

пластичности Треска:

$$\gamma_{ij} = \varepsilon_{ij}^p = \lambda \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} + \alpha_{ij}, \quad f(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}^p) = 0, \quad \lambda > 0, \quad \alpha_{ij} = \varepsilon_{ij}^{\nu_0}, \quad (2)$$

$$\max |\sigma_i - \sigma_j| = 2k + 2\eta \max |\varepsilon_k^p - \alpha_k|, \quad \alpha_k = \varepsilon_k^{\nu_0},$$

где  $\varepsilon_k^p$  — главные значения тензора скоростей пластических деформаций,  $\varepsilon_{ij}^{\nu_0}$  — компоненты тензора скоростей деформаций ползучести в момент начала пластического течения,  $\varepsilon_k^{\nu_0}$  — его главные значения,  $k$  и  $\eta$  — предел текучести и вязкость материала.

Предложенная модель иллюстрируется решением краевых задач о прямолинейном и вискозиметрическом деформировании с последующим пластическим течением.

### Литература

1. Олейников А. И., Пекарш А. И. Интегрированное проектирование процессов изготовления монолитных панелей. — М. : Эком, 2009. — 109 с.
2. Буренин А. А., Быковцев Г. И., Ковтанюк Л. В. Об одной простой модели для упругопластической среды при конечных деформациях // ДАН. — 1996. — Т. 347. — №2. — С. 199–201.
3. Буренин А. А., Ковтанюк Л. В. Большие необратимые деформации и упругое последствие. — Владивосток : Дальнаука, 2013. — 312 с.

### Волновые течения, возникающие при подъеме бруса из мелкой воды

<sup>1</sup>О. А. Ковыркина, <sup>2</sup>В. В. Остапенко

<sup>1,2</sup>Институт гидродинамики СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет

<sup>1</sup>olyana@ngs.ru

<sup>2</sup>Ostapenko\_VV@ngs.ru

Подъем тела с поверхности жидкости и возникающее при этом течение представляют интерес как с теоретической, так и с прикладной точек зрения. Физические явления, которые необходимо

учитывать при моделировании такого подъема, находятся в стадии предварительного анализа. Теоретические, экспериментальные и численные исследования подъема тел с поверхности глубокой жидкости без учета влияния дна проведены в [1–3]. Экспериментальное изучение подъема стеклянного круглого диска с поверхности воды, целью которого было объяснить процесс лагания копащими, выполнено в [1]. Для теоретического объяснения этих результатов в [3] предложена линеаризованная модель данного процесса, основанная на эвристическом предположении, что скорость движения границы области контакта жидкости пропорциональна местной скорости течения. В [4–6] в рамках первого приближения теории мелкой воды изучены волновые течения, возникающие при вертикальном подъеме прямоугольного бруса, частично погруженного в воду, заполняющую прямоугольный призматический канал с горизонтальным дном. На первом этапе, подробно исследованном в [4], нижняя поверхность бруса полностью находится под водой. Течение жидкости на втором этапе, когда нижняя поверхность бруса начинает выходить из воды, существенно зависит от знака функции  $G = R^2 - R'$ , где  $R = H'/H$ ,  $H = H(t)$  — заданный закон подъема бруса.

При  $G > 0$  брус препятствует свободному подъему жидкости за ним и граница смоченной части нижней поверхности бруса движется с докритической скоростью [5]. При  $G = 0$  брус не влияет на течение жидкости на втором этапе и граница его смоченной части движется вдоль характеристики системы уравнений мелкой воды [6]. В этих двух случаях отрыв жидкости от бруса происходит при глубине равной начальной глубине жидкости вне бруса. При  $G < 0$  брус ускоряет подъем жидкости, примыкающей к нему на втором этапе, и граница его смоченной части движется с критической скоростью, вдоль линии, огибающей уходящие с нее характеристики [6]. В этом случае отрыв жидкости от бруса может происходить при глубине существенно превосходящей начальную глубину жидкости вне бруса. Получены явные формулы для скорости течения жидкости в области, примыкающей к брусу, а также для скорости движения границы области контакта бруса и жидкости на втором этапе. Течение жидкости в области вне бруса находилось путем численных расчетов по разностной схеме КАБАРЕ второго порядка аппроксимации [7].

## Литература

1. Reis P. M., Jung S., Aristoff J. M., Stocker R. *How cats lap: water uptake by Felis catus*. Science. 2010. V. 330. P. 1231–1234.
2. Tassin, A., Piro, D. J., Korobkin, A. A., Maki, K. J., Cooker, M. J. *Two-dimensional water entry and exit of a body whose shape varies in time*. J. Fluids and Structures. 2013. V. 40, P. 317–336.
3. Korobkin A. A. *A linearized model of water exit*. J. Fluid Mech. 2013. V. 737. P. 368–386.
4. Кузнецова В. В., Остапенко В. В. *Волновые течения, возникающие при вертикальном подвеме из мелкой воды прямоугольного бруса*. ПМТФ. 2015. Т. 56. № 5. С. 102–110.
5. Кузнецова В. В., Остапенко В. В. *Волновые течения, возникающие при подвеме прямоугольного бруса, частично погруженного в мелкую воду*. ДАН. 2016. Т. 467. № 2. С. 163–167.
6. Ostapenko V. V., Kovyrkina O. A. *Wave flows induced by lifting of a rectangular beam partly immersed into shallow water*. J. Fluid Mech. 2017. V. 816. P. 442–467.
7. Головизнин В. М., Зайцев М. А., Карабасов С. А., Короткин И. А. *Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов*. М.: Изд. МГУ, 2013.

## Подобие теплообмена в струях ВЧ-плазмотрона и в гиперзвуковых потоках молекулярных газов

<sup>1</sup>А. Ф. Колесников, <sup>2</sup>В. И. Сахаров

<sup>1</sup>ИПМ имени А.Ю. Ишлинского РАН

<sup>2</sup>НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

<sup>1</sup>koles@ipmnet.ru

<sup>2</sup>vl.sakharov@mail.ru

ВЧ-плазмотрон ВГУ-4 (ИПМех РАН) мощностью 100 кВт — многофункциональная установка для исследований теплофизики