

Испытания проводили в дневное время при одинаковых или близких погодных условиях, без подсыпки и с подсыпкой песка при торможении. Тормозной путь опытного состава определяли от начальной точки торможения (момента перевода ручки крана машиниста в тормозное положение) до полной остановки. Диапазон начальных скоростей составлял от 5 до 45 км/ч с интервалом 5 км/ч. Торможения выполняли в трехкратной повторности для каждой скорости. В табл. 2 приведены средние арифметические значения тормозного пути.

Таблица 2

Скорость, км/ч	Тормозной путь, м, для колодок		
	чугунных	чугунно-капроновых	чугунно-капроновых гребневых
5	2,5/2,05	5,1/3,73	1,90/1,40
10	9,1/6,82	6,8/5,91	2,05/1,55
15	11,2/10,07	11,1/10,34	8,70/7,16
20	15,9/13,75	19,0/15,13	14,10/10,34
25	25,5/25,00	27,1/22,85	20,20/16,06
30	52,2/46,12	38,1/30,23	31,10/27,92
35	64,0/57,00	50,5/43,27	46,70/36,52
40	91,0/82,00	75,1/67,03	64,20/50,03
45	118,4/107,07	92,3/80,25	88,40/71,98

Примечание. В числителе — данные для торможения без подсыпки песка, в знаменателе — с подсыпкой.

Проведенные испытания позволили оценить эксплуатационные качества опытных тормозных колодок. У тепловозов ТУ4, ТУ7 и ТУ6А износ бандажей с гребневыми чугунно-капроновыми колодками был меньше, чем с чугунными. Тормозная эффективность экспериментальных колодок оказалась выше, чем у чугунных и чугунно-капроновых обычного профиля, соответственно на 45... 50 и 10... 15 %.

Указанные преимущества обеспечивают повышение безопасности движения поездов и снижение эксплуатационных затрат на тормозное оборудование.

Поступила 4 января 1991 г.

УДК 630\*375 : 65.011.46

## УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Г. А. ИВАНОВ

Московский лесотехнический институт

Мероприятия по модернизации трелевочного трактора предполагают оценку его производительности в типичных лесозаготовительных условиях.

Цель работы — исследовать возможность повышения производительности трелевочного трактора (на примере ТБ-1М) путем изменения передаточных чисел трансмиссии и увеличения коэффициента приспособляемости двигателя.

Сменную производительность  $P_{см}$  трелевочного трактора с гидроманипулятором определяли по известной формуле

$$P_{см} = \frac{(T - t_{п.з}) \varphi W}{T_{ц}}$$

где  $T$  — время смены, с;  
 $t_{п.з}$  — время на подготовительные и заключительные работы, для тракторов с гидроманипулятором  $t_{п.з} = 3000$  с;  
 $\varphi$  — коэффициент использования рабочего времени смены,  $\varphi = 0,9$ ;  
 $W$  — средний объем пачки, м<sup>3</sup>;  
 $T_{ц}$  — продолжительность цикла, с.

В соответствии с ОСТ 23.1.88—82 для тракторов с номинальным тяговым усилием до 40 кН включительно типичным является средний запас древесины на 1 га 150 м<sup>3</sup>, средний объем хлыста 0,4 м<sup>3</sup>. Трелевочные тракторы ТБ-1М работают в районах европейской части страны, а также Урала и Западной Сибири, где на равнинных и всхолмленных площадях произрастают мелкотоварные смешанные насаждения с объемом хлыста 0,18...0,40 м<sup>3</sup> [2, 4, 5, 8].

Трелевочный трактор ТБ-1 [4] собирает пачку объемом до 8 м<sup>3</sup>, в среднем 5...6 м<sup>3</sup>. В работе [7] отмечено, что закон распределения объемов пачек для трактора ТБ-1М близок к нормальному с математическим ожиданием 5,08 м<sup>3</sup> и средним квадратичным отклонением 1,42 м<sup>3</sup>. Поэтому производительность определяли для хлыстов объемом 0,2 и 0,4 м<sup>3</sup> при объеме пачки 4...5; 5...6 и 7 м<sup>3</sup>. Из формулы видно, что мероприятия по модернизации моторно-трансмиссионной установки (МТУ) влияют, при прочих равных условиях, только на один член —  $T_{ц}$ .

