

относительная мощность ДОКов к общему объему переработки пиловочника в регионе (на Среднем Урале 2,3 и 3,4 млн. м<sup>3</sup> соответственно)  $a_2$  (%);

отношение средних мощностей лесопильных цехов на нижних складах ЛПХ и складах сырья ДОКов (на Среднем Урале 130 и 290 тыс. м<sup>3</sup> соответственно)  $a_3$  (%);

ряд параметров схем размещения предприятий в регионе.

Корреляционная зависимость оптимального объема поставки хлыстов в ДОКи  $Q_x^{(a)}$  (%) от общего объема заготовки леса в регионе) имеет вид

$$Q_x^{(a)} = 17,4 + 0,31a_1 + 0,003a_2 - 10,9 \lg a_3. \quad (14)$$

Рациональные объемы поставки хлыстов в ДОКи в долях от их потребности в пиловочном сырье составляют для производственных условий основных лесопромышленных регионов страны от 35 (Тюменьлеспром) до 65 % (Кировлеспром).

Установлено, что система транспортно-технологических связей лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий Среднего Урала должна предусматривать обработку хлыстов в объеме 70—75 % на нижних складах лесозаготовительных предприятий и 20—25 % хлыстов должны поставляться по железным дорогам на склады сырья деревообрабатывающих предприятий.

Таким образом, транспортно-технологическое обоснование рационального распределения объемов раскряжевки хлыстов в предприятиях лесопромышленного региона заключается в:

оптимизации системы связей предприятий по минимуму суммарных приведенных затрат (выражение (4));

определении варианта системы связей предприятий, соответствующего максимальной средней производительности линий в регионе (выражение (5));

определении величины уступок частным критериям оптимизации;

нахождении варианта распределения объемов раскряжевки хлыстов в регионе, соответствующего этим уступкам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лебедев Ю. В. Анализ работы кранов на нижних складах.— Лесн. пром-сть, 1976, № 8, с. 29—31. [2]. Лебедев Ю. В. Оптимизация взаимодействия оборудования в лесоскладских технологических линиях.— Механизация и автоматизация производства, 1978, № 10, с. 36—39. [3]. Лебедев Ю. В. Выбор оптимального варианта при проектировании лесообрабатывающих линий.— Межвуз. сб. науч. тр./ ЛТА, 1979, вып. 8, с. 72—76. [4]. Лебедев Ю. В. Расчет производительности оборудования на стадии проектирования.— Лесн. пром-сть, 1979, № 4, с. 21—22. [5]. Лебедев Ю. В., Жуков Г. Д. Обоснование технологии пунктов первичной обработки леса.— В кн.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, Минск, 1979, вып. 9, с. 13—17. [6]. Оптимальный план отрасли/ Под ред. И. Я. Бирмана.— М.: Экономика, 1970.— 431 с.

Поступила 2 января 1985 г.

УДК 630\*378.33

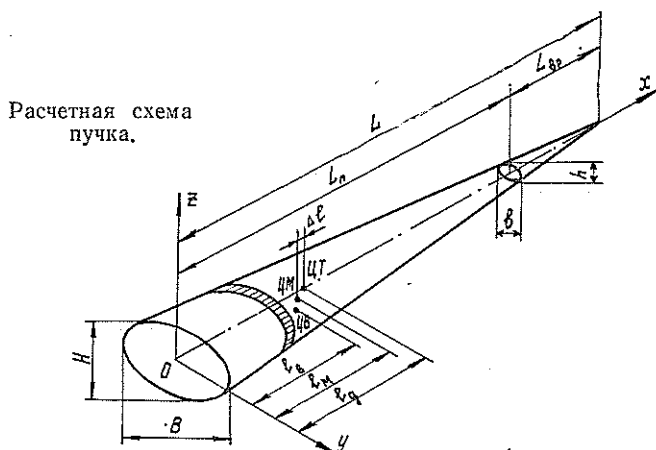
### ЦЕНТР МАСС И ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ПУЧКОВ ИЗ ХЛЫСТОВ И ПОЛУХЛЫСТОВ

С. В. ПУНАНОВ, В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

За последние годы значительное развитие получил перспективный вид транспорта древесины в плотках из хлыстовых пучков. Для рациональной эксплуатации существующих и конструирования новых меха-

низмов и машин, оперирующих с пучками хлыстов, расположение центра тяжести (масс) в воздухе и центра масс плавающего хлыстового пучка представляет теоретический и практический интерес. Положение центра масс хлыстового пучка на воде в работе [4] определяют как для отдельного хлыста, а не совокупности хлыстов разных размеров, и не учитывают массу воды в подводной части пучка, что можно рассматривать как первое приближение для случаев перемещения пучка в составе плота с малой постоянной скоростью.



