

Известно, что выход и качество сортиментов значительно зависят от товарности хлыстов и технологии раскряжевки, поэтому введено их разделение на группы качества [3].

Результаты исследований приведены в табл. 1 и 2. Для низкокачественных хлыстов используются формулы с индексом (K_0 и C_0), для здоровых без индекса (K и C). Среднюю отпускную цену 1 м³ сортиментов C рассчитывали без учета торговой скидки по III поясу станции назначения [2].

Адекватность исследований практическим результатам была подтверждена в производственных условиях. Фактический эффект от внедрения оптимизированных сортиментных планов составил в среднем 20 тыс. р. на каждые 100 тыс. м³ заготовленных сортиментов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Апучин Н. П. Сортиментные и товарные таблицы.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 536 с. [2]. Прейскурант № 07—03. Оптовые цены на лесопroduкцию (включая дрова).— М.: Прейскурантиздат, 1980.— 144 с. [3]. Прешкин Г. А., Гробов А. Н. Выход сортиментов в специализированных леспрохозах // Лесн. пром-сть.— 1973.— № 8.— С. 18—19. [4]. Степаков Г. А. Оптимизация производства круглых лесоматериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 160 с.

Поступила 12 апреля 1988 г.

УДК 630*375.4

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЙСОВОЙ НАГРУЗКИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

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

Ленинградская лесотехническая академия

Эффективность использования трелевочных тракторов в значительной степени зависит от оптимального выбора рейсовой нагрузки Q [3]. Для оценки тягово-сцепных и эксплуатационных свойств, учитывающих конструктивные особенности и режимы работы трелевочного трактора, в работе [2] предложен эффективный показатель трелевочного трактора $\eta_{ет}$. Он равен произведению тягового показателя $\eta_{тт}$ и коэффициента загрузки двигателя по мощности \bar{K}_N . Используя коэффициент условной тяги K_G , равный отношению $\eta_{тт}$ к $Q/(Q+G)$, где G — вес трактора, получаем:

$$\eta_{ет}(Q) = \frac{K_G Q}{Q+G} \bar{K}_N(Q). \quad (1)$$

Ранее [2, 3] установлено, что оптимальным условиям эксплуатации трелевочного трактора весом G соответствует пачка весом $Q = Q_{опт}$, обеспечивающая максимум функции (1). Коэффициент условной тяги K_G изменяется в сравнительно узком диапазоне (0,95...1,05), поэтому при расчетах K_G принимают равным единице. Коэффициент загрузки двигателя по мощности $\bar{K}_N(Q)$ определяют как среднее по загрузкам на отдельных передачах по формуле

$$\bar{K}_N(Q) = \left[\sum_{i=1}^m \frac{p_i(Q)}{K_{Ni}} \right]^{-1}. \quad (2)$$

В формуле (2) число i означает номер передачи ($i = 1, \dots, m$). Вероятности использования передач $p_i(Q)$ равны

$$v_i(Q) = \frac{T_i(Q)}{T(Q)}; \quad T(Q) = \sum_{i=1}^m T_i(Q), \quad (3)$$

где $T_i(Q)$ — время работы трактора на i -й передаче.

Величины K_{Ni} , равные усредненным коэффициентам загрузки двигателя по мощности на отдельных передачах, зависят от условий эксплуатации. В значительной степени на K_{Ni} влияет рельеф местности.

Как известно, основной характеристикой условий эксплуатации трелевочного трактора является сопротивление движению трелевочной системы (трелевочный трактор с пачкой деревьев Q). Его оценивают средним суммарным коэффициентом $\bar{\psi}$

$$\bar{\psi} = \bar{\psi}_I + \Delta\bar{\psi}_{II}, \quad (4)$$

где $\bar{\psi}_I$ и $\bar{\psi}_{II}$ — средние коэффициенты сопротивления движению трелевочного трактора и волочащейся части пачки соответственно;

$\Delta\bar{\psi}_{II}$ — поправка к $\bar{\psi}_I$, обусловленная влиянием пачки деревьев.

Таким образом, выбор оптимального веса пачки для конкретных условий эксплуатации сводится к определению вероятностей $p_i(Q)$ и последующему исследованию функции (1) на экстремум. Значение $p_i(Q)$ можно определить теоретически. В основу приведенных ниже расчетов положена методика количественных оценок вероятностей $p_i(Q)$, развитая в [4].

Воспользуемся известными соотношениями

$$N_e = \frac{P_k v}{3600 \eta_{тр} \eta_r}; \quad N_G = \frac{N_e}{G K_N}; \quad P_k = (G + Q) \psi, \quad (5)$$

где ψ — сопротивление движению трелевочного трактора;

N_e — текущее значение мощности двигателя;

P_k — касательная сила тяги;

v — скорость движения трактора;

$\eta_{тр}$ — механический КПД трансмиссии;

η_r — коэффициент, учитывающий потери на ведущем участке гусеницы;

N_G — энергонасыщенность трактора.

