

УДК 630\*378.2

*В. Я. ХАРИТОНОВ, И. И. ДОЛГОВА*

Архангельский государственный технический университет

**ВНУТРЕННИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ПОДПЛАВ  
ДЛЯ ПУЧКОВ НЕДОСТАТОЧНОЙ ПЛАВУЧЕСТИ**

Рассмотрена конструкция лесосплавного пучка с искусственным подплавом в виде многооборстных модулей. Определены параметры внутреннего подплава для обеспечения плавучести пучков из лиственных сортиментов.

*The construction of floatage bundle with artificial arrangement in a form of multiple modules has been considered. Parameters of the internal arrangement to ensure hardwood bundles floatability are determined.*

Прекращение молевого лесосплава на большинстве рек России обострило проблему доставки леса потребителю, особенно в лесоизбыточных регионах со слабо развитой сетью путей сухопутного транспорта. В то же время плотовой лесосплав с береговой сплоткой по многим рекам в весенний период позволяет вовлечь в эксплуатацию лесные массивы с лиственницей, лиственными и другими породами, при молевом сплаве которых наблюдались большие потери от утопа.

Наиболее технологичной транспортной единицей, являющейся неделимой частью плота, признан пучок в форме эллиптического цилиндра. Его формирование (сплотка) легко поддается механизации, объем, а следовательно, и осадку просто варьировать, прочность удовлетворительная при соблюдении технических требований. Пучок удобен и в качестве так называемого единого транспортного пакета, в котором группа круглых лесоматериалов доставляется потребителю при возможных перегрузках в пути на всех видах лесотранспорта. Одним из положительных качеств пучка является возможность сплотки бревен с разным запасом плавучести, что обеспечивает в целом его достаточную плавучесть.

В тех случаях, когда нельзя применить естественный подплав (нет бревен нужных пород, или они не нужны потребителю), используют искусственный, чаще многооборстный.

Предложено много конструкций искусственных подплавов. В нашей работе [4] обоснованы параметры подплава из полимерных материалов, расположенного по периметру пучка. Чаще подплав размещают внутри пучка. Наибольшее распространение получил пневмоподплав ЦЛС-135 [3] в виде надувной емкости из прорезиненного капрона, внутри которой размещена резиновая камера. Недостаток всех надувных подплавов — потеря герметичности, в том числе от проколов.

В Архангельском государственном техническом университете разработана конструкция лесосплавного пучка с искусственным подплавом в виде многооборстных модулей, изготовленных из полистиролового пенопласта (рис. 1). По центру вдоль оси модуль армирован капроновым канатом. Свободные концы каната используют для соединения модулей между собой и крепления их к бревнам в пучке (рис. 2).

Подплавы в пучок укладывают в процессе формирования его в сплочном устройстве (лесонакопителе). Соединительные канаты

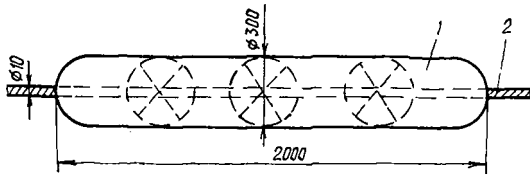


Рис. 1. Модульный подплав из армированного пенополистирола: 1 — модуль подплава; 2 — капроновый канат армирующий

должны быть «засорены» среди бревен, чтобы предотвратить всплытие подплавов в случае ослабления обвязок пучка при буксировке и отстое плотов. Число подплавов в пучке зависит от его объема и веса бревен.

Для всех типов модулей внутреннего подплава важно установить место их расположения в поперечном сечении пучка из условия, что внешнее давление на них будет наименьшим. Это необходимо для увеличения сроков службы и сохранности модулей.

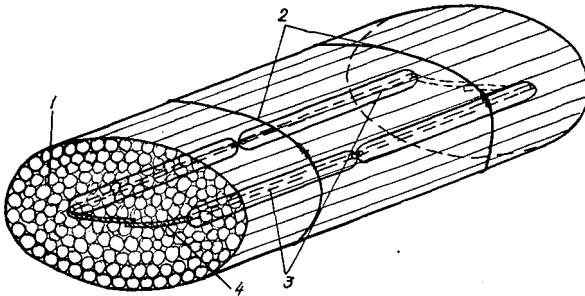


Рис. 2. Лесосплавной пучок с внутренним подплавом: 1 — бревна; 2 — пучковые обвязки; 3 — модуль внутреннего подплава; 4 — капроновый канат

На подплав внутри пучка действуют сила тяжести расположенных выше него бревен и сила распора, возникающая в пучке от усилий в обвязке (рис. 3). С достаточной для практики точностью считаем, что давление от бревен подчиняется гидростатическому закону при отсутствии трения. В вертикальном диаметральном сечении пучка это давление распределяется по закону

$$p = \rho_6 g (H/2 - y), \quad (1)$$

где  $p$  — давление бревен;

$\rho_6$  — плотность бревен;

$H$  — высота пучка;

$y$  — координата произвольного сечения пучка.

Для определения давления на подплав от усилий в обвязке рассмотрим ее как параболическую гибкую нить, на которую действует равномерно распределенная нагрузка  $q$  (рис. 3). Выделим элементарный участок длины нити  $dS$  с центральным углом  $d\varphi$  и радиусом  $r$ .

