

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*377.4-115.001.5

О РАБОТОСПОСОБНОСТИ
МАНИПУЛЯТОРНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН
НА НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХС. П. БОЙКОВ, В. Н. МЕНЬШИКОВ, Ю. А. БИТ,
С. Н. СОТОНИН, К. К. ДЕМИН

Ленинградская лесотехническая академия, КирНИИЛП

В древостое естественного происхождения деревья расположены в случайных точках, которые в совокупности образуют пуассоновское поле.

Оценим работоспособность лесозаготовительной машины манипуляторного типа при разработке древостоя несплошными рубками. Вероятность $P_{e1}(t=0)$ того, что при движении манипулятора с захватно-срезающим устройством (ЗСУ) к очередному дереву на пути не встретится ни одного другого дерева, не подлежащего рубке, равна

$$P_{e1}(t=0) = \exp[-b^m xz], \quad (1)$$

где b^m — ширина поперечного сечения манипулятора, м;

x — расстояние до дерева, м;

z — среднее число деревьев на 1 м^2 после срезания деревьев на ближних от волока расстояниях.

При срезании деревьев с площадки F произвольной конфигурации вероятность того, что все намеченные в рубку деревья будут удалены, равна

$$P_F = \int_0^l \exp[-b^m xz] p(x) dx. \quad (2)$$

Здесь $p(x)$ — плотность распределения случайной величины (расстояния от края машины (волока) или от оси поворота манипулятора до оси дерева);

l — расстояние до наиболее удаленного дерева, м.

Рассмотрим несколько схем удаления деревьев с площадок F .

Пусть машина разрабатывает ленту шириной Δ (рис. 1, а). При этом $l = \Delta$, деревья берут только при положении манипулятора перпендикулярно движению машины. В этой схеме случайная величина x имеет равномерное распределение (рис. 1, б)

$$p(x) = 1/l. \quad (3)$$

Тогда математическое ожидание (среднее значение) расстояния до дерева

$$M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{l} dx = \int_0^l \frac{x}{l} dx = 0,5l. \quad (4)$$

Если машина разрабатывает площадку F с одной стоянки (рис. 1, в), то намеченные деревья берут в зоне действия манипулятора с ЗСУ. Тогда получим

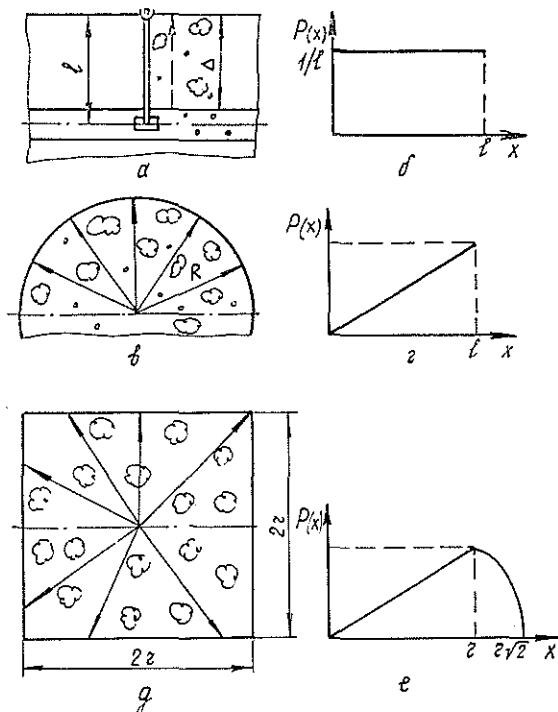


Рис. 1. Схемы удаления деревьев с разрабатываемых площадок

$$p[x < X < x + dx] = \frac{2\pi x dx}{\pi l^2} = \frac{2x}{l^2} dx. \quad (5)$$

Случайная величина x имеет распределение (рис. 1, а)

$$p(x) = 2x/l^2. \quad (6)$$

Среднее расстояние до дерева

$$M(x) = \int_0^l \frac{2x^2}{l^2} dx = \frac{2}{3} l = 0,666l. \quad (7)$$

Здесь $l = R$ (где R — максимальный вылет манипулятора).

