© Зубарев Н.М.,. Кочурин Е.А., 2019, Океанологические исследования, 2019, Том 47, № 1, С. 55–57

УДК 532.59 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).14

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛАБОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ЭЛЕКТРОКАПИЛЛЯРНЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОГО ДИЭЛЕКТРИКА

**Зубарев Н.М.[1,2], Кочурин Е.А.[1]**

[1]*Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, улица Амундсена, 120к1, 620016, Россия, e-mail: kochurin@iep.uran.ru*
[2]*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Ленинский проспект, 53с4 119991 Россия, e-mail: nick@iep.uran.ru*
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

В настоящей работе проведено прямое численное моделирование процесса взаимодействия плоских капиллярных волн на поверхности жидкого диэлектрика во внешнем тангенциальном электрическом поле с учетом сил вязкости. В пределе сильного электрического поля, когда вязкими и капиллярными силами можно пренебречь, на границе жидкости могут формироваться особые точки, в которых существенно возрастает кривизна границы (Зубарев, Кочурин, 2014, Кочурин, 2018, Kochurin, Zubarev, 2018). В случае конечного электрического поля взаимодействие встречных нелинейных электрокапиллярных волн может привести к возникновению прямого энергетического каскада. В режиме квазистационарной диссипации энергии функции плотности вероятности для углов наклона границы стремятся к нормальному распределению Гаусса, а форма границы приобретает сложную, хаотическую форму. Спектр поверхностных возмущений в этом режиме описывается степенной зависимостью $k^{-5/2}$. В терминах энергии полученный спектр имеет форму $k^{-3/2}$, что совпадает с энергетическим спектром Ирошникова-Крайчнана и свидетельствует о родственной природе наблюдаемой волновой турбулентности поверхности жидкости и слабой магнитогидродинамической турбулентности взаимодействующих альфвеновских волн.

Работа выполнена в рамках темы госзадания 0389-2015-0023 при поддержке РФФИ проекты № 16-38-60002, 19-08-00098, 17-08-00430), Президиумов РАН и УрО РАН (проекты № 2 и 18-2-2-15, соответственно) и Совета по грантам Президента РФ (проект СП-132.2016.1).

**Ключевые слова:** волновая турбулентность, свободная граница, электрическое поле, Альфвеновские волны, спектр турбулентности

## Литература

*Зубарев Н.М., Кочурин Е.А.* Взаимодействие сильно нелинейных волн на свободной поверхности непроводящей жидкости в горизонтальном электрическом поле // Письма в ЖЭТФ. 2014. Т. 99. № 11. С. 729–734.

*Кочурин Е.А.* Формирование областей с высокими градиентами энергии и давления на свободной поверхности жидкого диэлектрика в тангенциальном электрическом поле // Прикладная механика и техническая физика. 2018. Т. 59. № 1. С. 91–98.
*Kochurin E.A., Zubarev N.M.* Gravity-capillary waves on the free surface of a liquid dielectric in a tangential electric field // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2018. Vol. 25. No. 5. P. 1723–1730

## NUMERICAL SIMULATION OF WEAK TURBULENCE OF ELECTROCAPILLARY WAVES ON THE SURFACE OF A LIQUID DIELECTRIC

**Zubarev N.M. [1,2], Kochurin E.A. [1]**

[1]*Institute of Electrophysics, UB of RAS, Yekaterinburg, 620016 Russia*
*e-mail: kochurin@iep.uran.ru*
[2]*P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences,*
*Moscow, 119991 Russia, e-mail: nick@iep.uran.ru*
Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

In the present work, direct numerical simulation of the interaction of plane capillary waves on the surface of a liquid dielectric in an external tangential electric field with allowance for viscosity forces has been carried out. In the limit of a strong electric field, when viscous and capillary forces can be neglected, at which the curvature of the boundary increases significantly singular points can form at the boundary of the liquid (Zubarev, Kochurin, 2014, Kochurin, 2018, Kochurin, Zubarev, 2018). In the case of a finite electric field, the interaction of opposing nonlinear electrocapillary waves can lead to the appearance of a direct energy cascade. In the quasi-stationary energy dissipation regime, the probability density functions for the angles of the boundary inclination tend to the normal Gaussian distribution, and the shape of the boundary takes on a complex, chaotic form. The spectrum of the surface disturbances in this mode is described by a power dependence of $k^{-5/2}$. In terms of energy, the resulting spectrum has the form $k^{-3/2}$, which coincides with the Iroshnikov-Kraichnan energy spectrum and indicates that the observed wave turbulence of the liquid surface and weak magnetohydrodynamic turbulence of interacting Alfven waves have a related nature.

The work was carried out within the framework of the theme of state assignment 0389-2015-0023 with the support of the Russian Foundation for Basic Research, projects No. 16-38-60002, 19-08-00098, 17-08-00430), the Presidiums of the Russian Academy of Sciences and the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (projects No. 2 and 18-2-2 -15, respectively) and the Council on grants of the President of the Russian Federation (project SP-132.2016.1).

**Keywords:** wave turbulence, free boundary, electric field, Alfven waves, turbulence spectrum

## References

*Kochurin E.A.* Formirovanie oblastej s vysokimi gradientami ehnergii i davleniya na svobodnoj poverhnosti zhidkogo diehlektrika v tangencial'nom ehlektricheskom pole *(*Formation of Regions with High Energy and Pressure Gradients at the Free Surface of Liquid Dielectric in a Tangential Electric Field). *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 2018, Vol. 59, No. 1, pp. 79–85.

*Kochurin E.A. and Zubarev N.M.* Gravity-capillary waves on the free surface of a liquid dielectric in a tangential electric field. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2018, Vol. 25, No. 5, pp. 1723–1730.

*Zubarev N.M. and Kochurin E.A.* Vzaimodejstvie sil'no nelinejnyh voln na svobodnoj poverhnosti neprovodyashchej zhidkosti v gorizontal'nom ehlektricheskom pole (Interaction of strongly nonlinear waves on the free surface of a dielectric liquid in a horizontal electric field). *JETP Letters*, 2014, Vol. 99, No. 11, pp. 627–631.