

ТОЧНО РЕШАЕМАЯ МОДЕЛЬ ИНТРУЗИИ

Гончаров В.П.

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Пыжевский пер., 3,
109017, Россия, e-mail: v.goncharov@rambler.ru*

Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Подход конформных отображений (Bazant, Crowdy, 2005; Tanveer, 1993; Zakharov, Dyachenko, 1996; Yoshikawa, Balk, 1999, 2003) используется, чтобы сформулировать минимальную, точно разрешимую модель для изучения интрузии (Simpson, 1999; Ungarish, 2009), возникающей в бесконечном горизонтальном канале при извлечении затвора, разделяющего две несжимаемые жидкости разной плотности. Отличительной особенностью таких течений является скачок давления, который возникает в границе раздела сразу после удаления затвора. По этой причине процесс интрузии не вписывается в классический сценарий теории Бенджамина (Benjamin, 1968), а скорее похож на распространение двух встречных ударных волн. Будучи идентичными по форме и скорости, они двигаются в противоположных направлениях вдоль верхней и нижней границ канала, достигая при $t \rightarrow \infty$ установившегося режима распространения с постоянной скоростью $V = \left(\frac{1}{2} Agh\right)^{1/2}$, где A – число Атвуда, g – ускорение силы тяжести, h – высота канала. Более полное изложение результатов можно найти в (Goncharov, 2018).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект № 18-05-00831) и Программы фундаментальных исследований президиума РАН «Нелинейная динамика: фундаментальные проблемы и приложения».

Ключевые слова: интрузия, конформные отображения, теория Бенджамина, ударные волны

Литература

- Bazant M.Z., Crowdy D.* Conformal mapping methods for interfacial dynamics // Handbook of Materials Modeling, ed. by S. Yip. Dordrecht: Springer, 2005. P. 1417–1451.
- Benjamin T.B.* Gravity currents and related phenomena // J. Fluid Mech. 1968. Vol. 31. P. 209–248.
- Goncharov V.P.* A conformal-mapping model for intrusion // Phys. Fluids. 2018. Vol. 30. P. 106603(7).
- Tanveer S.* Singularities in the classical Rayleigh-Taylor flow: Formation and subsequent motion // Proc. R. Soc. A. 1993. Vol. 441. P. 501–525.
- Ungarish M.* An Introduction to Gravity Currents and Intrusions. Chapman and Hall/CRC. 2009.
- Yoshikawa T., Balk A.M.* The growth of fingers and bubbles in the strongly nonlinear regime of the Richtmyer-Meshkov instability // Phys. Lett. A. 1999. Vol. 251. P. 184–190.

Yoshikawa T., Balk A.M. A conformal-mapping model for bubbles and fingers of the Rayleigh-Taylor instability // *Math. Comput. Modell.* 2003. Vol. 38. P. 113–121.

Zakharov V.E., Dyachenko A.I. High-Jacobian approximation in the free surface dynamics of an ideal fluid // *Physica D.* 1996. Vol. 98. P. 652–664.

AN EXACTLY SOLVABLE MODEL OF INTRUSION

Goncharov V.P.

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, 109017 Moscow, Russia

e-mail: v.goncharov@rambler.ru

Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

The conformal-mapping approach (Bazant, Crowdy, 2005; Tanveer, 1993; Zakharov, Dyachenko, 1996; Yoshikawa, Balk, 1999, 2003) is used to formulate a minimal exactly solvable model for studying the lock-exchange gravity currents in an infinite horizontal channel (Simpson, 1999; Ungarish, 2009). The distinctive feature of such flows is a pressure jump which arises at the interface between two incompressible fluids of different densities at once after removing a lock gate. Because of this, the process of intrusion does not fit into Benjamin's scenario (Benjamin, 1968) but rather is like propagation of two shock waves. Being identical in shape and speed, they move in opposite directions along the upper and lower channel boundaries, reaching (as $t \rightarrow \infty$) a steady state with constant velocity $V = \left(\frac{1}{2} Agh\right)^{1/2}$, where A is Atwood's number, g is gravity, h is channel depth. For more details, see the article (Goncharov, 2018).

This work was supported by the RFBR (Project No. 18-05-00831) and by the RAS Presidium Program «Nonlinear dynamics: fundamental problems and applications».

Keywords: intrusion, conformal mapping, Benjamin theory, shock waves

References

Bazant M.Z. and Crowdy D. Conformal mapping methods for interfacial dynamics. *Handbook of Materials Modeling*, ed. by S. Yip, Dordrecht: Springer, 2005, pp. 1417–1451.

Benjamin T.B. Gravity currents and related phenomena. *J. Fluid Mech.* 1968, Vol. 31, pp. 209–248.

Goncharov V.P. A conformal-mapping model for intrusion. *Phys. Fluids*, 2018, Vol. 30, pp. 106603(7).

Tanveer S. Singularities in the classical Rayleigh-Taylor flow: Formation and subsequent motion, *Proc. R. Soc. A.*, 1993, Vol. 441, pp. 501–525.

Ungarish M. An Introduction to Gravity Currents and Intrusions. Chapman and Hall/CRC, 2009.

Yoshikawa T. and Balk A.M. The growth of fingers and bubbles in the strongly nonlinear regime of the Richtmyer-Meshkov instability. *Phys. Lett. A.*, 1999, Vol. 251, pp. 184–190.

Yoshikawa T. and Balk A.M. A conformal-mapping model for bubbles and fingers of the Rayleigh-Taylor instability. *Math. Comput. Modell.* 2003, Vol. 38, pp. 113–121.

Zakharov V.E. and Dyachenko A.I. High-Jacobian approximation in the free surface dynamics of an ideal fluid. *Physica D.*, 1996, Vol. 98, pp. 652–664.