Продолжительность цикла работы трелевочного трактора с гидроманипулятором находили по формуле

$$T_{ц} = T_p + T_x + T_n + T_0 + K_{п.п} t_{п.п},$$

где  $T_p, T_x$  — продолжительность рабочего и холостого хода трактора, с;  
 $T_n$  — продолжительность сбора пачки, с;  
 $T_0$  — продолжительность работы на погрузочной площадке, с;  
 $K_{п.п}$  — число переключений передач за один цикл трелевки;  
 $t_{п.п}$  — продолжительность одного переключения передач, с.

При рассматриваемой модернизации МТУ трелевочного трактора в цикле изменяется только продолжительность рабочего и холостого ходов  $T_{p(x)}$ , с, которую определяют по формуле

$$T_{p(x)} = S/v_{ср},$$

где  $S$  — среднее расстояние трелевки, м,

$$S = S_n + S_m.$$

Здесь  $S_n$  — средняя длина пасечного волока, м;  
 $S_m$  — средняя длина магистрального волока, м.

На лесозаготовках среднее расстояние трелевки в зависимости от схемы и типа уса лесовозной дороги колеблется от 150 до 300 м [8]. Из [4] известно, что для любой схемы разработки делянок оно находится в пределах 200...400 м. При дифференцированном же его определении для гусеничных тракторов расстояние транспортирования по магистральному волоку составляет 50...250 м, по пасечному 50 м [5]. Поэтому производительность определяли при средних расстояниях трелевки 100, 200 и 300 м.

Согласно методике [5] скорость линейно зависит от коэффициента приспособляемости двигателя  $K_m$ . При одном значении  $K_m$  могут быть реализованы различные законы разбивки ряда передач, следовательно, и различные скорости, которые в конечном итоге влияют на производительность. В связи с этим методика [5] для определения скорости непригодна.

Рассмотрим другой подход, связанный с использованием вероятностных зависимостей. Суть предлагаемого метода сводится к следующему. Для анализируемой разбивки ряда передач строят график зависимости между моментом на карданном валу  $M_{к.в}$  (рис. 1) или касательной силой тяги  $P_k$  (рис. 2) трактора на каждой из передач с частотой (вероятностью) их распределения  $\hat{f}(M_{к.в})$  или  $\hat{f}(P_k)$ . Значения частоты (вероятности) распределения взяты из [1]. Тогда при известной величине пачки по таблицам функции Лапласа находят вероятность движения трактора на конкретной передаче.

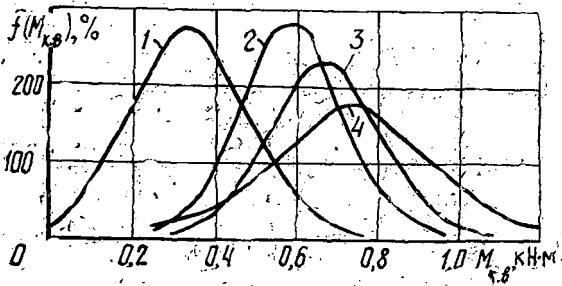


Рис. 1. Распределение крутящего момента, на карданном валу: 1 — холостой ход; 2, 3, 4 — грузовой ход при объеме пачки хлыстов соответственно 4-5, 5-6 и 7 м<sup>3</sup>.