Из выражений (5) находим

$$\psi = 3600 N_G K_N \eta_{тр} \eta_r G (G + Q)^{-1} v^{-1}. \quad (6)$$

Принимая во внимание зависимость коэффициента загрузки K_N и сопротивления ψ от номера используемой передачи, а также влияние кроны на увеличение ψ_{II} (с ростом Q), перепишем формулу (6) в виде:

$$\begin{cases} \psi_i(Q) = A_i(Q) v^{-1}; \\ A_i(Q) = A_i(0)(G + Q)^{-1}; \\ A_i(0) = 0,36 \eta_{тр} \eta_r N_G G K_{Ni}; \end{cases} \quad (7)$$

где G и Q — т, N_G — кВт/т, v — км/ч; ниже принято $\eta_{тр} \eta_r = 0,85$.

Формулы (7) позволяют найти граничные значения сопротивления движению трактора на каждой передаче, $\psi_i^{min}(Q)$ и $\psi_i^{max}(Q)$. При решении этой задачи в (7) вместо средних значений $K_{Ni} = \bar{K}_{Ni}$ нужно использовать K_{Ni} , соответствующие известным граничным условиям

для частот вращения коленчатого вала двигателя n_e^{min} и n_e^{max} , т. е. учесть вариации загрузки двигателя относительно ее среднего значения. В свою очередь, по параметрам двигателя и трансмиссии определяем диапазон скоростей v_i^{min} , v_i^{max} на каждой передаче. В соответствии с формулой (7) устанавливаем соотношения

$$\psi_i^{min}(Q) = \frac{A_i(Q)}{v_i^{max}}; \quad \psi_i^{max}(Q) = \frac{A_i(Q)}{v_i^{min}}. \quad (8)$$

Вероятности $p_i(Q)$ определяем по формулам

$$p_i(Q) = \hat{p}_i(Q) \left[\sum_{i=1}^m \hat{p}_i(Q) \right]^{-1}, \quad (9)$$

где

$$\hat{p}_i(Q) = \int_{\psi_i^{min}(Q)}^{\psi_i^{max}(Q)} f(\psi) d\psi \quad (10)$$

и $f(\psi)$ — плотность распределения сопротивления движению [4].

Для определенности будем предполагать, что случайная величина ψ распределена по нормальному закону. Тогда вероятности $p_i(Q)$ вычисляются с помощью равенств (9), где

$$\hat{p}_i(Q) = ERF \frac{\psi_i^{max}(Q) - \bar{\psi}_i}{\sigma_i} - ERF \frac{\psi_i^{min}(Q) - \bar{\psi}_i}{\sigma_i}. \quad (11)$$

Здесь $\bar{\psi}_i$ и σ_i — соответственно среднее значение и среднее квадратичное отклонение сопротивления движению трелевочной системы на i -й передаче.

Экспериментальные исследования, проводившиеся на полигоне-волокне Онежского тракторного завода в КАССР, подтверждают, что средние $\bar{\psi}$ зависят от объема пачки, и эту зависимость необходимо принимать во внимание. С другой стороны, оказалось, что средние квадратичные отклонения σ_i допустимо считать постоянными. Таким образом, в формуле (11) необходимо полагать:

$$\bar{\psi}_i = \bar{\psi}_i(Q). \quad (12)$$

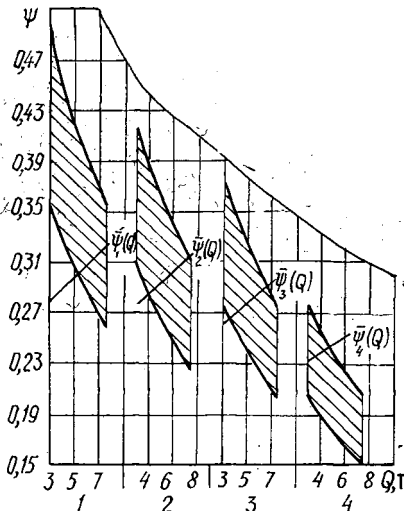


Рис. 1. Диапазоны изменения $\psi_i^{min}(Q) < \psi_i(Q) < \psi_i^{max}(Q)$ (заштрихованные области) и графики $\bar{\psi}_i(Q)$ для трактора ТДТ-55М при $\bar{\psi}_1 = 0,24$:
1-4 — номера передач

Производные $\bar{\psi}'_i(Q)$, т. е. наклоны кривых (12), а также средние квадратичные отклонения σ_i убывают с ростом i , причем отношения $\bar{\psi}'_i(Q)/\bar{\psi}$ и $\sigma_i/\bar{\psi}$ не превышают 15...18 % (рис. 1). В первом приближении можно считать, что средние значения сопротивления движению (12) представляют собой линейные функции веса Q . Таким образом, справедливы равенства:

$$\bar{\psi}_i(Q) = \alpha_i + \beta_i q; \quad q = \frac{Q - Q_1}{Q_n - Q_1}, \quad (13)$$

где Q_1 и Q_n — наименьший и наибольший вес транспортируемых пачек (параметры α_i и β_i уменьшаются с ростом i).

