



УДК 630\*375.1

*А.Ю. Ширнин***ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДЪЕМА ПЕРЕДНЕГО КОНЦА ПАЧКИ ХЛЫСТОВ ПРИ ЛЕБЕДОЧНОЙ ТРЕЛЕВКЕ\***

Приведена математическая зависимость расстояния от места подъема переднего конца хлыстов до мачты от объема пачки, представлены теоретическая и экспериментальная кривые этой зависимости.

*Ключевые слова:* трелевка хлыстов, тяговый канат, математическая зависимость, регрессионное уравнение.

По заявленному в патенте [1] способу трелевку хлыстов (деревьев) осуществляют в два этапа. На первом используют лебедку, установленную на раме пакетировочно-трелевочной машины (ПТМ), и опорный блок на рейферном захвате манипулятора ПТМ, через который пропускают тяговый канат и который поднимают манипулятором на заданную высоту с упором в дерево-мачту. Первый этап комбинированной трелевки исключает движение ПТМ по пасечным волокам, что обеспечивает сохранность подраста и допускает разработку переувлажненных лесосек.

На втором этапе деревья, хлысты или сортименты трелюют ПТМ по магистральному волоку на лесопогрузочный пункт в полуподвешенном, полупогруженном или погруженном положении в зависимости от типа ПТМ и принятого технологического процесса.

Экспериментальные исследования [3] показали, что с увеличением высоты закрепления опорного блока (высоты мачты) возрастает расстояние от мачты до начала подъема переднего конца хлыстов, что обеспечивает свободное перемещение (без упора в пни) трелеваемой пачки. С увеличением объема трелеваемой пачки это расстояние уменьшается в соответствии с полученным регрессионным уравнением (при высоте установки блока 6 м):

$$L = 83,878 - 2,4755 M - 0,0942 M^2. \quad (1)$$

---

\* Работа выполнена по государственному контракту № 02.442.11.7334 при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям в рамках Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники» на 2002–2006 гг.

Цель нашего исследования – получить математическую зависимость, позволяющую определить значение  $L$  при всем многообразии влияющих на процесс факторов, а также проверить адекватность полученной модели экспериментальным данным.

Спроектируем на оси  $x$  и  $y$  (рис. 1) силы, действующие при трелевке по горизонтальному волоку:

$$\begin{aligned}\sum X &= F_{\text{тр}} - Z \cos \varphi = 0; \\ \sum Y &= Z \sin \varphi - G + N = 0,\end{aligned}\quad (2)$$

где  $F_{\text{тр}}$  – сила сопротивления движению пачки по волоку, Н;

$Z$  – сила натяжения каната, Н;

$\varphi$  – угол между канатом и волоком;

$G$  – сила тяжести пачки, Н;

$N$  – реакция силы тяжести, Н.

Силу сопротивления движению пачки хлыстов по волоку определяем по уравнению

$$F_{\text{тр}} = \mu N, \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент сопротивления движению.

Вертикальную составляющую силы натяжения каната находим из выражения

$$P = Z \sin \varphi.$$

Расстояние от места подъема переднего конца пачки до мачты равно

$$L = \frac{H}{\text{tg} \varphi}, \quad (4)$$

где  $H$  – высота мачты, м.

Из уравнения (2) находим

$$N = G - Z \sin \varphi = G - P. \quad (5)$$

Подставляя (5) в выражение (3), получаем

$$F_{\text{тр}} = \mu(G - P) = Z \cos \varphi.$$

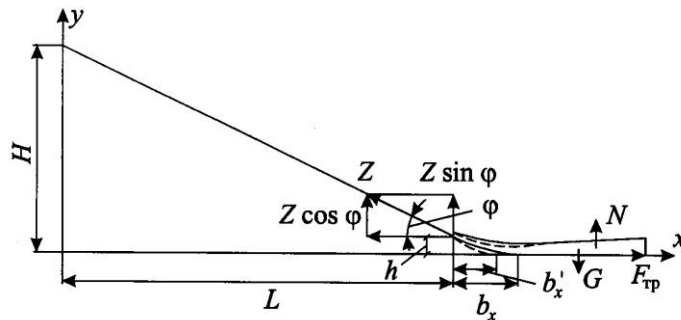


Рис. 1. Схема сил, действующих на пачку при ее перемещении по волоку

Исходя из приведенных формул,  $\operatorname{tg}\varphi$  определяем по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Z \sin \varphi}{Z \cos \varphi} = \frac{P}{\mu(G - P)}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в формулу (4), получаем

$$L = \mu H \left( \frac{G}{P} - 1 \right). \quad (7)$$

В работе [2] Г.Н. Петруша определяет нагрузку на опору от вершин хлыстов ( $P$ ) в статическом состоянии. Длина приподнятой части хлыста обозначена  $b'_x$  (рис. 1). Далее он рассматривает процесс движения, при котором на хлыст кроме силы  $P$  ( $Z \sin \varphi$ ) действует сила  $T$  ( $Z \cos \varphi$ ), спрямляющая изогнутую ось хлыста за счет противодействия равной и противоположно направленной силы сопротивления движению. При этом длина приподнятой части хлыста возрастает до  $b_x$ , происходит перераспределение нагрузок (в сторону увеличения) от хлыста на грунт и на трелевочное средство. В работе [2] получена формула для определения вертикальной составляющей  $P'$  при перемещении одного хлыста:

$$P' = \frac{\gamma \pi d_0^2 b'_x \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right)}{48} + \frac{\mu h \left( G - \frac{\gamma \pi d_0^2 b'_x \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right)}{48} \right)}{b_x f}. \quad (8)$$