Ниже сделана попытка отыскать более строгое решение этого вопроса. Рассмотрим плавающий пучок из хлыстов (см. рис.), уложенных комлями в одну сторону, состоящим из трех тел: надводная часть лесоматериалов, подводная их часть, водяное тело межхлыстового пространства. Примем следующие допущения:

- 1) сплаваемые хлысты имеют одинаковую плотность по всему объему и одинаковый сбег по всей длине;
- 2) осадка комлевой и вершинной частей пучка пропорциональна высоте и средней относительной плотности хлыста;
- 3) форма хлыста — прямой круговой конус, форма пучка — конус с эллиптическим основанием.

Положение центров тяжести хлыстов в совокупности обуславливает положение центра тяжести пучка, поэтому для его определения необходимо знать положение центра тяжести отдельного хлыста.

Поскольку плотность хлыстов принята одинаковой по длине, центр тяжести хлыста в воздухе совпадает с центром масс, положение центра масс всего пучка в воздухе определится по формуле:

$$L_n = \frac{\sum_{i=1}^n M_i x_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (1)$$

где  $M_i$  — масса хлыста;  
 $\sum M_i = M_n$  — масса древесины в пучке с учетом коры;  
 $n$  — число хлыстов;  
 $x_i$  — координата центра масс отдельных хлыстов (центр масс хлыста как прямого кругового конуса находится на расстоянии  $1/4$  длины от комлевого среза).

Из принятых допущений можно установить следующее.

Поскольку осадка концов пучка пропорциональна высоте, хлысты имеют одинаковый сбеги по всей длине, а форма поперечного сечения пучка — эллипс, то центр масс совокупности хлыстов в подводной и надводной частях пучка располагается на одном расстоянии от оси  $z$ . Центр давления (водоизмещения) пучка совпадает с центром масс хлыстов в подводной части пучка.

Геометрический объем пучка ( $V_r$ ) включает объем древесины ( $V_d$ ), коры ( $V_k$ ) и межхлыстового пространства ( $V_n$ )

$$V_n = \frac{V_d}{\eta} - V_d - \alpha_k V_d = V_d \left( \frac{1}{\eta} - 1 - \alpha_k \right), \quad (2)$$

где  $\eta$  — коэффициент полндревесности пучка;  
 $\alpha_k$  — коэффициент, учитывающий объем коры.

Геометрический объем всего пучка хлыстов можно определить через объем конуса (см. рис.)

$$V_r = \frac{\pi}{12} BHL, \quad (3)$$

где  $B$ ,  $H$  — соответственно ширина и высота пучка в основании конуса;  
 $L$  — длина пучка.

Ширину и высоту вершинной части полухлыстового пучка найдем по формулам (см. рис.)

$$b = B \left( 1 - \frac{L_n}{L} \right); \quad (4)$$

$$h = H \left( 1 - \frac{L_n}{L} \right), \quad (5)$$

где  $L_n$  — длина пучка из полухлыстов.

Геометрический объем вершинной части пучка после подстановки значений  $b$  и  $h$  в выражение (3) и преобразований

$$V_{r, \text{вр}} = \frac{\pi}{12} BHL \left( 1 - \frac{L_n}{L} \right)^3, \quad (6)$$

а геометрический объем полухлыстового пучка

$$V_{r, \text{п}} = \frac{\pi}{12} BHL \left[ 1 - \left( 1 - \frac{L_n}{L} \right)^3 \right]. \quad (7)$$

Выразив  $L$  из уравнений (4) и (5) через  $B$ ,  $H$  и  $L_n$ , после подстановки и преобразований получим:

$$V_{r, \text{п}} = \frac{\pi}{12} BHL_n \left( 1 + \frac{h}{H} + \frac{h^2}{H^2} \right). \quad (8)$$

Соотношение  $h/H$  можно заменить на  $b/B$ . Положение центра масс полухлыстового пучка в воздухе определяем по формуле (1) при соответствующих значениях  $M_i$  и  $x_i$ .