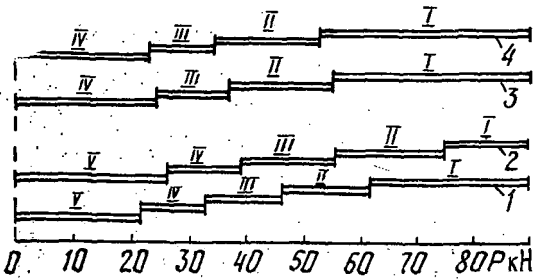


Рис. 2. Распределение касательной силы тяги на разных передачах: 1 — серийная коробка перемены передач,  $K_M = 1,15$ ; 2 — то же;  $K_M = 1,4$ ; 3 — модернизированная коробка перемены передач,  $K_M = 1,4$ ; 4 — то же,  $K_M = 1,5$ . Римскими цифрами показаны номера передач

Среднюю скорость движения рабочего, или холостого хода в силу независимости событий (работу трактора на  $k$ -й передаче) определяют по формуле

$$v_{\text{ср}} = \sum_{k=1}^m P(v_k) v_k^{\text{ср}},$$

где  $P(v_k)$  — вероятность движения трактора со скоростью  $v_k^{\text{ср}}$ ;  
 $m$  — число рабочих передач;  
 $v_k^{\text{ср}}$  — средняя скорость на  $k$ -й передаче, м · с<sup>-1</sup>.

Средняя скорость на  $k$ -й передаче

$$v_k^{\text{ср}} = \frac{\omega_k^{\text{ср}} r_{\text{в.к}}}{i_k},$$

где  $\omega_k^{\text{ср}}$  — средняя угловая скорость вращения вала двигателя на  $k$ -й передаче, с<sup>-1</sup>;  
 $r_{\text{в.к}}$  — радиус ведущего колеса, м;  
 $i_k$  — передаточное число  $k$ -й передачи.

Средняя угловая скорость вращения вала двигателя на  $k$ -й передаче

$$\omega_k^{\text{ср}} = \frac{10^3 P_{\text{ср}}}{M_{\text{дв}}^{\text{ср}}},$$

где  $P_{\text{ср}}, M_{\text{дв}}^{\text{ср}}$  — средняя мощность, кВт, и средний момент двигателя, Н · м, на  $k$ -й передаче.

Средний момент двигателя на  $k$ -й передаче

$$M_{\text{дв}}^{\text{ср}} = \frac{P_k^{\text{min}} + P_k^{\text{max}}}{2i_k \gamma_{\text{мг}}} r_{\text{в.к}},$$

где  $P_k^{\text{min}}, P_k^{\text{max}}$  — минимальная и максимальная касательная сила тяги на  $k$ -й передаче;

$\gamma_{\text{мг}}$  — механический КПД трактора, для ТБ-1М  $\gamma_{\text{мг}} = 0,885$ .

При работе двигателя с регулятором, когда  $M_{\text{дв}}^{\text{ср}}$  меньше номинального момента двигателя  $M_n$ , Н · м, на  $k$ -й передаче и известен коэффициент крутизны скоростной характеристики двигателя  $K_{\text{ж}}$ , удобнее пользоваться формулой

$$\omega_k^{\text{ср}} = \omega_{\text{х.х}} - M_{\text{дв}}^{\text{ср}}/K_{\text{ж}},$$

где  $\omega_{\text{х.х}}$  — угловая скорость холостого хода двигателя,  $\text{с}^{-1}$ .

По уточненной методике определяли сменную производительность трелевочного трактора ТБ-1М с различными вариантами коробки перемены передач (передаточные числа главной и бортовой передач в расчетах принимали, как у трактора ТБ-1М, равными 3,917 и 5,417 соответственно) и коэффициентами приспособляемости двигателя  $K_m$  в разных производственных условиях. Результаты расчета сведены в таблицу (в числителе — данные при объеме хлыста 0,2 м<sup>3</sup>; в знаменателе — 0,4 м<sup>3</sup>).

Для базового варианта при использовании серийной коробки передач средняя загрузка двигателя возрастала пропорционально увеличению  $K_m$  от 1,15 до 1,4, т. е. в 1,217 раза. При анализе, если не оговорено специально, рассматривается расстояние трелевки 300 м, объем пачки 5...6 м<sup>3</sup>, объем хлыста 0,4 м<sup>3</sup>.

