ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1991

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*378.7

УСЛОВИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПЛАВАЮЩИХ ОДИНОЧНЫХ БРЕВЕН

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Поперечное перемещение бревен по поверхности воды используется на лесосплавных рейдах и в бассейнах лесоперерабатывающих предприятий. В случаях, когда бревна увлекаются стойками или траверсами, представляет интерес выбор их осадки и формы в зависимости от требуемой скорости движения и параметров перемещаемых бревен при сохранении устойчивости, без подныривания.

Гидродинамика рассматриваемого процесса подробно изложена в работе [1]. Ниже приведены результаты дальнейших исследований и даны практические рекомендации.

Условие предельного равновесия бревна при его перемещении стойками в воде (рис. 1) можно представить в виде

$$P\frac{d}{2}\cos\alpha = R_x\frac{d}{2}\sin\alpha + R_y e, \tag{1}$$

где $P,\ R_x,\ R_y$ — соответственно силы запаса плавучести, лобового сопротивления и Жуковского — Кутта [1],

$$P = \frac{\pi d^2}{4} l(\rho - \rho_б) g; \quad R_x = C_x \rho d l \frac{v_0^2}{2}; \quad R_y = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2};$$

e — плечо силы R_y, согласно рис. 1 $e = d/2\,[1 - \sin\beta/\cos(\alpha-\gamma)]$;

$d,\ l$ — диаметр и длина бревна;

$\rho,\ \rho_б$ — плотность соответственно воды и бревна;

g — ускорение свободного падения;

$C_x,\ C_y$ — коэффициенты соответственно лобового сопротивления и подъемной силы Жуковского;

v_0 — скорость равномерного движения бревна в спокойной воде (скорость обтекания).

Углы, показанные на рис. 1, находим по формулам

$$\alpha = \arcsin\left(1 - \frac{2z}{d}\right); \quad \beta = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \psi); \quad \psi = \arccos\frac{2a}{d},$$

где z — осадка стоек;

a — расстояние от точки приложения силы R_y до вертикальной оси.

При $C_y = 2$ $a = \frac{\pi d}{8}$ [1], тогда $\psi = \arccos\frac{\pi}{4}$ и $\gamma = \frac{2d}{\pi l}$.

Подставляя выражения для P, R_x и R_y в уравнение (1) и преобразуя его, получаем расчетное уравнение

$$\frac{\pi d g}{2 v_0^2}(1-\delta) = C_x \operatorname{tg}\alpha + \frac{C_y}{\cos\alpha}\left(1 - \frac{\sin\beta}{\cos(\alpha-\gamma)}\right), \tag{2}$$

где δ — относительная плотность бревна, $\delta = \rho_б/\rho$.

Это уравнение удобно для анализа, поскольку для конкретного бревна и конструктивно заданной скорости v_0 переменная величина осадки стойки z выражается только через угол α.

Обозначим левую часть уравнения (2) буквой A:

$$A = \frac{\pi d g}{2v_0^2}(1-\delta), \tag{3}$$

а правая является функцией от z:

$$\varphi(z) = C_x \operatorname{tg}\alpha + \frac{C_y}{\cos\alpha}\left(1 - \frac{\sin\beta}{\cos(\alpha-\gamma)}\right). \tag{4}$$

На рис. 2 построены кривые зависимости z от A для трех диаметров бревен (0,1; 0,3 и 0,6 м) при прочих равных условиях ($l = 4$ м, $C_x = 0{,}9$; $C_y = 2{,}0$).

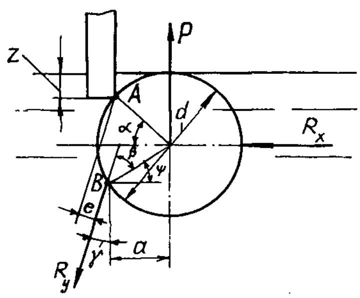

Рис. 1. Схема взаимодействия перемещаемого бревна с водой

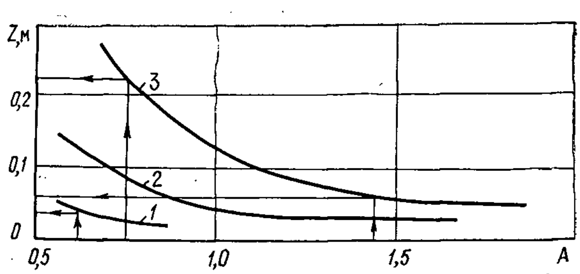

Рис. 2. График для определения осадки стоек: $1 - d = 0{,}1$ м; $2 - d = 0{,}3$ м; $3 - d = 0{,}6$ м

Имея семейство таких кривых, легко определить минимально допустимую осадку стойки при заданных d, δ и v_0.

