

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

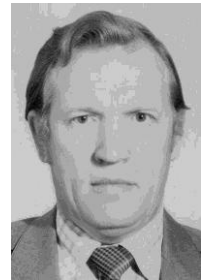
УДК 630\* 377.44

***В.И. Кучерявый, В.Д. Чарков, С.Н. Мильков***

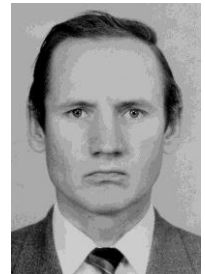
Кучерявый Василий Иванович родился в 1953 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию, в 1991 г. Ленинградский государственный университет, доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Ухтинского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области разработки новых методов расчета прочности и прогнозирования надежности лесозаготовительных машин (ЛЗМ), вероятностного проектирования и статистической динамики конструкций ЛЗМ, моделирования на ПЭВМ ресурса деталей и прогнозирования их потребности.



Чарков Владимир Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1964 г. Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Ухтинского государственного технического университета. Имеет более 40 научных трудов по численным методам расчета прочности конструкций.



Мильков Сергей Николаевич родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Учебно-консультационного пункта Российского государственного открытого технического университета путей сообщения (г. Ухта). Имеет 11 печатных работ в области численного моделирования процессов горения.



## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СУЧКОРЕЗНЫХ МАШИН

Использована детерминированная формула усилия срезания сучьев. Методом преобразования функции случайного аргумента найдена плотность распределения усилия срезания сучьев отдельных пород деревьев и обобщенная для совокупности породного состава. С помощью гистограмм вычислены вероятности типичных нагрузочных режимов для разных районов лесозаготовок. Полученные данные позволяют прогнозировать прочность, ресурс и требуемое число запасных частей.

сучкорезные машины, нагрузочные режимы, срезание сучьев, вычислительная программа.

В настоящее время на лесозаготовительных предприятиях Архангельской области, Республики Коми и других областей Европейско-Уральской зоны широко применяют сучкорезные машины ЛП-30Б. Основными факторами, влияющими на эксплуатационные нагрузочные режимы работы сучкорезных машин, являются такие параметры обрабатываемых деревьев, как диаметр их в комле, длина бессучковой зоны, число сучьев и их средний диаметр. Определяющий из них – усилие срезания сучьев обрабатываемых деревьев, которое необходимо знать для выбора оптимальных конструктивных параметров при модификации сучкорезных машин, оценки прочности, ресурса и уточнения требуемого числа запасных частей применительно к конкретным условиям лесозаготовки.

В качестве исходной зависимости для расчета нагрузочных режимов применим детерминированную формулу определения усилия срезания сучьев, в которой диаметр сучка отдельной породы дерева представим величиной случайной  $\tilde{d}$  [2]:

$$\tilde{P} = f(\tilde{d}) = m\tilde{d}^2, \quad (1)$$

где  $m = 31,5 \cdot 10^{-4} a_n a_\delta$ ;  $a_n$  – поправочный коэффициент, учитывающий породу (для ели – 1,3, для сосны – 1,0, для березы – 1,8, для осины – 1,5);  $a_\delta$  – поправочный коэффициент, учитывающий угол резания (примем  $a_\delta = 1,0$ ).

В формуле (1) значение  $P$  имеет размерность кН, а  $d$  – мм.

Из уравнения (1) следует, что величина  $\tilde{P}$  является нелинейной функцией одного случайного аргумента  $\tilde{d}$ . Допускаем, что известна плотность распределения диаметра сучка  $g(d)$ . Найдем плотность вероятности усилия срезания сучьев  $h_i(P)$  по (1). Для этого применим формулу теории вероятностей

$$h_i(P) = |dk/dP| g[k(P)]. \quad (2)$$

В уравнении (2) величина  $k(P)$  является обратной функцией к  $f$  в уравнении (1). Таким образом, имеем

$$k(P) = f^{-1}(P) = \pm \sqrt{P/m_i}. \quad (3)$$

Выражение  $|dk/dP|$  в уравнении (2) обозначает модуль производной обратной функции  $P$ . Поскольку обратная функция (3) является двузначной, то получаем два значения для  $d$ . Следовательно,

$$h_i(P) = |dd_1/dP| g(d_1) + |dd_2/dP| g(d_2). \quad (4)$$

Дифференцируя обратную функцию (3) по  $P$ , получаем

$$|d'_p| = (2\sqrt{m_i P})^{-1}. \quad (5)$$

Подставим (5) в (4), тогда

$$h_i(P) = \begin{cases} (2\sqrt{P/m_i})^{-1} [g(\sqrt{P/m_i}) + g(-\sqrt{P/m_i})], & P \geq 0 \\ 0, & P < 0 \end{cases}. \quad (6)$$

