

Интегрируя, получим:

$$s = \frac{h}{a+1}.$$

Площадь рассматриваемой фигуры можно также определить, как произведение средней ординаты  $n_{\text{ср}}$  на длину интервала  $h$ :

$$s = n_{\text{ср}}h.$$

Приравнявая эти выражения, находим:

$$a = \frac{1 - n_{\text{ср}}}{n_{\text{ср}}}.$$

Так, например, при листовничном карчеходе  $n_{\text{ср}} = 0,2$ , тогда искомое уравнение (3) запишем в виде:

$$n = \left(\frac{z}{h}\right)^4. \quad (4)$$

С учетом формулы (4) и одного из законов распределения скоростей воды на вертикали необходимо построить по уравнению (1) эпюру нагрузки, распределенной по подводной высоте опоры-сваи. Сравнительный расчет сечения опоры-сваи показал, что она работает в более сложных условиях, чем принималось до сих пор. В соответствии с эпюрой  $P_2$  необходимо назначать сечение и шаг продольных канатов карче-задерживающего сооружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Домогашев В. Н. Защита водопропускных сооружений от карчехода // Автомобильные дороги.—1986.—№ 6.—С. 10—11. [2]. Инструкция по изысканию, проектированию, строительству и эксплуатации запаней.—М.: Лесн. пром-сть, 1971.—104 с.

УДК 630\*323.13 : 630\*375.4

## МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ВЫЛЕТА МАНИПУЛЯТОРА ФЛАНГОВОЙ ВПМ

Ю. А. ШИРНИН

Марийский политехнический институт

Одной из перспективных машин для заготовки деревьев может быть фланговая ВПМ (типа ЛП-49 без формировочного устройства) с удлиненным манипулятором, позволяющим формировать на земле полногрузные пачки с одной рабочей позиции.

Такого типа машина ВАЛМЕТ 990 с вылетом телескопического манипулятора 10,3 м выпускается в Финляндии.

Рассмотрим систему машин ВПМ + ТМ (треловочная машина типа ЛТ-154). Чем больше вылет манипулятора ВПМ, тем больше его стоимость, время обработки одного дерева и меньше производительность ВПМ. Вместе с тем с увеличением вылета манипулятора растут объемы пачек, формируемых ВПМ с одной рабочей позиции, и, следовательно, повышается производительность ТМ.

Метод оптимизации вылета манипулятора в значительной степени зависит от критериев, в качестве которых использовали энергозатраты (В. Г. Кочегаров), время цикла обработки одного дерева (В. Н. Меньшиков) и др. Цель такой оптимизации — повышение эффективности ВПМ.

Предлагаемый метод позволяет выбрать оптимальный вылет манипулятора с учетом эффективной работы системы машин ВПМ + ТМ. В качестве критерия используются удельные приведенные затраты (УПЗ), р./м<sup>3</sup>, имеющие в расчете на одну смену следующее выражение:

$$\text{УПЗ} = \frac{C_R \text{RE/T} + C_{\text{ВПМ}}}{\Pi_{\text{ВПМ}}} + \frac{C_{\text{ТМ}}}{\Pi_{\text{ТМ}}}, \quad (1)$$

где  $C_R$  — средняя стоимость 1 пог. м манипулятора, р.;

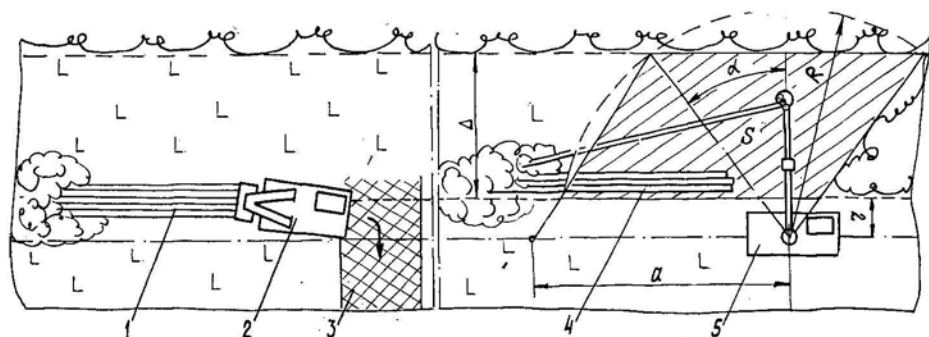


Рис. 1. Схема разработки лент системой машин ВПМ + ТМ

- $R$  — длина вылета манипулятора, м;  
 $Ц_{ВПМ}, Ц_{ТМ}$  — себестоимость машино-смен соответственно ВПМ и ТМ, р;  
 $П_{ВПМ}, П_{ТМ}$  — сменная производительность соответственно ВПМ и ТМ, м<sup>3</sup>;  
 $E$  — отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;  
 $T$  — число смен в году.

Схема работы рассматриваемой системы машин представлена на рис. 1. С одной рабочей позиции ВПМ 5 обрабатывается площадка леса  $S, м^2$  и формируется полногрузная пачка деревьев 4. Трелевку других подготовленных пачек 1 выполняет с соблюдением необходимой безопасной зоны ТМ 2 по волоку 3.

