ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1986

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*375.4

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ДВИЖЕНИЯ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ОТДЕЛЬНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Г. М. АНИСИМОВ, А. Я. ПЕРЕЛЬМАН, С. А. МИХАЙЛОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Транспортная производительность — один из основных критериев оценки эффективности работы трелевочной системы, состоящей из трелевочного трактора и пачки леса. Этот критерий существенно зависит от времени T_i работы системы на i-той передаче и от числа переключений.

Величины T_i могут быть найдены, если известна плотность распределения $f_V(v)$ случайной величины V, равной скорости движения системы. Имеем

$$T_i = T \int_{v_i^{min}}^{v_i^{max}} f_V(v)\,dv, \tag{1}$$

где T — полное время движения.

Прогнозирование времени T_i позволяет описать зависимость между характеристиками дизеля и параметрами трансмиссии. Такими параметрами являются число передач, передаточное отношение и интервалы передаточных отношений. Отметим, что по плотности $f_V(v)$ можно непосредственно вычислить среднюю скорость движения $V_{\text{ср}} = \int_{v_{min}}^{v_{max}} vf(v)dv$. Результаты анализа полученных зависимостей полезно учитывать при конструировании новых и модернизации существующих лесопромышленных тракторов [1].

Скорость V трелевочной системы зависит от сил сопротивления движению — случайных величин, определяемых движением трактора и скольжением пачки (X_1), уклонами волока (X_2) и сопротивлением повороту (X_3), причем

$$X_k = A_k V^{-1} + B_k, \tag{2}$$

где коэффициенты A_k и B_k ($k = 1, 2, 3$) определяются параметрами двигателя и трелевочной системы [1].

В работе [2] дана методика покомпонентного определения плотности $f_V(v)$. Каждая компонента $f_{V_k}(v)$ плотности $f_V(v)$ соответствует силе сопротивления X_k. При этом предполагается, что силы X_k распределены по нормальному закону. Последующие вычисления вероятностей работы трелевочной системы на определенных передачах приводят к кропотливым расчетам, основанным на применении свойств вероятностей совокупности событий.

В настоящей работе развита схема прямого определения плотности $f_V(v)$, упрощающая расчет времени T_i работы системы на различных передачах, и предложен способ оценки числа переключений передач.

При этом не делается специальных допущений относительно вида распределений сил сопротивления X_k, что весьма существенно, так как законы распределения X_2 и X_3 значимо отличаются от нормального. Развитая схема основана на возможности перестановки операций сложения независимых случайных величин одной размерности и вычисления плотностей их распределения.

Пусть имеет место функциональная зависимость $Y = t(X)$ между случайными величинами X и Y. Плотности распределения $f_X(x)$ и $f_Y(y)$ этих случайных величин связаны соотношением [4]

$$f_Y(y) = \int\limits_{-\infty}^{+\infty} f_X(x)\,\delta(y - t(x))\,dx, \tag{3}$$

где δ — функция Дирака, принадлежащая множеству обобщенных функций.

Если $t(x)$ не имеет кратных корней, то обобщенную функцию $(y - t(x))$ можно представить в виде линейной комбинации обобщенных функций $\delta(x - x_m)$ [3]:

$$\delta(y - \varphi(x)) = \sum_m |\tau'_m(y)|\,\delta(x - \tau_m(y)). \tag{4}$$

Здесь $\tau_m(y) = x_m$, где x_m образуют совокупность решений уравнения

$$y = t(x) \tag{5}$$

и поэтому неотрицательное число m зависит от y, т. е. $m = m(y)$. Обозначим через Φ множество всех значений $t(x)$ при $-\infty < x < +\infty$. Если $y \overline{\in} \Phi$, то $m(y) = 0$, уравнение (5) не имеет решения и сумма (4) обращается в нуль. Будем далее предполагать, что (5) — монотонная функция. Тогда существует обратная относительно (5) функция $x = \tau(y)$, определенная для всех $y \in \Phi$. Значит, $m(y) = 0$, если $y \overline{\in} \Phi$, и $m(y) = 1$, если $y \in \Phi$, и, согласно (4), имеем:

$$\delta(y - t(x)) = \begin{cases} 0, \text{ если } y \overline{\in} \Phi; \\ |\tau'(y)|\,\delta(x - \tau(y)), \text{ если } y \in \Phi. \end{cases} \tag{6}$$

В силу (3) и (6) находим

$$f_Y(y) = \begin{cases} 0, \text{ если } y \overline{\in} \Phi; \\ |\tau'(y)|\,f_X(\tau(y)), \text{ если } y \in \Phi. \end{cases} \tag{7}$$

Формула (7) позволяет перейти от плотности распределения $f_X(x)$ случайной величины X к плотности распределения $f_Y(y)$ случайной величины $Y = t(X)$, если известна функция $\tau(y)$, обратная для монотонной функции (5).

Если $f_\psi(x)$ — плотность обобщенного закона распределения свойств трелевочного волока, соответствующая случайной величине

$$\psi = f_c + i + f_п, \tag{8}$$

где f_c, i и $f_п$ — безразмерные аналоги сил сопротивления X_1, X_2 и X_3, то, согласно (2), получаем:

$$\psi = AV^{-1} \quad (A = A_1 + A_2 + A_3), \tag{9}$$

так как $B_1 + B_2 + B_3 = 0$. Коэффициент A находят по формуле [1]

$$A = 0{,}377 M_{ен} K_з^i \eta_{тр} n_{ен} K_n^i (G + Q)^{-1}, \tag{10}$$

где $M_{ен}$ — крутящий момент двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала;

$K_з^i$ — коэффициент загрузки двигателя по крутящему моменту;

$\eta_{тр}$ — кпд трансмиссии;

$n_{ен}$ — номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя;

K_n^i — коэффициент использования частоты вращения на i-той передаче;

G — вес трактора;

Q — вес пачки леса.

