

УДК 626.519.004.13.

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

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ПАРНОГО ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕГО СУДОПРОПУСКНОГО СООРУЖЕНИЯ

Рассмотрен новый тип парного водосберегающего судопропускного сооружения, в котором водоклиновый судоподъемник, одновременно с судопропуском, выполняет функции сберегательного бассейна (рис.1).

Решение получено с помощью теории длинных волн. Для внутренней области жидкости водяного клина уравнения движения и неразрывности были записаны в виде:

$$a + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Vh}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

где $h = \zeta + H - \alpha x + h(t) - 0,5\alpha at^2$ – расстояние от дна лотка судоподъемника до свободной поверхности; ζ – ордината свободной поверхности; H – глубина воды у передвижного щита в начальный момент времени; α – угол наклона лотка; V и a – соответственно, скорость и ускорение перемещения передвижного щита водоклинового судоподъемника; $h(t) = 0,5at^2\alpha(L - 0,25at^2)/(L - 0,5at^2) - Qt/(L - 0,5at^2)$ – изменение уровня свободной поверхности, достигаемое за счет движения передвижного щита относительно ворот верхнего полушлюза; Q – расход жидкости через выпуски распределительной системы питания.

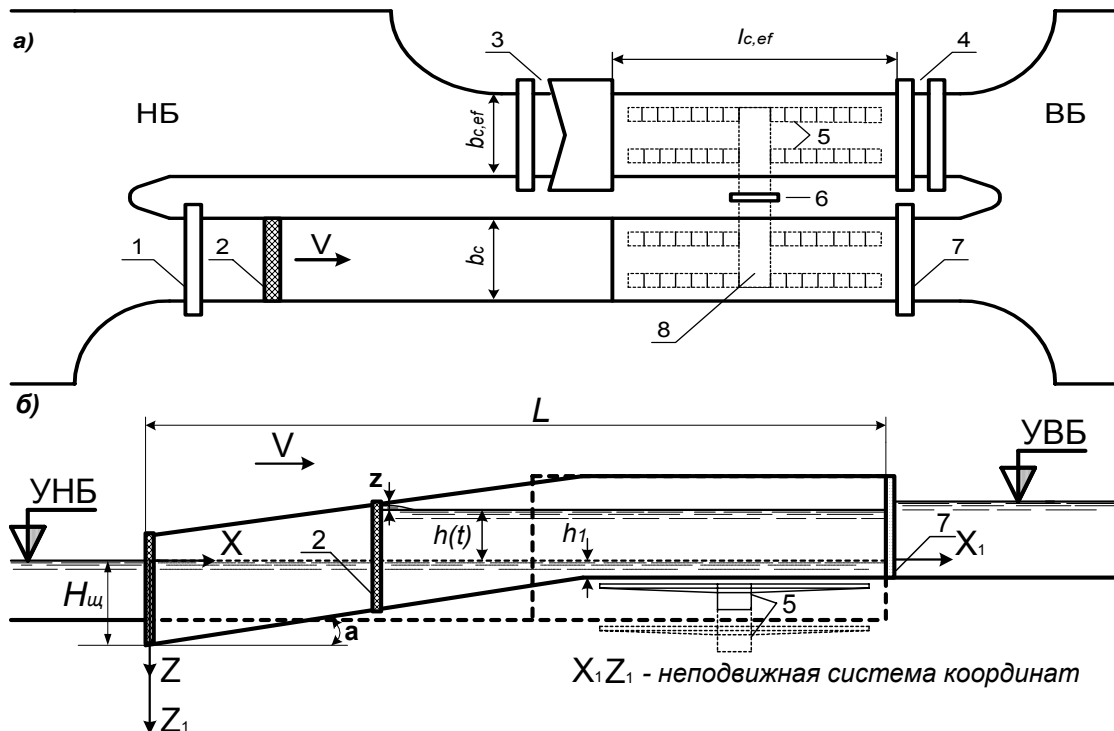


Рис. 1. Парное водосберегающее судопропускное сооружение:

а) – конструктивная схема; б) – расчетная схема

1 – нижний полушлюз; 2 – передвижной щит; 3 – нижняя голова шлюза; 4 – верхняя голова шлюза;
 5 – система питания; 6 – затвор галереи перепуска; 7 – верхний полушлюз

Дополнительно к традиционным для данной постановки задачи допущениям, было сделано предположение о том, что выпуски распределительной системы питания равномерно распределены по горизонтальной части сопрягающего участка судоподъемника, и отток воды через них не влияет на волновые явления на свободной поверхности жидкости.

Граничные условия на передвижном щите (а) и воротах верхнего полушлюза (б) были определены из условия непротекания жидкости на твердых стенках:

$$a) \frac{\partial \zeta(0, t)}{\partial x} = \frac{a}{g}; \quad б) \frac{\partial \zeta(x_B, t)}{\partial x} = 0, \text{ где } x_B = L - \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

В качестве начальных условий было принято допущение о том, что при $t = 0$ свободная поверхность находится в состоянии покоя, т.е. горизонтальна

$$\zeta(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial \zeta(x, 0)}{\partial t} = 0. \quad (4)$$

Применяя преобразования Лапласа по x, t , для описания формы свободной поверхности было получено уравнение Вольтера второго рода, решение которого было найдено при помощи метода Пикара. Выражение для определения ординат свободной поверхности ζ было получено в виде сходящихся рядов, описывающих прямую и обратную волны, членами которых являются функции Бесселя.

Конструкция парного водосберегающего судопропускного сооружения позволяет регулировать расход воды в системе перепуска за счет движения передвижного щита. В этом случае выражение для расхода описывается известным соотношением:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gh_n} \quad (5)$$

где μ_0 – коэффициент расхода системы перепуска; ω – расчетная площадь галереи перепуска; $h_n = f(V)$ – перепад уровней между поверхностями воды в шлюзе и судоподъемнике.

Для определения оптимальных режимов движения передвижного щита предлагается следующая последовательность действий.

Длина свободной поверхности в судоподъемнике L в начальный момент времени определяется из геометрических соображений, в предположении равенства ширины камеры шлюза и судовозного лотка. При этом для обеспечения безопасной стоянки судна (не касания судном дна лотка) в водном клине длина свободной поверхности должна удовлетворять условию

$$\frac{VtH_{щ} - 0.5(Vt)^2 \sin \alpha}{(L + l_{c,ef} - Vt)} + H_{щ} - l_{c,ef} \sin \alpha \geq h_n \quad (6)$$

В результате проведенных расчетов для реальных параметров судопропускных сооружений было установлено, что практическую значимость имеет только режим движения передвижного щита, при котором номинальное значение ускорения достигается мгновенно $0,015 < \alpha_x < 0,05 \text{ мс}^{-2}$.

Для определения параметров режима движения (α_x и V) были использованы следующие зависимости:

$$\begin{aligned} 2L - Vt_1 &= \sqrt{2gH_{щ}} t_1 \\ 2L - Vt_1 - Vt_2 &= \sqrt{2gH_{щ}} t_2 \\ 2L - Vt_1 - Vt_2 - Vt_3 &= \sqrt{2gH_{щ}} t_3 \text{ и т.д.} \end{aligned} \quad (7)$$

где t_1, t_2, t_3, \dots – соответственно время прихода фронта отраженной первой, второй, третьей и т.д. волн к передвижному щиту.

Оптимальный режим движения передвижного щита рекомендуется определять из условия минимизации колебательных явлений в трансформируемом клине воды.