

УДК 630*378.3:532.59

В. П. КОРПАЧЕВ

Красноярская государственная технологическая академия

Корпачев Василий Петрович родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры водного транспорта леса Красноярской государственной технологической академии, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 110 печатных трудов в области водного транспорта леса, экологии водных объектов.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА СТАЦИОНАРНЫЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Приведены результаты теоретических исследований по определению волнового давления на стационарные лесотранспортные единицы для водоемов конечной глубины как разность давлений на носовую и кормовую поверхности.

The results of theoretical studies on determination of wave pressure on timber transport units for reservoirs of finite depth as the difference in pressures on bow and stern surfaces have been presented.

Расчет волнового давления на стационарные и нестационарные лесосплавные объекты (рейдовые сооружения, волноломы, лесотранспортные единицы) связан с большими математическими трудностями. При определении волновой нагрузки на плавучие сооружения их принимают за подвижные преграды и используют различные приближенные методы [1]. Расчетные формулы получены для двух случаев: воздействие волны на жесткую прямоугольную преграду ящичного типа и на вертикальный экран с отсечением эпюры давления, расположенной ниже отметки днища. Нами установлено, что набегающие на неподвижное сооружение ящичного типа волны частично отражаются, частично проходят под преградой, обтекая ее. Следовательно, энергия набегающей волны должна равняться сумме энергий отраженной и проходящей волн. Для определения силового воздействия волн на стационарный или нестационарный лесосплавной объект достаточно найти разность энергий этих волн. Например, с учетом сказанного определим волновое давление на стационарную лесотранспортную единицу (СЛТЕ) типа плот по формуле

$$\Delta p = P_1 - P_2, \quad (1)$$

где P_1, P_2 – волновое давление на носовую и кормовую поверхности объекта.

При рассмотрении взаимодействия волн высотой h с СЛТЕ высотой z возможны три случая: $h > z, h < z, h = z$. Если $h \leq z$, то волновая нагрузка полностью передается на СЛТЕ. При $h > z$ носовая часть тела полностью зарывается в воду. В этом случае необходимо учитывать дополнительную нагрузку на его подтопленную часть.

При расчете сил P_1 и P_2 введем следующие допущения: носовая плоскость непроницаема для частиц жидкости; поперечное сечение СЛТЕ имеет прямоугольную форму, тело жесткое. Форма носовой поверхности, ее проницаемость, гибкость, подвижность элементов должны учитываться введением экспериментальных коэффициентов.

Определим P_1 для случая $h < z$. Избыточное гидродинамическое давление в точке волны на глубине z для принятой системы координат (см. рисунок) находим по формуле

$$\frac{P - P_{ат}}{\rho} = gz - \frac{gh \operatorname{ch} k(H - z)}{2 \operatorname{ch}(kH)} \zeta, \quad (2)$$

где P – гидродинамическое давление в точке волны;

$P_{ат}$ – давление на свободной поверхности жидкости;

ρ – плотность воды;

g – ускорение свободного падения;

k – волновое число, $k = 2\pi/\lambda$ (λ – длина волны);

H – глубина водоема;

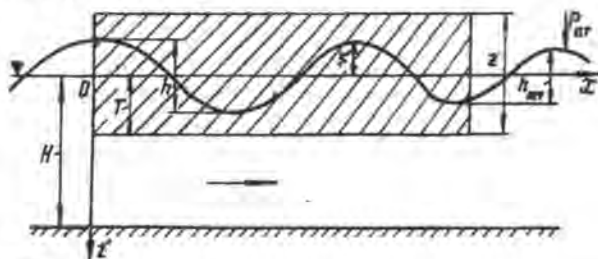
ζ – ордината точек профиля волны.

Для принятой системы координат в плоскости, совпадающей с носовой гранью СЛТЕ, профиль волны описывается уравнением [2, 3]

$$\zeta = -\frac{h}{2} \cos \sigma t, \quad (3)$$

где σ – угловая скорость или круговая частота, $\sigma = 2\pi/\tau$ (τ – период волны).

Значения атмосферного давления на носовую и кормовую поверхности СЛТЕ равны и противоположны.