В соответствии с (7), при замене (9) получается формула перехода вида

$$f_V(v) = \begin{cases} 0, \text{ если } v \leqslant 0; \\ Av^{-2} f_{\phi}\left(Av^{-1}\right), \text{ если } v > 0. \end{cases} \tag{11}$$

Пусть $MX_k = a_k$ (математические ожидания); $DX_k = \sigma_k^2$ (дисперсии) и α_k (коэффициенты асимметрии) — параметры случайных компонент X_k. В реальных ситуациях коэффициент асимметрии α_1 статистически незначим и потому будем полагать $\alpha_1 = 0$. Используя формулу перехода (11), можно показать, что плотность распределения $f_V(v)$ задается в виде:

$$\left.\begin{aligned} & f_V(v) = \frac{A}{\sigma v^2} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)\left[1 + \frac{\alpha}{6} H_3(t) + \frac{\beta}{720} H_6(t)\right]; \\ & t = \frac{Av^{-1} - a}{\sigma}; \; a = a_1 + a_2 + a_3; \; \sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2; \\ & \alpha = \left(\alpha_2\sigma_2^3 + \alpha_3\sigma_3^3\right)\sigma^{-3}; \; \beta = 20\alpha_2\alpha_3\left(\sigma_2\sigma_3\sigma^{-2}\right)^3, \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

где

$$H_3(t) = t^3 - 3t; \; H_6(t) = t^6 - 15t^4 + 45t^2 - 15 \tag{13}$$

— полиномы Чебышева — Эрмита.

Покажем применение вычислительной схемы (1), (12), (13). Время использования передач рассчитаем для типичных производственных условий: $M_{ен} = 374$ Н · м, $n_{ен} = 1800$ мин$^{-1}$, $G = 12{,}8 \cdot 10^4$ Н, $Q = 5 \cdot 10^4$ Н, $a_1 = 0{,}200$, $a_2 = 0{,}003$, $a_3 = 0{,}020$, $\sigma_1 = 0{,}066$, $\sigma_2 = 0{,}077$, $\sigma_3 = 0{,}007$, $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = -0{,}020$, $\alpha_3 = 0{,}038$. Остальные необходимые для расчета данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер передачи	v_i^{min}, км/ч	v_i^{max}, км/ч	$K_з^i$
I	2,06	2,67	0,69
II	2,77	3,59	0,80
III	3,61	4,72	0,87
IV	5,59	7,30	0,98
V	9,11	12,10	0,99

Таблица 2

Номер передачи	Использование времени передач $T_i T^{-1}$, %: расчетное	экспериментальное
I	1	—
II	12	14
III	44	46
IV	37	40
V	6	—

Результаты расчетов даны в табл. 2. Здесь же приводятся результаты экспериментальных исследований трактора ТБ-1М на полигоне-волоке Онежского тракторного завода. Сравнение показывает хорошее совпадение расчетных и экспериментальных распределений степени использования передач.

Результаты прогнозирования использования передач по времени дают неполное представление о режиме работы трактора. Необходимо также иметь данные о частоте переключения передач за время движения T. Эта задача может быть решена с помощью дискретных цепей Маркова, так как число возможных переходов между различными состояниями (передачами) здесь существенно ограничено условиями работы трактора на внешней характеристике дизеля.

Предложенная методика позволяет на стадии проектирования оценить параметры моторно-трансмиссионной установки. Результаты исследований могут применяться при составлении программ испытаний и расчете на прочность узлов и деталей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженность трансмиссии трелевочного трактора.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 165 с. [2]. Анисимов Г. М., Пустошный П. А. Прогнозирование использования передач трелевочного трактора.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 2, с. 55—58. [3]. Гельфанд И. М., Шилов Г. Е. Обобщенные функции. Вып. 1.— М.: Наука, 1958.— 439 с. [4]. Пугачев В. С. Введение в теорию вероятностей.— М.: Наука, 1968.— 368 с.

Поступила 8 октября 1985 г.

УДК 630*372

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПАРЫ НЕСУЩИЙ КАНАТ — КАТОК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

На подвесных лесотранспортных установках в качестве несущих используют канаты открытого типа двойной свивки.

Исследования [4] напряженного состояния проволоки каната позволяют рассматривать приведенные (эффективные) напряжения как критерий долговечности несущих канатов. Приведенные напряжения существенно зависят от максимальных контактных напряжений пары несущий канат открытого типа — каток грузовой каретки p_0, которые определяют по выражению [6]

$$p_0 = k_p A_0 \sqrt[3]{\frac{Q k_V}{n_1} \frac{1}{\delta^2}}, \tag{1}$$

где k_p — безразмерный коэффициент контактных напряжений, величина которого зависит от геометрических параметров проволоки и катка в точке контакта и от числа n_2 проволок каната, одновременно касающихся обода катка;

A_0 — коэффициент, зависящий от материала обода катка;

Q — вес пачки бревен с кареткой;

n_1 — число катков ходовой каретки;

δ — диаметр проволоки внешнего слоя пряди;

k_V — коэффициент, равный $k_V = k_н k_д k'_н$;

$k_н$ — коэффициент неравномерности распределения груза между катками каретки;

$k_д$ — коэффициент динамичности, зависящий от скорости движения грузовой каретки;