Пусть машина разрабатывает с одной стоянки площадку в виде квадрата со стороной r (рис. 1, б). Тогда случайная величина x имеет распределение (рис. 1, в)

$$p(x) = \begin{cases} \frac{\pi x}{2r^2} & \text{при } 0 < x < r \\ \frac{2x \left(\arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right)}{r^2} & \text{при } r < x < r\sqrt{2}. \end{cases} \quad (8)$$

Среднее расстояние до дерева

$$\begin{aligned} M(x) &= \frac{\pi}{2r^2} \int_0^r x^2 dx + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x^2 \left(\arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right) dx = \\ &= \frac{r}{3} [V\bar{2} + \ln(1 + V\bar{2})] \approx 0,765r. \end{aligned} \quad (9)$$

С учетом изложенного, вероятность того, что все намеченные в рубку деревья будут удалены, определим из выражений:

для схемы на рис. 1, а после подстановки (3) в (2) и соответствующего решения.

$$P_F = \frac{1}{l} \int_0^l \exp[-b^m xz] dx = \frac{1}{lb^m z} \{1 - \exp[-lb^m z]\}; \quad (10)$$

для схемы на рис. 1, в после подстановки (6) в (2)

$$P_F = \frac{1}{l^2} \int_0^l 2x \exp[-b^m xz] dx = \frac{2}{b^m l^2 z} \left\{ \frac{1}{b^m z} - \left(l + \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m lz] \right\}; \quad (11)$$

для схемы на рис. 1, д

$$\begin{aligned} P_F &= \int_0^r \frac{\pi x}{2r^2} \exp[-b^m xz] dx + \int_r^{r\sqrt{2}} \frac{2x}{r^2} \left(\arcsin \frac{r}{x} - \frac{\pi}{4} \right) \exp[-b^m xz] dx = \\ &= \frac{\pi}{2b^m z r^2} \left\{ \frac{1}{b^m z} - \left(r + \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m r z] \right\} + \frac{\pi}{2b^m z r^2} \left\{ (r\sqrt{2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{b^m z}) \exp[-\sqrt{2} b^m r z] - \left(r - \frac{1}{b^m z} \right) \exp[-b^m r z] \right\} + \\ &\quad + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x \arcsin \frac{r}{x} \exp[-b^m xz] dx. \end{aligned} \quad (12)$$

(В уравнении (12) первое слагаемое дает вероятность удаления намеченных деревьев из круга радиусом r , остальные — из углов площадки).

В приведенных уравнениях было сделано допущение, что диаметр стоящих деревьев не влияет на движение манипулятора к намеченному дереву. Такое допущение справедливо, когда диаметр деревьев значительно меньше ширины поперечного сечения манипулятора. В остальных случаях перемещению манипулятора к намеченному дереву препятствуют не только те деревья, оси которых попадают в зону, очерченную габаритами манипулятора, но и те деревья, оси которых не попадают в эту зону, но поперечные сечения пересекают границы зоны. Поскольку эти события независимы, в этих случаях вероятность удаления

$$P_e = P_{e1} P_{e2}, \quad (13)$$

где P_{e2} — вероятность того, что ни одно дерево, ось которого размещается за габаритами манипулятора, не пересечет границ зоны движения его своим поперечным сечением.

$$P_{e2} = \prod_{k=0}^{\infty} \exp[-xz_k D_k]. \quad (14)$$

Здесь z_k — среднее число деревьев диаметром D_k на 1 м^2 .

При нормальном распределении случайной величины D_k имеем

$$z_k = zp(D_k) dD, \quad (15)$$

где $p(D_k) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(D-m)^2}{2\sigma^2}\right]$ — плотность распределения случайной величины D ;
 m — математическое ожидание случайной величины

D (средний диаметр дерева);
 σ — среднее квадратичное отклонение случайной величины D .

Выражение (14) имеет вид

$$P_{e2} = \prod_{k=0}^{\infty} \exp[-xzD_k p(D_k) dD] = \exp\left[-xz \int_{-\infty}^{\infty} D p(D) dD\right] = \exp[-xzm]. \tag{16}$$

Подставив (1) и (16) в (13), получим

$$P_e = \exp[-xzb^M] \exp[-xzm] = \exp[-xz(b^M + m)] = \exp[-xz(b^M + D_{cp})]. \tag{17}$$

С учетом (17) в уравнении (10) ... (12) вместо значения b^M подставим $b^M + D_{cp}$. Тогда получим:

для схемы на рис. 1, а

$$P_F = \frac{1}{lz(b^M + D_{cp})} \{1 - \exp[-lz(b^M + D_{cp})]\}; \tag{18}$$

для схемы на рис. 1, в

$$P_F = \frac{2}{l^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} - \left[l + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right] \times \exp[-lz(b^M + D_{cp})] \right\}; \tag{19}$$

для схемы на рис. 1, д

$$P_F = \frac{\pi}{2r^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} - \left(r + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz(b^M + D_{cp})] \right\} + \frac{\pi}{2r^2z(b^M + D_{cp})} \left\{ \left(r\sqrt{2} + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz\sqrt{2}(b^M + D_{cp})] - \left(r + \frac{1}{z(b^M + D_{cp})} \right) \exp[-rz(b^M + D_{cp})] \right\} + \frac{2}{r^2} \int_r^{r\sqrt{2}} x \arcsin \frac{r}{x} \exp[-xz(b^M + D_{cp})] dx. \tag{20}$$

По уравнениям (1), (18), (19), (20) были выполнены расчеты при следующих исходных данных, которые приведены в таблице.

Возраст древостоя, лет	20	30	40	50	60	70	80
Число деревьев на 1 м ²	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,08
Средний диаметр, см	6,6	7,6	10,2	12,7	16,0	20,3	22,8
$b^M + D_{cp}$, м	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
Вылет манипулятора, м	4	6	8	10	12	—	—

Таксационные показатели были взяты из таблицы хода роста Варгаса де Бедемара для сосняка II класса бонитета применительно к Ленинградской обл.

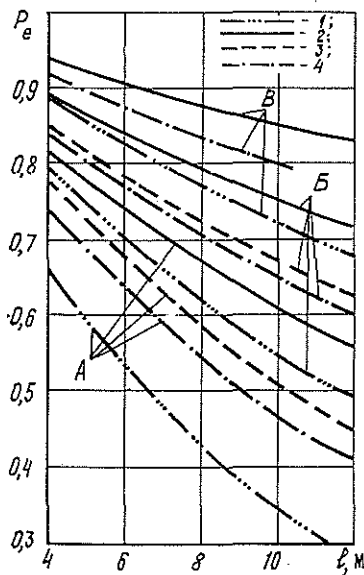


Рис. 2. Изменение вероятности удаления намеченных к рубке деревьев в зависимости от вылета манипулятора при однократной обработке площадок в древостоях возраста: А — 20 лет; Б — 50 лет; В — 80 лет; 1 — по уравнению (1); 2 — (18); 3 — (19); 4 — по уравнению (20)

Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Расчеты по уравнению (1) дают величины вероятности на максимальном вылете, т. е. минимальные значения. При вычислениях по остальным уравнениям получаются средние величины вероятности при обработке всей площадки F .

Причем все полученные данные по существу характеризуют работоспособность лесозаготовительной машины манипуляторного типа при

однократной обработке площадок F (при разовом движении манипулятора с ЗСУ по одному направлению). Установлено, что одноразовая обработка дает неудовлетворительные с лесоводственной стороны результаты.

Возможное положительное решение — двукратная и большая обработка площадок F с разных стоянок машины.

Поступила 17 апреля 1985 г.

УДК 630*383

НОВЫЙ СПОСОБ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ПУТЕЙ В СЫРЬЕВЫХ БАЗАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б. А. ИЛЬИН

Ленинградская лесотехническая академия

Ранее [1—5] были изложены предпосылки для разработки оптимизационного метода размещения в лесу лесовозных путей. В его основу положен весьма экономичный принцип использования дорожных конструкций с переменной единичной стоимостью строительства технологических путей (веток и усов), теоретически рассмотренный в [4] и обеспечивающий снижение единовременных затрат на постройку дорог до 40 %, а приведенных затрат — до 15 %.

Практический опыт показал, что принятое в теории непрерывное уменьшение единичной стоимости строительства ветки от пункта примыкания к магистрали в глубь массива целесообразно заменить ступенчатым с использованием на каждой ветке летнего действия нескольких видов дорожных конструкций — наиболее прочной и дорогой на головном участке, менее прочной и более дешевой на промежуточных и наиболее дешевых на глубинном участке (рис. 1).

При использовании «глубинной» схемы освоения лесного массива, при которой магистраль строится сразу на всю длину [4], применение