Объемы пачек  $M, м^3$ , формируемых ВПМ, зависят от размеров площадки  $S$ , которая, в свою очередь, является функцией вылета манипулятора  $R, м$ . Таким образом, размер площадки леса и объем пачек определяют по формулам\* (с. 16)

$$S = a\Delta = 2R \sin \alpha (R \cos \alpha - r); \quad (2)$$

$$M = \frac{2}{10^4} q \sin \alpha (R^2 \cos \alpha - Rr), \quad (3)$$

где  $a$  — расстояние между смежными рабочими позициями ВПМ, м;  
 $\Delta$  — ширина разрабатываемой ленты леса, м;  
 $q$  — запас леса на 1 га, м<sup>3</sup>.

По нашим исследованиям, обработка площадки максимальных размеров обеспечивается при  $\alpha = 43^\circ$ .

Используя математические модели\* (с. 87, 88), с учетом формул (2) и (3) получаем уравнения для расчета сменной производительности соответственно ВПМ и ТМ:

$$П_{ВПМ} = \frac{3600mV\varphi_1}{\frac{2kR}{v_T} + t_{н.з.с} + t_{с.п} + \frac{10^4V}{q(R \cos \alpha - r)v_p} + \frac{10^4Vt_{y.p}}{2qR \sin \alpha (R \cos \alpha - r)} + \frac{10^4Vc}{Lqv_n(R \cos \alpha - r)}}; \quad (4)$$

$$П_{ТМ} = \frac{0,72mq\varphi_1 \sin \alpha (R^2 \cos \alpha - Rr)}{t_{з.п} + \frac{t_c}{v_x} + \frac{t_c}{v_r} + t_p + t_{м.л.п}}; \quad (5)$$

где  $m$  — число часов в смене (в рассмотренном далее примере принимаем равным 7);  
 $\varphi_1$  — коэффициент использования времени смены (0,8);  
 $V$  — средний объем хлыста (0,4 м<sup>3</sup>);  
 $t_{н.з.с}$  — время наведения ЗСУ на дерево, захват дерева и его срезание (26 с);  
 $t_{с.п}$  — время сталкивания дерева с пня и укладки в пачку (10 с);  
 $v_p$  — скорость движения ВПМ между рабочими позициями (0,3 м/с);

\* Ширнин Ю. А. Современная технология и основы моделирования лесосечных работ: Учеб. пособие. — Йошкар-Ола: МарГУ, 1987. — 96 с.

$t_{y.p}$  — время установки технологического оборудования из транспортного в рабочее положение и наоборот (20 с);

$r$  — минимальный вылет манипулятора ВПМ (2 м);

$c$  — среднее расстояние перехода ВПМ между лентами (50 м);

$L$  — длина разрабатываемой ленты леса (150 м);

$v_{л}$  — скорость ВПМ при переходе между лентами (0,6 м/с);

$t_{з.п}$  — время захвата пачки ТМ и погрузки ее в транспортное положение (80 с);

$l_c$  — среднее расстояние трелевки (300 м);

$t_p$  — время разгрузки пачки (15 с);

$t_{м.л.п}$  — время маневров ТМ на лесосеке и на погрузочном пункте (120 с);

$v_T$  — средняя скорость выдвижения звеньев телескопического манипулятора (0,4 м/с);

$k$  — коэффициент, учитывающий, что вылет манипулятора при обработке деревьев осуществляется не на полную длину (0,4);

$v_x, v_r$  — скорости холостого (1,1 м/с) и грузового (0,9 м/с) хода ТМ.

Для проведения расчетов принимаем также  $C_{ВПМ} = 84$  р.;  $L_{ТМ} = 50,0$  р.;  $q = 200$  м<sup>3</sup>/га;  $E = 0,15$ ;  $T = 200$ .

Выражения  $\Pi$  и  $\Pi_{ТМ}$  из формул (4) и (5) подставляем в уравнение (1). После преобразования и замены параметров их значениями получаем

$$УПЗ = (7,5 \cdot 10^4 C_R R + 0,01) \left( 2R + 36 + \frac{78}{0,73R - 2} + \frac{147}{0,37R^2 - R} \right) + \frac{33}{0,37R^2 - R} \quad (6)$$

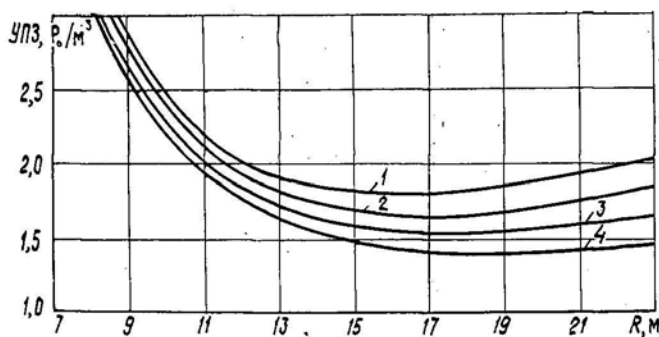


Рис. 2. График зависимости  $УПЗ = f(R, C_R)$ : 1 —  $C_R = 2500$  р.; 2 — 2000; 3 — 1500; 4 —  $C_R = 1000$  р.