Например, при $d = 0{,}6$ м; $\delta = 0{,}9$; $v_0 = 0{,}8$ м/с имеем $A = 1{,}44$. Тогда по графику на рис. 2 находим $z = 0{,}065$ м. Аналогично для $v_0 = 1{,}1$ м/с имеем $A = 0{,}76$ и $z = 0{,}22$ м. Для $d = 0{,}1$ м и $v_0 = 0{,}5$ м/с получаем $A = 0{,}61$ и $z = 0{,}035$ м.

Интересно отметить, что с увеличением скорости необходимая осадка z интенсивно растет.

Максимально возможная скорость перемещения бревна из условий подтопления его силой R_y без учета сил трения скольжения определяется по формуле [1]

$$v_{0\,\max} = \sqrt{\frac{\pi d g(1-\delta)}{2C_y\cos\gamma}}. \tag{5}$$

Из нее следует, что чем меньше диаметр бревна, тем меньше скорость, при которой оно будет подтоплено.

Ограничение скорости по условию (5) весьма жесткое, особенно для тонких бревен. Поэтому рекомендуется предусматривать осадку стоек не менее половины диаметра наиболее толстых бревен. В этом случае вступает в силу ограничение скорости по условию качения бревен вниз по стойкам силой R_y, когда $\alpha = 0$.

В этом случае уравнение равновесия

$$P\frac{d}{2} = R_y e \tag{6}$$

или

$$\frac{\pi d^2}{4} lg(\rho - \rho_б)\frac{d}{2} = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2}\left(\frac{d}{2} - a\right)\cos\gamma.$$

После преобразований получим формулу для определения максимально допустимой скорости перемещения бревна

$$v'_{0\,\max} = \sqrt{\frac{2\pi d g (1 - \delta)}{C_y \cos\gamma\,(4 - \pi)}}. \tag{7}$$

Используя выражения (5) и (7), получаем

$$\frac{v'_{0\,\max}}{v_{0\,\max}} = \sqrt{\frac{4}{4 - \pi}} = 2{,}2, \tag{8}$$

т. е.

$$v'_{0\,\max} = 2{,}2 v_{0\,\max}.$$

Для того чтобы предотвратить скольжение тонких бревен вниз при поперечном перемещении их со скоростями, допустимыми для бревен больших диаметров, можно рекомендовать делать рабочую поверхность стоек шероховатой.

Таким образом допустимая скорость перемещения бревен из условий качения вдвое больше, чем из условий подтопления. Это объясняется тем, что плечо e силы R_y существенно меньше плеча силы P (см. рис. 1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Харитонов В. Я. Гидродинамика поперечного перемещения бревен по воде стойками // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 52—55.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 12 октября 1990 г.

УДК 630*375.4.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХЛЫСТОВ И ИХ ПОДВЕСА ПРИ ТРЕЛЕВКЕ В ПОЛУПОГРУЖЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ

В. И. ВАРАВА, О. М. ВЕДЕРНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Выявлению параметров хлыста посвящен ряд работ [1—4]. Нами исследуются его упруго-диссипативные свойства и разрабатываются эквивалентные модели. Анализ имеющихся аппроксимаций и экспериментальных данных [4] показывает, что образующая ствола довольно точно описывается косинусоидой

$$r = r_{\text{т}} \cos\frac{\pi x}{2 l_{\text{с}}},$$

где r — текущий радиус ствола;
$r_{\text{т}}$ — условный радиус комля, полученный по таксационному значению диаметра ствола;
$l_{\text{с}}$ — длина ствола;
x — текущая ордината, $0 \leqslant x \leqslant l_{\text{с}}$.

Тогда для ствола дерева имеем следующие расчетные зависимости: для объема

$$V_{\text{с}} = \int_0^{l_{\text{с}}} \pi r^2(x)\,dx = 0{,}5 S_0 l_{\text{с}}, \tag{1}$$

где S_0 — условная площадь поперечного сечения комля, $S_0 = \pi r_{\text{т}}^2$;