Положение центра геометрического объема полухлыстового пучка

$$l_{r, \text{п}} = \frac{V_r l_r - V_{r, \text{вр}} l_{r, \text{вр}}}{V_r - V_{r, \text{вр}}}, \quad (9)$$

где  $l_r$  — координата центра геометрического объема пучка из хлыстов;  
 $l_{r, \text{вр}}$  — координата центра геометрического объема вершинной части пучка из хлыстов.

После подстановки значений  $V_r$ ,  $l_r$ ,  $V_{r, \text{вр}}$  и  $l_{r, \text{вр}}$  и преобразований формула (9) примет вид

$$l_{г.п} = \frac{L_n \left( 3 - 4 \frac{L_n}{L} + \frac{3}{2} \frac{L_n^2}{L^2} \right)}{2 \left( 3 - 3 \frac{L_n}{L} + \frac{L_n^2}{L^2} \right)}. \quad (10)$$

Положение центра масс объема воды у плавающего пучка, поскольку его осадка пропорциональна высоте, располагается на том же расстоянии  $l_b$  от оси  $z$ , как и в полностью погруженном в воду пучке.

Положение центра масс объема воды в полностью погруженном в воду пучке  $l_b$  определяем методом отрицательных масс. Считаем, что все полости пучка заполнены древесиной массами  $m_1, m_2, \dots, m_n$ , а координаты центров этих масс —  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Тогда центр масс такого пучка

$$x_C = \frac{l_d M_d + x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{M_d + m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (11)$$

или

$$x_C = \frac{l_d M_d + x'_C M'_d}{M_d + M'_d}, \quad (12)$$

где  $M'_d$  — масса древесины в пустотах пучка;

$x'_C$  — координата центра масс древесины в пустотах пучка ( $x'_C = l_b$ ).

Для пучка из хлыстов  $x_C = \frac{1}{4}L$ , из полухлыстов  $x_C$  определяется по формуле (10).

Координата центра масс объема воды в полностью погруженном в воду пучке

$$l_b = \frac{(M_d + M'_d) x_C - M_d l_d}{M'_d}. \quad (13)$$

После преобразований

$$l_b = \frac{l_{г.п} - \eta l_d (1 + \alpha_k)}{1 - \eta (1 + \alpha_k)}. \quad (14)$$

Массу воды у плавающего пучка определяют с учетом (2) по формуле

$$M_b = V'_d \rho_b \left( \frac{1}{\eta} - 1 - \alpha_k \right), \quad (15)$$

где  $V'_d$  — объем древесины, находящейся под водой;

$\rho_b$  — плотность воды,

или

$$M_b = M_d \left( \frac{1}{\eta} - 1 - \alpha_k \right). \quad (16)$$

Положение центра суммарной массы у плавающего пучка (с учетом массы воды) находят из уравнения

$$l_M = \frac{M_d l_d + M_b l_b}{M_d + M_b}. \quad (17)$$

С учетом (16) и после преобразований

$$l_M = \frac{l_d \eta + l_b [1 - \eta (1 + \alpha_k)]}{1 - \eta \alpha_k}. \quad (18)$$

Смещение центра масс пучка в воздухе от центра масс в плавающем положении

$$\Delta l = (l_b - l_d) \left( 1 - \frac{\eta}{1 - \eta \alpha_k} \right). \quad (19)$$

Зная положение центра масс у плавающего пучка, можно определить точку (место) закрепления захвата для буксировки пучка в оптимальных условиях (гидродинамическое сопротивление, остойчивость и устойчивость на курсе), минимальные усилия для захвата — причаливания пучка к борту судна или подачи под выгрузку из воды, а также критическую плотность древесины пучков, при которой они теряют остойчивость при буксировке.

Полученные зависимости позволяют установить положение центра масс и его смещение при перегрузке пучков из воды на берег или в суда для определения места наложения стропов для равномерности их загрузки и условий равновесия пучка.

Пример. Характеристика лесосырьевой базы: тип леса ельник-кисличник, средний диаметр хлыста  $d = 18,8$  см. Пучок из хлыстов имеет  $B = 4$  м,  $H = 2,2$  м,  $L = 24$  м,  $\eta = 0,47$ , плотность древесины  $\rho_d = 0,8$  т/м<sup>3</sup> и пучок из полухлыстов при  $L_{п} = 13$  м. Распределение числа хлыстов по естественным ступеням толщины соответствует [1], а высоты хлыстов — [3]. Коэффициент, учитывающий объем коры, принят по работе [5], с пересчетом на объем древесины  $\alpha_k = 0,16$ . Все расчеты согласно выражениям (1) — (9) сведены в таблицу.