Здесь  $\gamma$  – объемный вес древесины, Н/м<sup>3</sup>;

$d_0$  – диаметр хлыста в верхнем отрубе, м;

$K$  – параметр размеров и положения хлыста,

$$K = \frac{1}{1 + m_0 b'_x},$$

где  $m_0$  – величина, зависящая от геометрических размеров хлыста,

$$m_0 = \frac{t}{d_0};$$

$t$  – сбег хлыста;

$h$  – высота подъема переднего конца, м;

$G = M\gamma$ ;

$b_x$  – длина поднятой части хлыста в движении м;

$f$  – коэффициент, учитывающий увеличение  $b_x$  и незначительное увеличение  $P'$ .

Уравнение (8) получено для одного хлыста. Чтобы получить значение  $P$ , которое учитывало бы всю пачку хлыстов, необходимо  $P'$  умножить на число хлыстов  $n$ , которое определяется делением объема пачки  $M$  на средний объем хлыста  $V$ . В результате получаем следующее выражение:

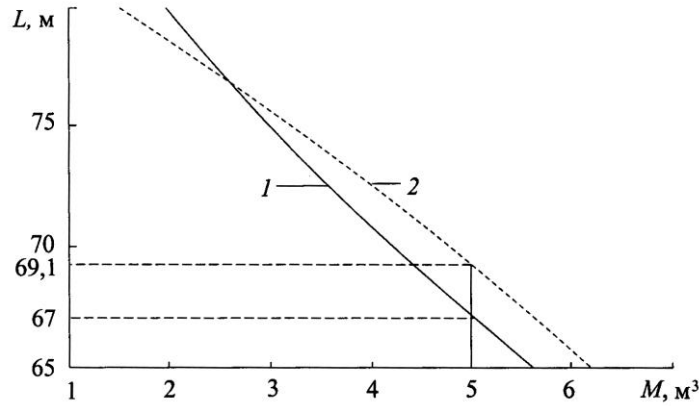


Рис. 2. Графики зависимости расстояния от места подъема переднего конца хлыстов до мачты от объема пачки хлыстов: 1 – экспериментальная; 2 – теоретическая кривая

$$P = \frac{\gamma \pi d_0^2 b'_x M}{48V} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) + \frac{M \mu h \left( M \gamma - \frac{\gamma \pi d_0^2 b'_x}{48} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) \right)}{b_x f V}. \quad (9)$$

Подставляя выражение (9) в формулу (7), после преобразований имеем

$$L = \mu H \frac{V(b_x f)}{\frac{\pi d_0^2 b'_x b_x f}{48} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) + \mu h \left( M - \frac{\pi d_0^2 b'_x}{48} \left( \frac{(1+K)^2}{K^2} + 2 \right) \right)} - 1. \quad (10)$$

На рис. 2 представлены теоретический и экспериментальный графики на основе формул (10) и (1). Теоретическая кривая построена при следующих значениях:  $\mu = 0,25$ ;  $H = 6$  м;  $\gamma = 8430$  Н/м<sup>3</sup>;  $d_0 = 0,05$  м;  $t = 0,024$ ;  $b'_x = 2,6$  м;  $b_x = 3,3$  м;  $h = 0,005$  м;  $f = 1,28$ ;  $V = 0,33$  м<sup>3</sup>. Экспериментальная кривая построена при значении коэффициента корреляции  $r = 0,9968$ .

Из рис. 2 видно, что максимальное расстояние между кривыми имеет место при объеме пачки 5 м<sup>3</sup> и равно 2,1 м, что в процентном отношении составляет 3,2 %.

Таким образом, математическая зависимость (10) адекватна результатам экспериментальных исследований. Она позволяет находить расстояния от мачты до места подъема переднего конца пачки в разных природно-производственных условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2224417 Российская Федерация, МКИ<sup>7</sup> А 01 G 23/02. Способ и машина для трелевки [Текст] / Ширнин Ю.А., Шестаков Я.И., Ширнин А.Ю; заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2002110040; заявл. 16.04.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 16. – 8 с.
2. *Петруша, Г.Н.* Некоторые вопросы взаимодействия хлыстов с трелевочными механизмами [Текст] / Г.Н. Петруша // Тр. ЛТА. – Л., 1959. – № 83. – С. 83–98.
3. *Ширнин, А.Ю.* Экспериментальные исследования канатной подтрелевки [Текст] / А.Ю. Ширнин // Лесн. вестн. – 2006. – № 1. – С. 72–75.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 29.05.06

*A.Yu. Shirnin*

**Investigation of Lifting Process for Front End of Tree Lengths  
Bundles in Drum Logging**

Mathematical dependence of distance from place of lifting the front end of tree lengths to mast on the bundle volume is provided; theoretical and experimental curves of this dependence are given.

---