Функции $p_i(Q)$ и $\bar{\psi}_i(Q)$, в свою очередь, позволяют определять среднее сопротивление движению трактора $\bar{\psi}$ на конкретном волоке с учетом весов Q трелеваемых пачек деревьев. При этом среднее сопротивление $\bar{\psi}$ находим по формуле

$$\bar{\psi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i(Q_j) \bar{\psi}_i(Q_j) \quad (14)$$

в предположении, что трелевали пачки деревьев Q_1, \dots, Q_n ($Q_1 < \dots < Q_n$). Формулы (4) и (14) позволяют найти среднее значение сопротивления волочащейся части пачки $\bar{\psi}_{II}$, если известно среднее значение сопротивления движению трактора на волоке $\bar{\psi}_I$.

Зависимость $\bar{\psi}_i = \bar{\psi}_i(Q)$ и значения σ_i можно достаточно точно оценить строго теоретически, если учесть естественные требования монотонности поведения функций $\bar{\psi}_i(Q)$ и $p_i(Q)$ (по i и Q). Эти соображения позволяют показать, например, что параметры α_i , β_i и σ_i при фиксированных $\bar{\psi}_I$ должны иметь сравнительно узкие границы.

Рассчитаем вероятности $p_i(Q)$ и исследуем функцию $\eta_{ст}(Q)$ применительно к трактору типа ТДТ-55М с $G = 9$ т, $N_G = 7,5$ кВт/т, для пачек деревьев, вес которых изменяется в пределах $3,0 \leq Q \leq 7,5$ т. У рассматриваемого типа трактора имеется пять передач, но ниже будем полагать $m = 4$, так как 5-ю передачу практически при трелевке не

используют. В табл. 1 приведены значения K_{Ni} для равнинного и резко пересеченного рельефов [3], в табл. 2 — диапазоны изменения скоростей на различных передачах, параметры линейных функций (13) (здесь $q = (Q - 3/4,5)$) и средние квадратичные отклонения σ_i , полученные в результате обработки экспериментальных данных при $\bar{\psi}_I = 0,240$.

Таблица 1

| Рельеф | Значения K_{Ni} на передачах | | | |
|--------------------|--------------------------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Равнинный | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 |
| Резко пересеченный | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,75 |

Таблица 2

| i | v_i^{min} | v_i^{max} | α_i | β_i | σ_i |
|-----|-------------|-------------|------------|-----------|------------|
| 1 | 1,95 | 2,67 | 0,279 | 0,045 | 0,020 |
| 2 | 2,62 | 3,59 | 0,275 | 0,042 | 0,018 |
| 3 | 3,42 | 4,68 | 0,260 | 0,038 | 0,015 |
| 4 | 5,29 | 7,25 | 0,232 | 0,030 | 0,013 |

Таблица 3

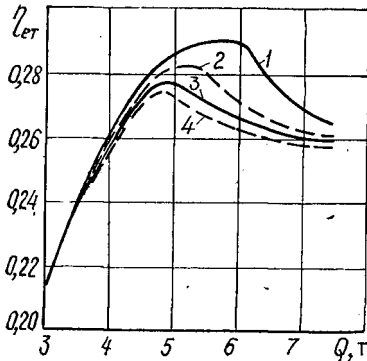


Рис. 2. Зависимости $\eta_{ет} = \eta_{ет}(Q)$ для трактора ТДТ-55М при различных сопротивлениях волока $\bar{\psi}_1$; 1 — $\bar{\psi}_1 = 0,18$; 2 — 0,20; 3 — 0,22; 4 — $\bar{\psi}_1 = 0,24$

| Q | $p_1(Q)$ | $p_2(Q)$ | $p_3(Q)$ | $p_4(Q)$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| 3 | — | — | 0,01 | 0,99 |
| 3,5 | — | — | 0,08 | 0,92 |
| 4,0 | — | 0,01 | 0,16 | 0,83 |
| 4,5 | — | 0,05 | 0,37 | 0,58 |
| 5,0 | 0,04 | 0,16 | 0,45 | 0,35 |
| 5,5 | 0,12 | 0,21 | 0,55 | 0,12 |
| 6,0 | 0,25 | 0,36 | 0,30 | 0,09 |
| 6,5 | 0,39 | 0,40 | 0,20 | 0,01 |
| 7,0 | 0,55 | 0,42 | 0,03 | — |
| 7,5 | 0,79 | 0,21 | — | — |

На рис. 1 указаны области изменения $\bar{\psi}_i(Q)$ (при $i = 1, 2, 3, 4$ и $Q = Q_j = 3,0 \dots 7,5$) для рассматриваемой модели трактора, работающего в условиях равнинного рельефа.