Анализ данных таблицы показал, что увеличение коэффициента приспособляемости двигателя способствует повышению сменной производительности трелевочного трактора. Это объясняется тем, что на каждом шаге увеличения  $K_m$  внешняя скоростная характеристика двигателя по мощности приобретает все более пологий вид и площадь криволинейной фигуры, в пределах угловой скорости вала двигателя от  $\omega_{\text{min}}$  до  $\omega_{\text{ном}}$  и ординат от внешней характеристики до мощности, равной номинальной  $\pm 3\%$ , становится все меньше [двигатель постоянной мощности (ДПМ) имеет высокое значение коэффициента приспособляемости и мощность, равную номинальной  $\pm 3\%$  в интервале угловой скорости  $\omega_{\text{min}} - \omega_{\text{ном}}$ ]. В свою очередь, чем меньше площадь этой фигуры, тем в большей мере двигатель осуществляет бесступенчатое автоматическое регулирование крутящего момента.

Производительность трактора с ДПМ и модернизированной трансмиссией меньше зависит от расстояния трелевки. Максимальный эффект от установки ДПМ достигается при одновременном изменении передаточных чисел коробки перемены передач. Это подтверждают и работы [3, 6, 7].

Сравнение различных видов технологии трелевки древесины указывает на существенное (45%) преимущество работы трелевочного трактора с валочной машиной. Это связано с уменьшением более чем в 2 раза затрат времени на сбор пачки по сравнению с ручной валкой.

Увеличение объема пачки от 4-5 до 7 м<sup>3</sup> положительно сказывается на сменной производительности. Так, для серийного трактора и расстояния трелевки 100 м при ручной валке производительность возрастает на 3,9%, при машинной — на 11,0%; для модернизированного трак-

Способ валки	Вариант коробки передач	K <sub>м</sub>	S, м	Сменная производительность, м <sup>3</sup> , при объеме пачки, м <sup>3</sup>			
				4-5	5-6	7	
Бензопилой	Серийная	1,15	100	<u>69,97</u> 106,30	<u>71,30</u> 109,10	<u>73,06</u> 110,60	
			200	<u>64,32</u> 93,76	<u>66,04</u> 97,30	<u>68,54</u> 100,60	
			300	<u>59,50</u> 83,90	<u>61,50</u> 87,80	<u>64,50</u> 92,20	
		1,4	100	<u>70,62</u> 107,80	<u>71,87</u> 110,50	<u>73,50</u> 111,70	
			200	<u>65,35</u> 95,97	<u>67,02</u> 99,45	<u>69,25</u> 102,15	
			300	<u>60,80</u> 86,48	<u>62,80</u> 90,40	<u>65,46</u> 94,12	
		Модерни- зирова- н	1,4	100	<u>70,84</u> 108,31	<u>72,00</u> 110,80	<u>73,64</u> 112,00
				200	<u>65,72</u> 96,78	<u>67,24</u> 99,99	<u>69,50</u> 102,68
				300	<u>61,30</u> 87,48	<u>63,10</u> 91,00	<u>65,80</u> 94,80
	1,5	100	<u>70,94</u> 108,54	<u>72,15</u> 111,17	<u>73,72</u> 112,20		
		200	<u>65,90</u> 97,14	<u>67,50</u> 100,50	<u>69,64</u> 103,00		
		300	<u>61,50</u> 87,90	<u>63,44</u> 91,80	<u>66,00</u> 95,20		
	ВГМ	Серийная	1,15	100	<u>114,90</u> 169,20	<u>118,50</u> 177,10	<u>123,70</u> 187,90
				200	<u>100,40</u> 139,50	<u>104,70</u> 148,00	<u>111,20</u> 160,60
				300	<u>90,00</u> 120,20	<u>93,80</u> 127,10	<u>101,00</u> 140,20
			1,4	100	<u>116,70</u> 173,05	<u>120,21</u> 180,92	<u>124,93</u> 190,82
				200	<u>102,94</u> 144,46	<u>107,25</u> 153,07	<u>113,13</u> 164,58
				300	<u>92,10</u> 124,00	<u>96,80</u> 132,64	<u>103,36</u> 144,68
Модерни- зирова- ная			1,4	100	<u>117,30</u> 174,40	<u>120,57</u> 181,74	<u>125,33</u> 191,74
				200	<u>103,90</u> 146,32	<u>107,81</u> 154,23	<u>113,78</u> 161,00
				300	<u>93,24</u> 126,04	<u>97,50</u> 134,00	<u>104,20</u> 146,33
1,5		100	<u>117,55</u> 175,00	<u>121,00</u> 182,73	<u>125,57</u> 192,30		
		200	<u>104,30</u> 147,13	<u>108,50</u> 155,67	<u>114,20</u> 166,80		
		300	<u>93,73</u> 126,95	<u>98,36</u> 135,60	<u>104,70</u> 147,27		