Допустим, что диаметр сучка  $d$   $i$ -й породы дерева имеет плотность нормального распределения

$$g(d) = (S_i 2\sqrt{\pi})^{-1} \exp[-(d - \bar{d}_i)^2/2 S_i^2], \quad (7)$$

где  $\bar{d}_i$  – математическое ожидание диаметра сучка  $i$ -й породы дерева;

$S_i$  – стандартное отклонение.

Подставим (7) в (6). После преобразований получим плотность распределения усилия срезания сучьев  $h_i(P)$  для  $i$ -й породы дерева в развернутом виде:

$$h_i(P) = (\sqrt{8\pi m_i P} S_i)^{-1} \{ \exp[-(\sqrt{P/m_i} - \bar{d}_i)^2/2 S_i^2] + \exp[-(-\sqrt{P/m_i} - \bar{d}_i)^2/2 S_i^2] \}. \quad (8)$$

В конкретных условиях эксплуатации имеет место смешанный характер лесонасаждений, поэтому для определения обобщенной плотности усилия срезания сучьев  $h(P)$  применим формулу статистической смеси:

$$h(P) = \sum_{i=1}^n \alpha_i h_i(P), \quad (9)$$

где  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  – удельные веса пород деревьев в данном лесонасаждении,  $n$  – число пород деревьев.

Имеем в виду, что  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0$ .

Справедливость применения формулы (9) объясняется тем, что события обрезки сучьев машиной ЛП-30Б являются несовместными. Подставляя (8) в (9), получаем формулу смеси плотностей в развернутом виде:

$$h(P) = \sum_{i=1}^n \alpha_i (\sqrt{8\pi m_i P} S_i)^{-1} \{ \exp[-(\sqrt{P/m_i} - \bar{d}_i)^2/2 S_i^2] + \exp[-(-\sqrt{P/m_i} - \bar{d}_i)^2/2 S_i^2] \}. \quad (10)$$

Таблица 1

Район лесозаготовок	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	Вероятности (удельные веса) типичных режимов		
					Легкий $\theta_1$	Средний $\theta_2$	Тяжелый $\theta_3$
Архангельская область	0,64	0,26	0,09	0,01	0,2594	0,5948	0,1458
Вологодская »	0,63	0,15	0,12	0,10	0,2519	0,5938	0,1543
Мурманская »	0,40	0,50	0,10	0	0,1927	0,5669	0,2404
Ленинградская »	0,30	0,29	0,30	0,11	0,1695	0,5413	0,2892
Леспромхозы Респуб- лики Коми:							
Троицко-Печорский	0,40	0,40	0,20	0	0,2006	0,5556	0,2439
Ясногский	0,50	0,10	0,30	0,10	0,2260	0,5612	0,2128
Сыктывдинский	0,60	0,10	0,20	0,10	0,2430	0,5823	0,1747
Боровской	0,80	0	0,20	0	0,3007	0,5951	0,1042
Подчерский	0,70	0	0,30	0	0,2733	0,5745	0,1523
Сысольский	0,40	0,10	0,30	0,20	0,1941	0,5579	0,2480

В уравнении (10) значения  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  выбираем из формулы породного состава. Например, для Ясногского леспромхоза (Республика Коми) при формуле 50Е10С30Б10Ос принимаем для ели  $\alpha_1 = 0,50$ , сосны  $\alpha_2 = 0,10$ , березы  $\alpha_3 = 0,30$ , осины  $\alpha_4 = 0,10$ . Для различных районов лесозаготовок значения  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) приведены в табл. 1.