Расчетная схема

Волновое давление на носовую плоскость СЛТЕ находим по формуле

$$P_1 = \rho g \int_S \left[z - \frac{\text{ch } k(H-z)}{\text{ch}(kH)} \zeta \right] B dz, \quad (4)$$

где B – ширина СЛТЕ;

S – площадь носовой плоскости.

Принимая пределы интегрирования от T до $T+\zeta$ (T – осадка СЛТЕ) в выражении (4), после интегрирования получаем

$$P_1 = \frac{1}{2} \rho g B (2T\zeta + \zeta^2) - \frac{1}{k} \rho g B \zeta \left\{ \text{sh } k(T + \zeta) - \text{sh}(kT) - \text{th}(kH) [\text{ch } k(T + \zeta) - \text{ch}(kT)] \right\}, \quad (5)$$

где ζ – высота волны у передней грани тела, $\zeta = f + \varphi$;

f – высота подходящей волны;

φ – высота отраженной волны от передней грани.

Предварительные расчеты показывают, что изменение высоты волны у передней грани тела за счет ее частичного отражения незначительно и не превышает 0,5 %, т. е. в практических расчетах ее можно не учитывать.

Волновое давление P_2 на кормовую плоскость СЛТЕ находим по формуле

$$P_2 = \rho g \int_S \left[z - \frac{\text{ch } k(H-z)}{\text{ch}(kH)} \zeta_1 \right] B dz, \quad (6)$$

где $\zeta_1 = \frac{h_{ост}}{2} \cos \omega t$ – уравнение профиля волны за телом;

$h_{ост}$ – высота волны за телом после ее гашения.

Известно [3], что при установке на взволнованной поверхности плавающего объекта за ним наблюдается частичное или полное гашение волны, которое можно оценить коэффициентом гашения $\beta = h_{ост}/h$. Значение β изменяется от 0 до 1. При $\beta = 0$ наблюдается полное гашение; при β , равном или близком к единице, гашения не происходит. Таким образом, при определении волнового давления на кормовую плоскость СЛТЕ необходимо вводить в расчет остаточное значение высоты волны $h_{ост} = \beta h$.

Интегрируя (6) в пределах изменения z от T до $T+\zeta_1$, находим

$$P_2 = \frac{1}{2} \rho g B (2T + \zeta_1^2) - \frac{1}{2} \rho g B \zeta_1 \left\{ \text{sh } k(T + \zeta_1) - \text{sh}(kT) - \text{th}(kH) [\text{ch } k(T + \zeta_1) - \text{ch}(kT)] \right\}. \quad (7)$$

Подставляя значения P_1 (5) и P_2 (7) в формулу (1), получаем окончательное выражение для определения волнового давления на стационарную лесотранспортную единицу:

$$\begin{aligned} \Delta p = \rho g B \{ & T(\zeta - \zeta_1) + \frac{1}{2}(\zeta^2 - \zeta_1^2) - \frac{1}{k} \zeta \operatorname{sh} k(T + \zeta) + \frac{1}{k} \zeta_1 \operatorname{sh} k(T + \zeta_1) + \\ & + \frac{1}{k} \operatorname{sh} kT(\zeta - \zeta_1) + \frac{1}{k} \zeta \operatorname{th} kH [\operatorname{ch} k(T + \zeta) - \operatorname{ch}(kT)] - \\ & - \frac{1}{k} \zeta_1 \operatorname{th} kH [\operatorname{ch} k(T + \zeta_1) - \operatorname{ch}(kT)] \}. \end{aligned} \quad (8)$$

Итак, в нашей работе впервые в лесосплавной литературе получена теоретическая зависимость для определения силы волнового давления на лесотранспортную единицу. Для ее практического применения необходимо экспериментальным путем найти коэффициент гашения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Басин А. М., Анфимов В. М. Гидродинамика судна. - Л.: Судостроение, 1961. - 684 с. [2]. Кожевников М. П. Гидравлика ветровых волн. - М.: Энергия, 1972. - 264 с. [3]. Корпачев В. П. Теоретические основы водного транспорта леса. - Красноярск: СТИ, 1992. - 183 с.

Поступила 29 мая 1995 г.