тора при  $K_m = 1,5$  — соответственно 3,4 и 9,9 %. При трелевке на 300 м это увеличение составляет 9,9 и 16,6 % для серийного трактора, 8,3 и 16,0 % для трактора с ДПМ. Эти данные свидетельствуют о преимуществе тракторов с ДПМ и модернизированной трансмиссией, которые менее чувствительны к изменениям производственных условий.

Увеличение объема хлыста от 0,2 до 0,4 м<sup>3</sup> обеспечивает рост сменной производительности, сопоставимый с изменением способа валки. При ручной валке производительность серийного трактора возрастает на 42,8 %, при машинной на 35,5 %; трактора с ДПМ при  $K_m = 1,5$  — на 44,7 и 37,8 % соответственно. Это различие связано с временем на отдельные операции. Так как время трелевки и холостого хода в общем цикле меньше времени сбора пачки, а у трактора с ДПМ меньше, чем у серийного, то эффективность первого растет интенсивнее с увеличением объема хлыста.

Установка ДПМ с  $K_m = 1,4$  при трелевке пачек объемом 5,5... 7,0 м<sup>3</sup> обеспечивает увеличение средней скорости грузового хода трактора на 10... 12 %, с  $K_m = 1,5$  — на 10,7... 14,7 %.

В качестве альтернативы ДПМ рассмотрена модернизация трелевочного трактора, связанная с форсированием номинальной мощности его двигателя, в предположении, что рабочий диапазон тяговых усилий сохраняется, как у серийного трактора, трансмиссия остается без изменений,  $K_m = 1,15$ . Потребную номинальную мощность двигателя, обеспечивающую такую же сменную производительность, как и трактор с ДПМ, вычисляли методом прямого перебора. Расчеты показали, что трактор с ДПМ мощностью 70 кВт, коэффициентом приспособляемости двигателя 1,4 и модернизированной трансмиссией обеспечивает такую же сменную производительность, что и серийный трактор при номинальной мощности двигателя 81,3 кВт, т. е. на 16,15 % больше. При работе трактора с ДПМ мощностью 70 кВт и модернизированной трансмиссией, но при  $K_m = 1,5$  для получения такого же результата потребуется мощность двигателя уже 84,6 кВт, т. е. на 21 % больше, чем у ДПМ.

Таким образом, уточненная методика расчета сменной производительности трелевочного трактора с использованием вероятностных зависимостей позволяет наиболее полно отразить, что использование ДПМ при одновременном изменении передаточных чисел в трансмиссии способствует максимальному росту сменной производительности при работе трелевочного трактора ТБ-1М в составе разных систем машин в различных производственных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анисимов Г. М. Условия эксплуатации и нагруженности трансмиссии трелевочного трактора. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 216 с. [2]. Егоров Л. И., Брейгер В. С. К обоснованию рейсовой нагрузки трелевочного трактора при работе с валочно-пакетирующей машиной // Проблемы исследования базовых промышленных тракторов. — Химки, 1977. — С. 17—23. — (Тр. / ЦНИИМЭ). [3]. Ивацов Г. А. Повышение технического уровня трелевочного трактора // Лесн. пром-сть. — 1987. — № 9. — С. 28—29. [4]. Крашенинников Е. М. Тракторы и автомобили для лесной промышленности и лесного хозяйства. — Петрозаводск: Карелия, 1977. — 128 с. [5]. Методика расчета технической производительности трелевочных тракторов. Отраслевая методика / ЧФ НАТИ. — М., 1983. — 40 с. [6]. Михайлов О. А. Улучшение тяговоскоростных свойств трелевочного трактора и снижение энергозатрат для трелевки путем увеличения приспособляемости дизеля: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1986. — 20 с. [7]. Швед А. И., Иватулин М. Т. Исследование влияния коэффициента запаса крутящего момента двигателя на производительность лесопромышленного трактора // Вопросы применения на тракторах двигателей постоянной мощности. — М., 1982. — С. 49—54. — (Тр. / НАТИ). [8]. Шелгунов Ю. В., Кутуков Г. М., Ильин Г. П. Машины и оборудование лесозаготовок лесосплава и лесного хозяйства. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 520 с.

