



### Литература

1 Определение электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.klyaksa.net> (дата обращения: 25.10.2020).

2 Планирование электроэнергетических режимов работы энергообъектов и энергосистем [Электронный ресурс]. URL: <https://www.soups.ru/functioning/reliability/regime-plan/> (дата обращения: 25.10.2020).

В.М. Сиников

## МЕТОД ПОДВИЖНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ДВИЖЕНИИ КАВИТАЦИОННОЙ ПОЛОСТИ МЕЖДУ ДВУМЯ ПЛОСКИМИ ГРАНИЦАМИ РАЗДЕЛА

(Самарский университет)

В работе предлагается численный метод решения осесимметричных задач о захлопывании деформирующейся паровой каверны в идеальной несжимаемой жидкости между двумя плоскими границами раздела. Задача состоит в следующем. Пусть в идеальной несжимаемой жидкости между двумя твердыми плоскостями находится сферическая каверна радиуса  $R_0$ .

Предполагается, что в начальный момент времени поверхность полости сферическая, жидкость покоится, а границы расположены таким образом, что задача может рассматриваться как осесимметричная относительно оси, ортогональной границам раздела и проходящей через центр каверны. Начальное давление газа внутри каверны и в жидкости равны  $P_{\Gamma_0}$  и  $P_{\infty}^0$ , соответственно. Предполагается, что в начальный момент выполняется условие статического равновесия  $P_{\Gamma_0} = P_{\infty}^0 + 2\sigma / R_0$ . В момент времени  $t=0$  давление в жидкости становится равным  $P_{\infty}^1 > P_{\infty}^0$ . В результате каверна начинает сжиматься и деформироваться. Осесимметричное движение жидкости рассматривается в неподвижной цилиндрической системе координат  $r, z$  с началом координат на одной из границ, в соответствии с рис. 1.

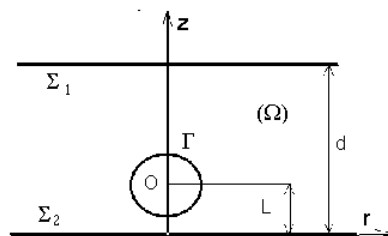


Рис. 1

В безразмерных переменных задача сводится к решению следующей системы.

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} = 0 \text{ в } \Omega \quad (1)$$

$$\Phi \Big|_{t=0} = 0 \quad (2)$$



$\Phi \rightarrow 0$  при  $(r, z) \rightarrow \infty$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = \kappa + f \cdot (k - 1) + \zeta \cdot [\sin(\omega \cdot t) - 1] + \beta \cdot (1 - w^{-y}) - (v_r^2 + v_z^2) / 2 \quad \text{на } \Gamma(4)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \text{ на границах раздела } \Sigma_1 \text{ и } \Sigma_2 \quad (5)$$

Для решения задачи используется специально разработанный численный метод [2], основанный на представлении решения в виде суммы потенциалов подвижных гидродинамических особенностей, расположенных на оси симметрии внутри полости. Решение ищется в виде

$$\Phi = \sum_{k=1}^{\infty} A_k(t) \left[ \frac{1}{d'_k} + \frac{1}{D'_k} + \sum_{j=1}^{\infty} \left( \frac{1}{d''_{kj}} + \frac{1}{D''_{kj}} + \frac{1}{d'''_{kj}} + \frac{1}{D'''_{kj}} \right) \right] \quad (6)$$

$$\text{где } d'_k = \sqrt{r^2 + (z - z_k)^2}, D'_k = \sqrt{r^2 + (z + z_k)^2}, d''_{kj} = \sqrt{r^2 + (z - 2d \cdot j - z_k)^2}, \\ D''_{kj} = \sqrt{r^2 + (z - 2d \cdot j + z_k)^2}, d'''_{kj} = \sqrt{r^2 + (z + 2d \cdot j - z_k)^2}, D'''_{kj} = \sqrt{r^2 + (z + 2d \cdot j + z_k)^2}.$$

Это соответствует представлению решения в виде суперпозиции потенциалов сосредоточенных гидродинамических особенностей, выбранных на оси каверны, и последующему применению метода отражения для удовлетворения условию (5). Следует отметить, что (6) при любом конечном пределе суммирования  $P$  по  $k$  на  $\Sigma_1$  удовлетворяет условию (5) точно, а на  $\Sigma_2$  приближенно. Причем для того, чтобы погрешность выполнения этого условия, не больше, чем  $\varepsilon > 0$ , необходимо выполнение условия

$$P \geq \frac{1}{d\sqrt{2\varepsilon}} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} [A_k(t)]} \quad (7)$$