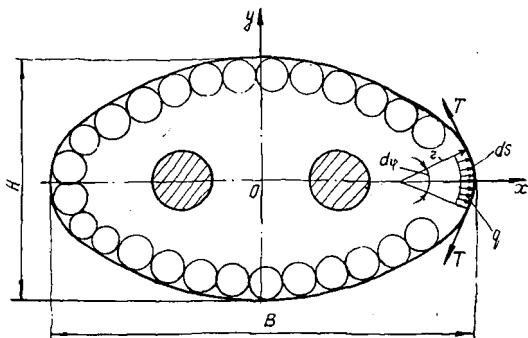
Спроектируем на ось  $x$  все силы, действующие на выделенный элементарный участок:

$$-2T \sin \frac{d\varphi}{2} + qdS = 0, \quad (2)$$

где  $T$  — усилия в обвязках, приходящееся на единицу длины пучка.

Так как  $dS = rd\varphi$  и при малых углах  $\sin \frac{d\varphi}{2} = \frac{d\varphi}{2}$ , то из (2) можно выразить  $T$ , если известна  $q$ :

Рис. 3. Расчетная схема



$$T = qr, \tag{3}$$

или выразить  $q$ , если известно  $T$ :

$$q = T/r. \tag{4}$$

Величину  $T$  по рекомендации [2] можно определить по формуле

$$T = \frac{0,15}{a/b - 0,83} \rho_0 g \pi a b k, \tag{5}$$

где  $k$  — коэффициент полнодревесности пучка [3].

Очевидно, что в целях предохранения подплавов от разрушения целесообразно их располагать в таких точках поперечного сечения пучка, где суммарное давление

$$p_{\text{сум}} = p + q = f(x) \tag{6}$$

минимально.

Полагая, что подплавы обычно помещают в средней части пучка по его высоте ( $y = 0$ ), находим координату  $x$  по условию

$$f'(x) = 0. \tag{7}$$

С учетом (1) и (4) имеем

$$f(x) = 1/2 \rho_0 g H - \rho_0 g y + T/r. \tag{8}$$

Форма периметра поперечного сечения пучка близка к эллипсу с полуосями  $a = B/2$ ,  $b = H/2$  (рис. 3). Следовательно,

$$y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$$

и

$$1/r = \frac{d^2 y}{dx^2}.$$

Для конкретного пучка значения  $\rho_0$ ,  $g$ ,  $T$ ,  $a$ ,  $b$  в формуле (8) постоянны. Поэтому после двойного дифференцирования и преобразований получаем

$$|r| \approx \frac{(a^2 - x^2) \sqrt{a^2 - x^2}}{ab}. \tag{9}$$

Таким образом, имеем

$$f(x) = 1/2 \rho_0 g H - \rho_0 g \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} + \frac{abT}{(a^2 - x^2) \sqrt{a^2 - x^2}}, \tag{10}$$

следовательно,

$$f'(x) = \frac{3aT}{(a^2 - x^2)^2} - \frac{\rho_6 g}{a} = 0,$$

отсюда

$$x_{1,2} = \pm a \sqrt{1 - \sqrt{\frac{3T}{\rho_6 g a^2}}}. \quad (11)$$

Анализ формул (1), (4) и (11) показывает, что подплавывает следует располагать попарно, симметрично вертикальной диаметральной плоскости пучка, в точках с координатами  $y = 0$  и  $x$  по формуле (11), где модули будут воспринимать наименьшее давление.

Например, при  $a = 1,50$  м,  $b = 0,75$  м (коэффициент формы пучка  $a/b = 2$ )  $\rho_6 = 900$  кг/м<sup>3</sup>,  $k = 0,65$  расчетом получим  $T = 2600$  Н/м,  $x_{1/2} \pm 0,92$  м,  $r = 1,47$  м,  $y = 0,59$  м.

Давление от силы тяжести бревен

$$p = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,59 = 5209 \text{ Па};$$

от усилия в обвязках

$$q = 2600/1,47 = 1769 \text{ Па};$$

суммарное

$$p_{\text{сум}} = 6978 \text{ Па}.$$

Предел прочности на сжатие пенополистирола плотностью  $\rho_n = 60$  кг/м<sup>3</sup> [1] [ $\sigma_{\text{сж}}$ ] = 300 кПа, что существенно больше расчетного. В центре пучка ( $y = b = 0,75$  м;  $x = 0$ ;  $r = a/b = 3$  м)  $p = 6622$  Па,  $q = 867$  Па,  $p_{\text{сум}} = 7489$  Па, что больше оптимального, но меньше допустимого.

Таким образом, по условиям прочности пенополистироловый подплав, армированный капроновым канатом, вполне удовлетворяет требованиям прочности.

В целях улучшения технологичности при закладке подплавов-модулей в пучок и их возврате можно принять длину  $l_m = 2$  м, диаметр  $d_m = 0,3$  м. Тогда объем одного модуля

$$V_m = 0,785 \cdot 0,3^2 \cdot 2 = 0,141 \text{ м}^3;$$

вес

$$G_m = 9,81 \cdot 60 \cdot 0,141 = 83 \text{ Н};$$

а сила запаса плавучести

$$P_m = 9,81 (1000 - 60) \cdot 0,141 = 1300 \text{ Н}.$$

Для обеспечения плавучести пучков из лиственных сортиментов достаточно в центральную часть пучка уложить два-четыре модуля в зависимости от объема лесоматериалов, плотности древесины и продолжительности пребывания ее в воде. Для пучков небольших объемов достаточно укладывать один модуль.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Пенопласты // БСЭ.—М.: Сов. энциклопедия, 1975.—Т. 19.—С. 332. [2]. Реутов Ю. М. Расчеты пучков (пакетов круглых лесоматериалов).—М.: Лесн. пром-сть, 1975.—152 с. [3]. Справочник по водному транспорту леса / В. А. Щербаков и др.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—384 с. [4]. Харитонов В. Я., Долгова И. И. Искусственный подплав для рек северозападного региона // Лесн. журн.—1992.—№ 4.—С. 79—82.—(Изв. высш. учеб. заведений).