

В.А. Грязин

Марийский государственный технический университет

Грязин Владимир Альбертович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Марийский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин МарГТУ. Имеет около 50 печатных работ по оценке эффективности специальных лесных машин и оборудования, определению энергетических показателей их работы.

E-mail: gryazin.vladimir@rambler.ru



ЭНЕРГОЕМКОСТЬ КАК ФАКТОР ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН

Приведены результаты определения энергоемкости 1 м³ древесины, трелеваемой валочно-трелевочными машинами. Полученные данные характеризуют эффективность формирования комплекса лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: лесозаготовки, валочно-трелевочные машины, энергоемкость, производительность.

Современный процесс лесозаготовок ведется, как правило, с применением комплексов механизированной техники, обеспечивающей наивысшую производительность. В нашей стране на лесозаготовках традиционно применяют валочно-трелевочные машины (ВТМ), простые по конструкции, надежные в эксплуатации и имеющие достаточно низкую стоимость. ВТМ – многооперационная машина, выполняющая валку деревьев, их сбор и формирование в пачку в пакетоформирующем устройстве (ПФУ), трелевку на погрузочный пункт и при необходимости выравнивание комлей.

При формировании оптимального комплекса лесозаготовительных машин основополагающим фактором их производительности является энергоемкость работы ВТМ. Конструктивные и эксплуатационные параметры, оказывающие наибольшее влияние на энергоемкость лесозаготовок с применением ВТМ, можно определить по сменной производительности ($P_{см}$, м³) с учетом производственных факторов и технологических параметров [3]:

$$P_{см} = \frac{(T_{см} - t_{п.з.})\varphi_1 V_{п.}}{Q_{га} b v_{дв} + (t_2 + \frac{V_x}{f\varphi_2 P_{пил}(H-1,3)} + t_4 + t_5) \frac{V_{п.}}{V_x} + \frac{S}{v_r} + \frac{S}{v_x} + t_6},$$

- где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, с;
 $t_{п.з.}$ – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;
 φ_1 – коэффициент использования рабочего времени;
 $V_{п.}$ – объем формируемой пачки деревьев, м³;
 V_x – средний объем хлыста, м³;
 $Q_{га}$ – эксплуатационный запас древесины на 1 га, м³;
 b – ширина полосы леса, разрабатываемой ВТМ за один проход, м;
 $v_{дв}$ – средняя скорость движения ВТМ, м/с;

- t_2 – время на подготовку дерева к спиливанию, с;
 f – видовое число ствола;
 φ_2 – коэффициент использования срезающего механизма ВТМ;
 $\Pi_{\text{пил}}$ – производительность чистого пиления срезающего механизма ВТМ, м²/с;
 H – средняя высота дерева в насаждении, м;
 t_4 – время на сталкивание спиленного дерева, с;
 t_5 – время на укладку спиленного дерева в ПФУ машины или на землю, с;
 S – среднее расстояние трелевки, м;
 v_r, v_x – средняя скорость движения ВТМ соответственно с грузом и без груза (холостой ход), м/с;
 t_6 – время на сброску пачки с машины на погрузочном пункте, с.
 При поперечном пилении круглого леса [4]:

$$\Pi_{\text{пил}} = \frac{\pi d^2}{4t} = Hu = \frac{N_p}{kb_{\text{п}}},$$

где t – время пропила, с;

H – средняя высота пропила, $H \approx 0,8d$, м;

u – скорость подачи, м/с;

N_p – мощность, необходимая на пиление, Вт;

k – удельная работа резания, Дж/м³;

$b_{\text{п}}$ – ширина пропила, м.

Скорости движения ВТМ (км/ч) с грузом и без груза:

$$v_r = \frac{3600N_e \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{г}}}{P_{\text{к}}(\text{гр})};$$

$$v_x = \frac{3600N_e \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{г}}}{P_{\text{к}}(\text{х.х})},$$

где N_e – мощность двигателя, кВт;

$\eta_{\text{тр}}, \eta_{\text{г}}$ – КПД трансмиссии и гусеничного движителя;

$P_{\text{к}}(\text{гр}), P_{\text{к}}(\text{х.х})$ – касательная сила тяги с грузом и без груза (холостой ход), Н.