В итоге, задача сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений, на каждом шаге интегрирования которой приходится решать плохо- обусловленную систему алгебраических уравнений. В работе для интегрирования системы дифференциальных уравнений используется метод Хэммита 4-го порядка с автоматическим выбором шага, а для решения плохо- обусловленных систем линейных алгебраических уравнений- метод регуляризации Тихонова [1]. Для решения рассматриваемой задачи на образующей полости выбиралось  $M=20$  дискретных точек, а число особенностей-равным  $N=10$ . Точность  $\varepsilon=0.001$ . Число необходимых отражений определялось в процессе решения задачи. С использованием вышеизложенной процедуры были получены решения для различных значений параметров. Приведем некоторые результаты для захлопывания пустых полостей.

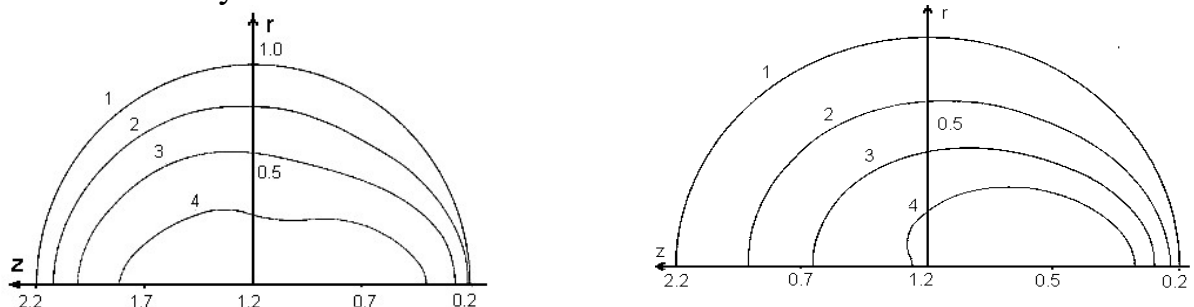




Рис. 2

Рис. 3

На рис. 2 приведены конфигурации образующей поверхности в моменты времени:  $t=0.0$ ; 2-1.08; 3- 1.45; 4-1.69 для параметров:  $L=1.2R_0$ ;  $d=2.5R_0$ ;  $\kappa=1$ ,  $\beta=0$ ,  $f=0$ ,  $\omega=0$ ,  $\zeta=0$ . В этом случае полость находилась почти на равном удалении от границ раздела. На рис. 3 приведены конфигурации образующей поверхности в моменты времени:  $t=0.0$ ; 2-1.08; 3- 1.44; 4-1.542 для параметров:  $L=1.2R_0$ ;  $d=3.5R_0$ ;  $\kappa=1$ ,  $\beta=0$ ,  $f=0$ ,  $\omega=0$ ,  $\zeta=0$ .

Приведенные результаты показывают, что

1. В случаях, когда расстояние между границами раздела соизмеримо с диаметром полости, то на определенной стадии захлопывания каверны на ее поверхности формируется кольцевая струя, что должно приводить к ее дроблению.

2. При уменьшении расстояния между границами раздела значительно снижается скорость захлопывания полости.

3. При удалении одной из стенок место образования кольцевой струи смещается к полюсу, противоположному ближайшей границе раздела.

Полученные результаты качественно согласуются с результатами натуральных наблюдений за процессом захлопывания полостей [3].

### Литература

1. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.- М.:Наука,1979, 284 стр.

2. Сиников В.М. Об использовании метода регуляризации в задачах о движении деформирующейся полости вблизи границ раздела. Сборник трудов 9-ой международной научно-практической конференции ” Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», СПб, изд-во Политех. университета,2010,стр.425-426.

3. Кнэпп Р. ,Дэйли Дж., Хэммит Ф.Г. Кавитация.-М.:Мир,1974.

А.А. Смагин, С.Н. Ларин, С.В. Липатова, А.А. Булаев

## КОНЦЕПЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

(Ульяновский государственный университет)

Требования к надёжности и ресурсу конструкции изделий для работы в чрезвычайно жёстких условиях эксплуатации. определяют необходимость разработки новых комплексных технических решений одним из таких подходов является построение интеллектуальной платформы.

Под платформой понимается база на которой строится архитектура информационной системы, при этом фундамент платформы обеспечивает воз-