| Геометрическая характеристика  | Пучок      |                |                            |
|--|------------|----------------|----------------------------|
|  | из хлыстов | из полухлыстов | из свежесрубленных хлыстов |
| Координата центра масс в воздухе, м                                    | 4,7        | 3,8            | 6,9                        |
| Координата центра масс объема воды, м                                  | 7,4        | 6,1            | 7,4                        |
| Координата центра суммарной массы у плавающего пучка, м                | 6,0        | 4,9            | 7,2                        |
| Смещение центра масс в воздухе от центра масс в плавающем положении, м | 1,3        | 1,1            | 0,3                        |

Таким образом, центр масс у плавающих пучков расположен ближе к вершинной части по сравнению с пучками в воздухе.

Действительное распределение масс по длине пучков, очевидно, будет отличаться от вычисленного по аналитическим формулам, вследствие принятых допущений. Так, для свежесрубленных хлыстов, по данным работы [2], центр тяжести существенно смещен в сторону вершины вследствие увеличения плотности (например, для ели и березы в условиях Европейского Севера он располагается от комля на расстоянии 0,37 длины хлыста). В этом случае геометрические характеристики изменяются (см. таблицу).

Полученные аналитические зависимости для определения центра масс и центра тяжести пучков из хлыстов и полухлыстов подлежат экспериментальной проверке.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гусев И. И. Строение и особенности таксации ельников Севера.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 76 с. [2]. Коротяев Л. В. О положении центра тяжести стволов с кроной и хлыстов, заготовляемых в лесах Европейского Севера СССР.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1959, № 2, с. 104—110. [3]. Полевой справочник таксатора/ Под ред. В. И. Левина.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971.— 194 с. [4]. Свойкин В. Ф. Обоснование плавучести и остойчивости осиновых хлыстовых пучков для плотового лесосплава в Волжско-Камском бассейне: Автореф. ... дис. канд.

техн. наук.—Л.: ЛТА, 1983.—20 с. [5]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воробанов П. В. Лесная вспомогательная книжка.—М.—Л.: Гослесбумиздат, 1956.—400 с.

Поступила 8 мая 1985 г.

УДК 630\*378.33

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ПЛОТА ПРИ ОСТАНОВКЕ

В. М. АЗАРЕНКОВ

КомигипроНИИлеспром

При остановке плотов в речных условиях различают три этапа торможения. На первом этапе плот замедляет движение под влиянием силы сопротивления воды после прекращения или уменьшения действия силы тяги буксировщика. Второй этап — плот замедляет движение под действием тормозных средств от конечной скорости первого этапа до скорости течения потока. На третьем этапе скорость плота уменьшается от скорости течения до нуля.

В литературе нет формул расчета тормозного пути плота на первом этапе, хотя он не менее важен, чем последующие.

Без применения тормозных средств скорость плота на первом этапе может быть уменьшена до величины, определяемой уклоном водной поверхности. Это значение скорости плота является предельным для речных условий.

В извилистом фарватере реки трудно выбрать достаточно длинные и прямолинейные участки, на которых скорость плота может быть погашена таким способом до предельного значения. Поэтому длина участка торможения для первого этапа будет определяться путевыми условиями в местах остановки плотов.

Следовательно, и конечная скорость плота после первого этапа торможения в разных местах остановки будет различна.

Капитан плотобуксировщика должен знать, на каком расстоянии от опорной точки необходимо уменьшить или совсем прекратить тягу, т. е. он должен иметь информацию о длине тормозного пути в зависимости от скорости течения потока и относительной скорости движения плота.

Существуют формулы для расчета длины тормозного пути и времени торможения пучков, движущихся по инерции в тихой воде (при отсутствии течения) [4]. По этим формулам можно определить тормозной путь и время торможения и для плота, если вместо действующей массы пучков подставить значение действующей при остановке массы плота:

$$S_1 = \frac{M}{r} \ln \frac{v_0 - v_p}{v - v_p}, \quad (1)$$

$S_1$  — длина тормозного пути плота в тихой воде, м;

$M$  — действующая при остановке масса плота, кг;

$r$  — приведенное сопротивление плота (при скорости 1 м/с), Н · с<sup>2</sup>/м;

$v_p$  — скорость течения, м/с;

$v_0$  — скорость движения плота до начала первого этапа торможения (путевая скорость), м/с;

$v$  — конечная скорость движения плота после первого этапа торможения, м/с.