Поступила 11 марта 1991 г.

УДК 621.86.063.2.001.24

**ИЗМЕНЕНИЕ МАССЫ НА КРЮКЕ КРАНА-ЛЕСОПОГРУЗЧИКА  
БАШЕННОГО ТИПА ПРИ ВЫГРУЗКЕ  
КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ГРЕЙФЕРА НА ВЕСУ**

*З. Д. ВТЮРИНА*

Архангельский лесотехнический институт

Техническая возможность выгрузки круглых лесоматериалов из грейфера на весу тесно связана с влиянием этого процесса на устойчивость лесопогрузчика. Одним из основных факторов устойчивости является закономерность изменения массы груза на крюке.

Продолжительность выгрузки бревен из грейфера на весу  $t_n$  складывается из времени от начала раскрытия челюстей до момента начала выгрузки бревен  $t_n$  и времени от выгрузки первого бревна до полного освобождения грейфера  $t_b$ .

Масса на крюке лесопогрузчика  $m_k$  при выгрузке бревен изменяется от  $m_0 + m_r$  до  $m_r$  (где  $m_0$  — масса бревен,  $m_r$  — масса грейфера).

Установим зависимость изменения массы на крюке лесопогрузчика от времени выгрузки. Если при постоянном сечении отверстия грузозахватного органа масса сыпучих материалов уменьшается равномерно от  $m_0$  до нуля в течение времени  $t_b$ , то в любой момент  $t$  оставшаяся на крюке масса  $m_k$  может быть выражена по формуле

$$m_k = m_0 (1 - t/t_b) + m_r.$$

Продолжительность выгрузки при непрерывном раскрытии грейфера, очевидно, зависит от диаметра выгружаемых бревен. С его увеличением время от начала раскрытия грейфера до начала выгрузки возрастает, а продолжительность самого процесса опорожнения грейфера уменьшается, так как при той же массе бревен выгрузка происходит при большем раскрытии челюстей и, следовательно, с большей интенсивностью. Увеличение интенсивности выгрузки с ростом диаметра бревен выражается через показатель степени 2 —  $d_c/D$ . Справедливость этого утверждения докажем сравнением теоретических и экспериментальных данных. Массу бревен в грейфере  $m_0$  в любой момент времени  $t \geq t_n$  можно определить по формуле

$$m_0 = m_{0.0} \left[ 1 - \left( \frac{t - t_n}{t_b} \right)^{2 - d_c/D} \right],$$

где  $m_{0.0}$  — масса бревен в грейфере до начала выгрузки;

$D$  — диаметр грейфера (внутренний при сомкнутых челюстях);  
 $d_c$  — условный диаметр бревна в коре,  $d_c = d_{c.0} + \Delta d$   
 ( $d_{c.0}$  — диаметр бревна без коры посередине длины;  $\Delta d$  — увеличение диаметра, учитывающее толщину коры и кривизну). Согласно ГОСТ 9463—88 для круглых хвойных лесоматериалов длиной 6 м приближенно можно принять  $d_c = d_b + 5$  см (где  $d_b$  — диаметр бревна в верхнем отрезе).

С учетом постоянной массы грейфера уравнение для массы на крюке лесопогрузчика в любой момент времени  $t \geq t_n$  принимает вид