В других условиях работы числовые значения будут другими. Результаты расчета на ЭВМ уравнения (6) в виде графика даны на рис. 2. Из графика видно, что при уменьшении средней стоимости 1 пог. м манипулятора его оптимальная длина увеличивается с 16 м ( $C_R = 2500$  р.) до 19 м (1000 р.).

### Выводы

1. Работа фланговой ВПМ (в системе ВПМ + ТМ) с удлиненным манипулятором, позволяющим сохранить лесную среду, весьма эффективна.

2. Для определения оптимального вылета манипулятора рекомендуется метод экономико-математического моделирования процесса.

3. Результаты вычисления оптимального вылета манипулятора могут быть использованы при проектировании фланговых манипуляторных машин, формирующих пачки на земле.

УДК 630\*813.11

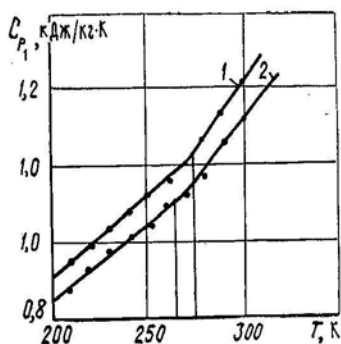
## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЛИГНИНА

Н. В. НЕКРАСОВА, В. В. НЕКРАСОВ, Г. Ф. ПРОКШИН

Архангельский лесотехнический институт

В работе [5] авторами было показано, что при исследовании теплоемкости в интервале температур от  $-50$  до  $+50$  °С на прямых  $C_p = f(T)$  наблюдается излом. Для опилок из ядра ели такой излом обнаружен при  $T = 270$  К ( $-3$  °С); для сульфатной небеленой целлюлозы, полученной из ядра ели, этот переход обнаружен при  $T = 260$  К ( $-13$  °С). Авторы полагают, что изломы на линиях  $C_p = f(T)$  есть фазовые переходы 2-го рода — стеклование.

Настоящая работа — продолжение подобных исследований продуктов химической переработки древесины. В качестве образцов взяты целлюлоза сульфатная из заболони ели и полученный из заболони сульфатный лигнин. Установка и методика измерения описаны в работе [2].



Результаты представлены на рисунке, где по оси абсцисс отложены значения температуры  $T$ , К, а по оси ординат — значения теплоемкости  $C_p$ , кДж/(кг · К). Цифрой 1 обозначена зависимость  $C_p = f(T)$  для целлюлозы, а 2 — для лигнина. Как видно из рисунка, зависимости  $C_p = f(T)$  для обоих образцов линейные. Каждая из линий имеет излом: для целлюлозы — при температуре 275 К, для лигнина — при 265 К. В точках излома для целлюлозы  $C_p = 1,240$  кДж/(кг · К), для лигнина  $C_p = 1,115$  кДж/(кг · К).

Согласно данным работ [1, 3, 4], изломы на линиях  $C_p = f(T)$  указывают на фазовые переходы 2-го рода. В рассматриваемом случае, очевидно, имеет место процесс расстеклования. Как видно из приведенных данных, температура перехода в целлюлозе выше, чем в лигнине, на 10 К.

Полученные данные работы [5] и настоящей по целлюлозе позволяют сравнить числовые значения. Так, для целлюлозы из ядра точка перехода  $T = 260$  К и  $C_p = 1,130$  кДж/(кг · К), для целлюлозы из заболони — соответственно 275 К и 1,240 кДж/(кг · К), т. е. точка перехода в целлюлозе из заболони выше на 15 К, а теплоемкость выше на  $\Delta C_p = 0,110$  кДж/(кг · К). Следовательно, фазовый переход в целлюлозе из заболони осуществляется при более высокой температуре (275 К), а наиболее низкая температура перехода — у сульфатной небеленой целлюлозы (260 К).

Представляет определенный интерес сравнить между собой температурные коэффициенты теплоемкостей исследованных образцов. Эти данные приведены в таблице, где введены следующие обозначения:  $T_n$  — температура перехода;  $C_n$  — удельная теплоемкость при постоянном давлении в точке перехода;  $\Delta C_p / \Delta T$  ( $T < T_n$ ) — температурный коэффициент теплоемкости ниже точки перехода;  $\Delta C_p / \Delta T$  ( $T > T_n$ ) — то же выше точки перехода.

Образец	$T$ , К	$C_n$ , кДж/(кг · К)	$\Delta C_p / \Delta T$ , Дж/(кг · К <sup>2</sup> ) ( $T < T_n$ )	$\Delta C_p / \Delta T$ , Дж/(кг · К <sup>2</sup> ) ( $T > T_n$ )
Целлюлоза из заболони	275	1,240	4,4	7,2
Целлюлоза из ядра	260	1,130	4,0	5,8
Опилки из ядра ели	270	1,150	3,4	5,6
Сульфатный лигнин из заболони	265	1,115	3,3	6,4