a periodic structure in the case of strong own instability. A linear theory of the acoustic amplifier is developed, in which the interaction is weak, and the flow at the input of the interaction space is not perturbed. The possibility of a full suppression of the surface waves in certain modes of functioning of such a system is noted. It has been shown that efficient coupling of the flow with a backward wave is possible in the structure, and conditions for the self-excitation of the counter-directed wave are found. It can be concluded that the analogy between the hydrodynamic problem and the processes in electronic devices with crossed fields is of considerable interest from the point of view of describing the phenomena of excitation of acoustic oscillations and waves by the vortex currents and evaluating the prospects for their practical use. Special attention should be put for self-excitation of oscillations due to the interaction of the flow with the counter-directed waves, similar to the effect occurring in the backward-wave tubes.

Keywords: Electron beam, hydrodynamic flow, vortices, periodic structures, theory of excitation, dip conditions, signal self-excitation.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-2-5-26

Paper reference: Kuznetsov A.P., Kuznetsov S.P. Analogy in interactions of electronic beams and hydrodynamic flows with fields of resonators and periodic structures. Part 2. Self-excitation, amplification and dip conditions // *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2016. Vol. 24, No 2. P. 5–26.