На основании данных табл. 2 по формулам (9), (11)—(13) рассчитываем вероятности $p_i(Q)$. Результаты вычислений вероятностей использования передач на волоке с коэффициентом сопротивления движению $\bar{\psi}_1 = 0,240$ при различной рейсовой нагрузке, приведены в табл. 3. С помощью формул (4) и (14) находим $\bar{\psi} = 0,276$ и $\Delta\bar{\psi}_{II} = 0,036$. Аналогичные результаты были получены нами при других значениях $\bar{\psi}_1$.

На рис. 2 приведены графики функции $\eta_{ет}(Q)$ при $\bar{\psi}_1 = 0,18 \dots 0,24$, рассчитанные с помощью формул (1) и (2), где вероятности $p_i(Q)$ найдены по указанной методике с коэффициентами загрузки K_{Ni} , соответствующими равнинному рельефу. Из рис. 2 видно, что, с ростом $\bar{\psi}_1$ от 0,18 до 0,24, максимум $\eta_{ет}(Q)$ достигается в точках $Q = Q_{опт}$, монотонно убывающих от 5,9 до 4,9 т.

Выводы

1. Показано, что введенный эффективный показатель трелевочного трактора $\eta_{ет}(Q)$ позволяет определять оптимальную рейсовую нагрузку $Q = Q_{опт}$ для конкретных условий эксплуатации.
2. Развитая методика расчета вероятностей использования передач дает возможность определять среднее суммарное сопротивление движению ($\bar{\psi}$) при заданных условиях эксплуатации ($\bar{\psi}_1$) и находить среднее значение сопротивления волочащейся части пачки деревьев ($\bar{\psi}_{II}$).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженность трансмиссии трелевочного трактора.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 165 с. [2]. Анисимов Г. М. Технич.-эксплуатационные показатели трелевочных тракторов // Лесн. журн.— 1979.— № 2.— С. 28—32.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Анисимов Г. М. Повышенные энергонасыщенности трелевочного трактора // Лесн. пром-сть.— 1986.— № 12.— С. 24—25. [4]. Анисимов Г. М., Перельман А. Я., Михайлов О. А. Прогнозирование времени движения трелевочной системы на отдельных передачах // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 30—33.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 630*377.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НЕСУЩИХ КАНАТОВ МНОГОПРОЛЕТНЫХ КАНАТНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н. В. МАТИИШИН

Хмельницкий технологический институт

Для предупреждения аварий на канатных дорогах от обрыва канатов последние подвергают регулярному внешнему осмотру [5]. Состояние каната оценивают по количеству обрывов проволок, и по достижении определенного предела обрывов его выбраковывают. В качестве критерия выбраковки несущих канатов канатных лесотранспортных установок принято появление пяти обрывов проволок на одной пряди [3].

Регулярный осмотр несущих канатов подвесных канатных лесотранспортных установок, работающих в горных условиях, значительно усложняется тем, что трассы установок прокладывают, как правило, через труднодоступные места и канаты находятся на значительной высоте [2]. Поэтому такие осмотры производят при демонтаже установок после окончания разработки лесосек.

В результате осмотров невозможно решить вопрос о целесообразности монтажа несущего каната на новой лесосеке, так как неизвестны его остаточные работоспособность и стоимость и, следовательно, нельзя дать гарантию, что до окончания разработки лесосеки не произойдет обрыв каната.

Остаточную работоспособность несущих канатов Q_{oi} определяют количеством древесины, которое можно перевезти по несущему канату после появления i -го обрыва проволок на пряди:

$$Q_{oi} = K_i Q_i, \quad (1)$$

где K_i — коэффициент остаточной работоспособности канатов;
 Q_i — количество древесины, которое перевезено по несущему канату до появления i -го обрыва проволок на пряди (использованная работоспособность).

Остаточную стоимость несущих канатов C_{oi} определяют по формуле

$$C_{oi} = L_i C_k, \quad (2)$$

где L_i — коэффициент остаточной стоимости;
 C_k — стоимость нового несущего каната,

$$L_i = \frac{Q_{oi}}{Q_n}, \quad (3)$$

где Q_n — количество древесины, которое можно перевезти по несущему канату с начала эксплуатации до выбраковки (полная работоспособность каната).

Определим математическую зависимость, которой связаны коэффициенты K_i и L_i из условия, что полная работоспособность каната равна сумме использованной и остаточной его работоспособности, т. е.: