XXX Юбилейная Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. I: С.24-25, 2002.

УДК 626.519.004.13.

И.Н.Григорьев (асп., каф. МВТС), П.А.Гарибин, к.т.н., доц.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ НА СТАДИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНОГО КЛИНА

Рассмотрена задача о нахождении формы свободной поверхности жидкости при движении щита водоклинового судоподъемника к воротам полушлюза верхнего бьефа с трансформацией клина воды на участке сопряжения (рис. 1). Перемещение передвижного щита судоподъемника рассматривалось в неподвижной системе координат X^1Z^1. Изменение формы свободной поверхности было отнесено к подвижной системе координат *XZ*, связанной со щитом. Началом системы координат *XZ* была выбрана точка на передвижном щите на расстоянии $H + \Delta H$ от дна судовозного лотка. Оси системы *XZ* параллельны соответствующим осям X^1Z^1 и перемещаются поступательно относительно них.

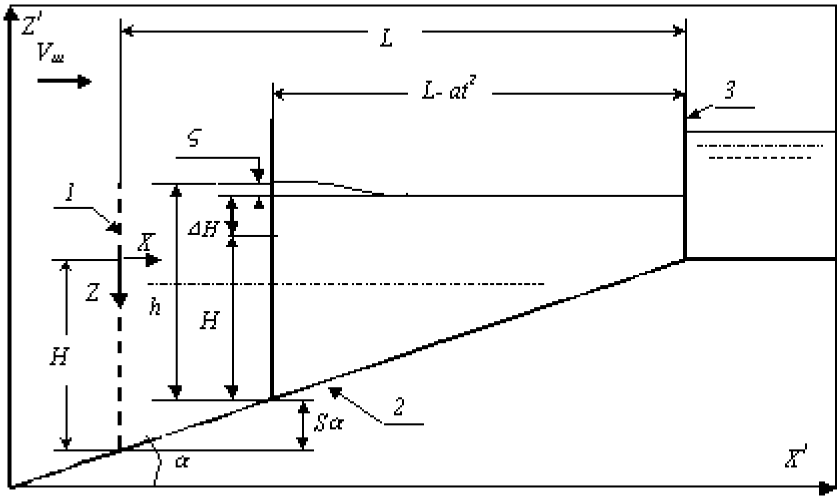

Рис. 1.
1 – передвижной щит; 2 – судовозный лоток; 3 – полушлюз верхнего бьефа

Уравнения количества движения и неразрывности, для внутренней области жидкости, были записаны в виде:

$$\frac{\partial\, Vh}{\partial\, t} + \frac{\partial}{\partial\, x}\left(V^2 h + g\frac{h^2}{2}\right) + (g\alpha + a)h = 0\,, \tag{1}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Vh}{\partial x} = 0\,, \tag{2}$$

где $h = \varsigma + H - \alpha x + \Delta H - S\alpha$ – глубина воды; S – пройденное щитом расстояние; ς – ордината свободной поверхности; H – уровень воды у передвижного щита в начальный момент времени; $\Delta H = S\alpha(L - S/2)/(L - S)$; α – угол наклона судовозного лотка; V – скорость движения массы воды; a – ускорение.

Граничные условия определялись из условия непротекания жидкости:

- на передвижном щите $$\frac{\partial\varsigma(0,t)}{\partial x} = \frac{a}{g}\,, \tag{3}$$
- на воротах верхнего полушлюза $$\frac{\partial\varsigma(x_B,t)}{\partial x} = 0\,, \quad \text{где } x_B = L - S\,. \tag{4}$$

В качестве начального условия было принято допущение, что в начальный момент времени свободная поверхность находится в состоянии покоя, т.е. параллельна оси X, и выполняются следующие выражения:

$$\varsigma(x,0) = 0\,, \tag{5}$$

$$\frac{\partial\varsigma(x,0)}{\partial t} = 0\,. \tag{6}$$

Было установлено, что система (1), (2) аналогична с системой уравнений газовой динамики изоэнтропического течения идеального газа с показателем адиабаты $\nu = 2$, что позволило воспользоваться известной, для решения подобных задач, методикой. Посредством введения в рассмотрение переменной Римана, применив преобразования Лежандра, была получена система уравнений Эйлера – Пуассона – Дарбу. Однородное решение данной системы уравнений выражается посредством гипергеометрических функций, которые после алгебраических преобразований были приведены к однородным дифференциальным уравнениям.

В результате анализа полученных зависимостей была доказана корректность допущения, о возможности использования в дальнейшем расчетных уравнений в линеаризованном виде и записать уравнение (1) в виде:

$$a + g\frac{\partial\varsigma}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \tag{7}$$

Решение системы уравнений (7), (2) позволило получить зависимость для определения формы свободной поверхности на завершающем этапе движения передвижного щита.