

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

630\*378.2

*В. Я. ХАРИТОНОВ, П. Н. ГАГАРИН, И. И. ДОЛГОВА*

Харитонов Виктор Яковлевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, чл.-кор РАЕН. Имеет 135 печатных трудов в области водного транспорта леса, экологии водных объектов, гидродинамики.



Гагарин Павел Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет 13 печатных трудов в области водного транспорта леса, гидромеханики и намораживания ледяных переправ.



Долгова Ирина Ивановна родилась в 1958 г., окончила в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета. Имеет 5 печатных работ в области водного транспорта леса, экологии водных объектов.

### ЛЕСОТРАНСПОРТНАЯ ЕДИНИЦА ДЛЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ЛЕСОСПЛАВА

Рассмотрена конструкция лесотранспортной единицы, пригодной для трансформирования из плоской в цилиндрическую путем сворачивания в рулон-лучок с помощью обвязки из синтетического такелажа. Получены аналитические зависимости для расчета усилий в обвязках и мощности, затрачиваемой в процессе скручивания.

The construction of forest transport unit suitable for transforming from flat to cylinder by rolling it up as a bundle-roll by means of synthetic rigging has been considered. Analytical functions for calculation of tying twisting strength and spent capacity are derived.

В последние годы существенно меняется структура водного транспорта леса, уменьшается доля молевого лесосплава. Возникает необходимость поиска таких конструкций лесотранспортных единиц, которые удовлетворяли бы сложным гидрологическим условиям на малых и средних реках при экологически безопасном лесосплаве.

На кафедре водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета разработана лесотранспортная единица, которая может быть переформирована из плоской в цилиндрическую и обратно. На верхнем участке реки, где глубины лесосплавного хода небольшие, плоские единицы формируют в секции для буксировки их катером до пункта переформировки с большими глубинами. Здесь плоские единицы преобразуют в пучки, из которых формируют секции и плоты для дальнейшей буксировки.

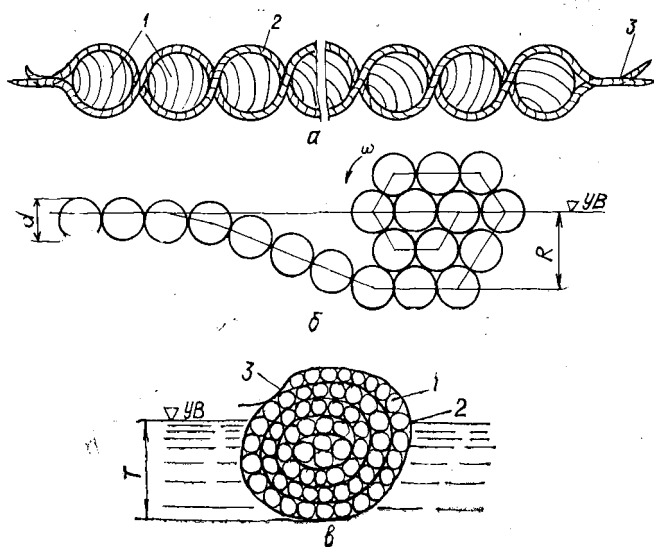


Рис. 1. Лесотранспортная единица: а — плоская единица; б — расчетная схема; в — пучок из плоской единицы; 1 — бревно; 2 — синтетический канат-обвязка; 3 — узел

Плоскую транспортную единицу (рис. 1, а) формируют на берегу или на воде из бревен или хлыстов вразнокомелицу. Их обвязывают по типу «восьмерка» в двух местах по длине плетеными полыми полипропиленовыми канатами. Использование таких канатов позволяет сплачивать без подплава листовенные и тонкомерные хвойные лесоматериалы, так как роль подплава выполняет канат относительной плотностью 0,9. Канаты легко соединяются без дополнительных такелажных элементов путем введения конца одного каната внутрь другого на любом участке его длины (узел 3). Между собой единицы соединяют свободными концами таким же способом.