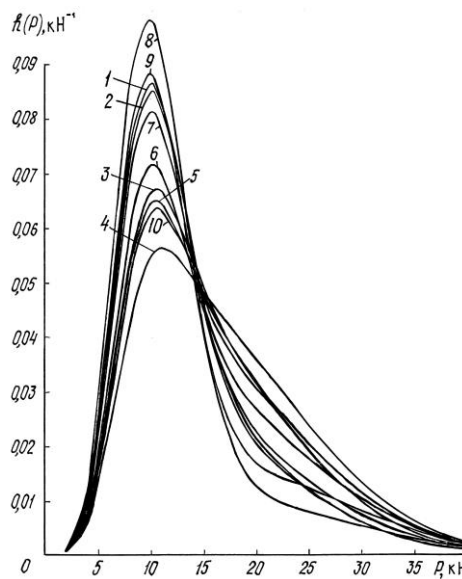
В уравнении (10) коэффициент  $m$  имеет следующее значение: для ели  $m_1 = 40,95 \cdot 10^{-4}$ , сосны  $m_2 = 31,5 \cdot 10^{-4}$ , березы  $m_3 = 56,7 \cdot 10^{-4}$ , осины  $m_4 = 47,25 \cdot 10^{-4}$ . Данные о рассеивании диаметров сучьев по породам приведены в табл. 2 [1]. По значениям  $d_{\min}$  и  $d_{\max}$  найдены параметры распределения  $\bar{d}$  и  $S$  по правилу математической статистики «трех стандартов», т. е.  $\bar{d} = (d_{\min} + d_{\max})/2$ ,  $S = (d_{\max} - d_{\min})/6$ . Эти значения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Размер сучьев, мм		Параметры распределения, мм	
	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$\bar{d}$	$S$
Сосна	30	120	75,0	15,0
Ель	25	75	50,0	8,3
Береза	25	100	62,5	12,5
Осина	30	90	60,0	10,0

Для значений  $\alpha_i, m_i, \bar{d}_i, S_i$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) по уравнению (10) с помощью вычислительной программы построены обобщенные кривые распределения  $h(P)$  при изменении усилия  $P$  от 2 до 40 кН и величине разряда  $\Delta P = 2$  кН (см. рисунок). Затем кривые распределения превращены в гистограммы умножением плотности  $h_j(P)$  на величину разряда  $\Delta P_j$ . На них выделяем четыре типичных режима работы (блоки нагрузок) со следующими диапазонами изменения усилия: легкий от 2 до 10, средний от 10 до 20, тяжелый от 20 до 30 и весьма тяжелый от 30 до 40 кН. Суммируя вероятности разрядных значений по каждому из выделенных режимов, определяем их вероятности (удельные веса)  $r_i$  ( $i = I, \dots, IV$ ).

В последующих расчетах принимаем три типичных нагрузочных режима: легкий, средний и тяже-



Обобщенные кривые распределения усилия срезания сучьев: 1 – 4 – соответственно Архангельская, Вологодская, Мурманская, Ленинградская области; 5 – 10 – Троицко-Печорский, Ясногский, Сыктывдинский, Боровской, Подчерский, Сысольский леспромхозы Республики Коми

лый в связи с ограничением усилия протаскивания дерева машиной ЛП-30Б до 30 кН. Для этого выполняем пересчет вероятностей выделенных режимов по соотношениям:

$$\theta_1 = r_I / (1 - r_{IV}); \theta_2 = r_{II} / (1 - r_{IV}); \theta_3 = r_{III} / (1 - r_{IV}). \quad (11)$$

Значения  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  в (11), полученные по изложенному алгоритму, приведены в табл. 1 для различных районов лесозаготовок. Величины  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  вносят различие в интенсивность накопления повреждений, а соответственно и ресурс деталей технологического оборудования ЛП-30Б. На основании выполненных расчетных исследований разработаны дифференцированные, по местным условиям эксплуатации, нормы расхода запасных частей для машин ЛП-30Б.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дитрих В.И., Нестерова И.Б.* Определение усилия срезания сучьев // Лесн. пром-сть. – 1976. – № 2. – С. 28-29.
2. *Залегаллер Б.Г., Ласточкин П.В.* Механизация и автоматизация работ на лесных складах. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 232 с.

Ухтинский государственный технический университет

Поступила 15.04. 97

*V.I. Kucheryavy, V.D.Charkov, S.N.Milkov*

#### **Probabilistic Calculation of Load Running Modes of Delimiters**

The deterministic effort formula of delimiting is used. The density of distribution of delimiting effort for independent tree species is found as well as generalized density for the species community by the method of transformation of random argument. With the help of histograms the probabilities of typical load modes are calculated for different harvesting regions. The data obtained allow forecasting the strength, resource and the required number of spare parts.

---