При преобразовании в пучок плоскую единицу сворачивают на воде в рулон (рис. 1, б, в), используя те же обвязочные канаты. На рис. 2 показан пучок заданной осадки  $T$ , плавающий на воде.

Параметры устройства для скручивания плоской ленты бревен определяются, главным образом, возникающими усилиями и затрачиваемой мощностью. Ниже рассматриваются эти характеристики в предположении, что лента сворачивается вокруг крайнего бревна при отсутствии течения, без учета архимедовых сил. При наличии течения практически целесообразно сворачивание начинать с нижнего (по течению)

конца единицы. Энергетические затраты и усилия в этом случае меньше, чем при отсутствии течения.

Из расчетной схемы (рис. 1, б) следует, что радиус намотанной ленты  $R$  — расстояние между центрами первого и нижнего бревен — определяется по формуле

$$R = \frac{\alpha d}{2\pi} + \frac{d}{2}, \quad (1)$$

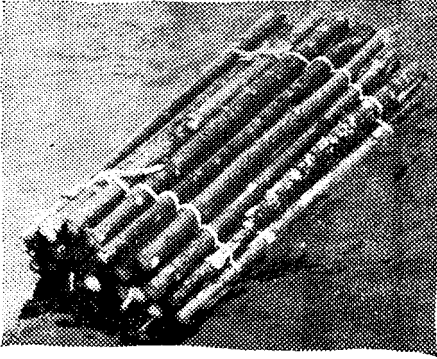


Рис. 2. Модель пучка, сформированного из плоской единицы

где  $d$  — средний диаметр бревен;  
 $\alpha$  — текущий угол поворота захватного устройства после начала сворачивания, рад.

Отсюда находим

$$\alpha = \pi \left( \frac{2R}{d} - 1 \right). \quad (2)$$

Элементарная длина сворачиваемой ленты бревен

$$dL = R d\alpha$$

или, с учетом (2),

$$dL = \frac{2\pi}{d} R dR.$$

Полная текущая длина ленты в пучке

$$L = \frac{2\pi}{d} \int_0^R R dR = \frac{\pi R_n^2}{d}, \quad (3)$$

отсюда

$$R_n = \sqrt{\frac{Ld}{\pi}}. \quad (4)$$

Здесь  $R_n$  — радиус цилиндрического пучка, в который свернута лента бревен длиной  $L$ .

Движение ленты по воде в процессе ее сворачивания в рулон, даже при постоянной угловой скорости вращения, ускоренное, так как радиус рулона увеличивается. Поэтому взаимодействие поперечной щети бревен с водой носит нестационарный характер, и дифференциальное уравнение движения ленты в воде имеет вид

$$(L_0 - L) m (1 + n) \frac{dv}{dt} = F - R_x, \quad (5)$$

где  $L_0$  — полная длина ленты, сворачиваемой в пучок;  
 $m$  — масса бревен в 1 м длины ленты;  
 $n$  — коэффициент нестационарности;

- $v$  — скорость движения ленты относительно воды;  
 $F$  — мгновенная суммарная сила натяжения в обвязочных канатах ленты в точках их набегания на пучок;  
 $R_x$  — сила сопротивления оставшейся несвернутой поперечной щети движению в воде при мгновенной скорости  $v$ ,

$$R_x = C_x \rho b (L_0 - L) \frac{v^2}{2}; \quad (6)$$

$C_x$  — коэффициент гидродинамического сопротивления поперечной щети в условиях равномерного движения;

$\rho$  — плотность воды;

$b$  — ширина щети (длина бревен).

По исследованиям Б. Я. Корехова [1], без больших погрешностей можно принимать для поперечной щети из бревен и хлыстов  $n = 1,0$ , а  $C_x = 2,0$ .

Скорость движения ленты

$$v = \omega R_n,$$

где  $\omega$  — угловая скорость вращения рулона из бревен.

Используя (4), находим

$$v = \omega L^{0,5} \left( \frac{d}{\pi} \right)^{0,5}, \quad (7)$$

тогда

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dL} v = \frac{d}{2\pi} \omega^2. \quad (8)$$

Подставляя в уравнение (5) выражения (6) — (8), получаем формулу для расчета силы натяжения в канатах ленты:

$$F = \frac{\omega^2 d}{2\pi} (L_0 - L) m (1 + n) + (L_0 L + L^2) C_x \rho b. \quad (9)$$

Мощность, затрачиваемая на сворачивание ленты в рулон, определяется преимущественно этой силой и описывается формулой

$$N = F \omega R_n,$$

или

$$N = F \omega \sqrt{\frac{Ld}{\pi}},$$

или

$$N = L^{0,5} \frac{\omega^3}{2} \left( \frac{d}{\pi} \right)^{1,5} [(L_0 - L) m (1 + n) + (L_0 L + L^2) C_x \rho b]. \quad (10)$$

Для проверки запаса прочности канатов и выбора расчетной скорости сворачивания ленты важно знать условие возникновения экстремальных усилий в канатах. Найдем это условие согласно  $\partial F / \partial L = 0$ .

Преобразуя формулу (9), получаем

$$L_0 - 2L = \frac{m(1+n)}{C_x \rho b}$$

или

$$L = L_0 \left( 0,5 - \frac{m(1+n)}{2L_0 C_x \rho b} \right). \quad (11)$$

Величина

$$\frac{m(1+n)}{2L_0 C_x \rho b} \ll 0,5,$$

поэтому можно принять условие наибольшей силы натяжения канатов

$$L = 0,5L_0.$$

Тогда расчетная формула примет вид

$$F_{\max} = \frac{L_0 d \omega^2}{4\pi} [m(1+n) - 0,5L_0 C_{xpb}] \quad (12)$$

или с учетом рекомендаций [1]

$$F_{\max} = \frac{L_0 d \omega^2}{4\pi} (2m - L_0 \rho b). \quad (13)$$

Для подбора привода сворачивающего устройства необходимо знать экстремальное значение затрачиваемой мощности.

Преобразуя выражение (10), согласно  $\frac{\partial N}{\partial L} = 0$  находим

$$\frac{3L_0 L - 5L^2}{3L - L_0} = \frac{m(1+n)}{L_0^2 C_{xpb}}. \quad (14)$$

Без большой погрешности правую часть соотношения (14) можно приравнять нулю, тогда условие  $N_{\max}$  будет соблюдаться при  $L = 3/5 L_0$ .

Расчетная формула для определения мощности привода имеет вид

$$N_{\max} = 0,2L_0 \omega^3 \sqrt{\frac{0,6L_0 d^3}{\pi^3}} [m(1+n) + 0,6C_{xpb}L_0] \quad (15)$$

или с учетом рекомендаций [1]

$$N_{\max} = 0,2L_0 \omega^3 \sqrt{\frac{0,6L_0 d^3}{\pi^3}} (2m + 1,2L_0 \rho b). \quad (16)$$

Полученные зависимости (9) и (10) позволяют проанализировать с помощью ЭВМ изменение усилий в канатах-обвязках лесосплавной транспортной единицы и потребляемой мощности в процессе преобразования ее формы из плоской в цилиндрическую, а (13) и (16) — рассчитать соответственно максимальные усилия в обвязках и мощность привода.

Применение рассмотренной здесь лесосплавной единицы может служить, на наш взгляд, одним из вариантов решения проблемы лесотранспорта по малым и средним рекам по экологически безвредной технологии, исключаяющей потери лесоматериалов. На кафедре разработаны конструкции плотов из таких плоских единиц и из рулонов-пучков с использованием синтетического такелажа. Прорабатываются варианты устройств для механизированной сплотки плоских единиц, сворачивания их в пучок и освобождения от канатов-обвязок в пунктах приплыва.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Корехов Б. Я. Исследование некоторых вопросов сортировки леса на воде: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук. — Л.; 1972. — 17 с.

Поступила 11 мая 1994 г.