Касательная сила тяги с грузом и без груза [2]:

$$P_{\text{к}}(\text{гр}) = (G_{\text{тр}} + G_{\text{п}}K)(f_1 + i) + G_{\text{п}}(K - 1)(f_2 + i)$$

или

$$P_{\text{к}}(\text{гр}) = G_{\text{тр}}(f_1 \cos a + \sin a) + V_{\text{п}} \gamma g K f_1 \cos a + V_{\text{п}} \gamma g (K - 1)(f_2 \cos a + \sin a);$$

$$P_{\text{к}}(\text{х.х}) = G_{\text{тр}}(f_1 + i) = G_{\text{тр}}(f_1 \cos a + \sin a),$$

где $G_{\text{тр}}$ – вес ВТМ, Н;

$G_{\text{п}}$ – вес формируемой пачки древесины, Н;

K – коэффициент распределения веса трелеваемой пачки;

f_1, f_2 – коэффициенты сопротивления движению и перемещению пачки;

i – уклон, ‰;

a – угол уклона волока, град;

γ – плотность древесины, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Энергонасыщенность ВТМ (\mathcal{E}_H , Вт/ч), характеризующая удельную мощность силовой установки, определяется как

$$\mathcal{E}_H = N_e / G_{\text{тр}}.$$

Эффективность затрат на трелевку 1 м³ заготовленной древесины можно оценить по значению показателя энергоёмкости (\mathcal{E} , кВт·ч/м³):

$$\mathcal{E} = \frac{N_e}{P_{\text{см}}} T_{\text{см}} / 3600.$$

Для расчетов приняты следующие показатели: $T_{\text{см}} = 28\,800$ с (8 ч); $Q_{\text{га}} = 200$ м³; $v_{\text{дв}} = 1,8$ км/ч; $t_{\text{п.з}} = 2500$ с; $\varphi_1 = 0,75$; $V_x = 0,15$ м³; $\eta_{\text{тр}} = 0,85$; $\eta_{\text{г}} = 0,95$; $f_1 = 0,1$; $f_2 = 0,3$; $\varphi_2 = 0,7$; $H = 20$ м; $b = 4$ м; $t_2 = 20$ с; $t_4 = 9$ с; $t_5 = 20$ с; $t_6 = 60$ с; $K = 0,65$; $S = 300$ м; $\gamma = 830$ кг/м³; $b_{\text{п}} = 0,01$ м.

Технические характеристики валочно-трелевочных машин представлены в таблице [2].

Тип и марка ВТМ	База	N_e , кВт	$v_{\text{дв}}$, км/ч	L^* , м		$G_{\text{тр}}$, т	$V_{\text{п}}$, м ³
				max	min		
ЛП-17А	ТБ-1М	73,6	0,7...2,9	5	2,30	13,00	–
ЛП-49	ТТ-4	81,0	0,2...2,8	5	2,00	17,30	6...8
ВМ-4Б	«	95,5	0,6...2,8	–	–	18,35	–
ЛП-58	«	95,5	0,6...2,8	5	2,00	18,50	6,5
ЛП-58А	«	95,5	0,6...2,8	8	2,25	19,40	6,5
МЛ-65	Т-150К	121,1	0,6...8,6	5	2,00	16,50	5,0

* Вылет стрелы манипулятора.

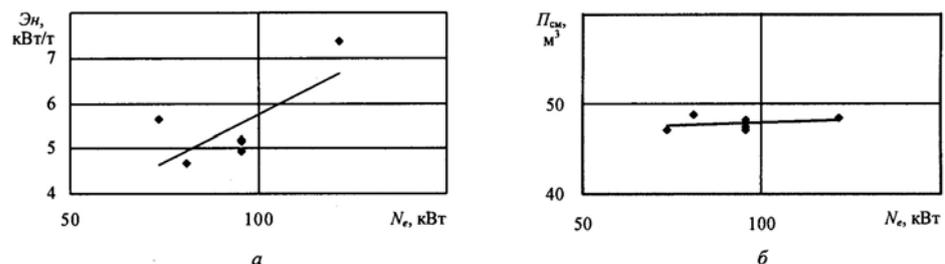


Рис. 1. Зависимость энергонасыщенности ВТМ (а) и сменной производительности (б) от мощности двигателя

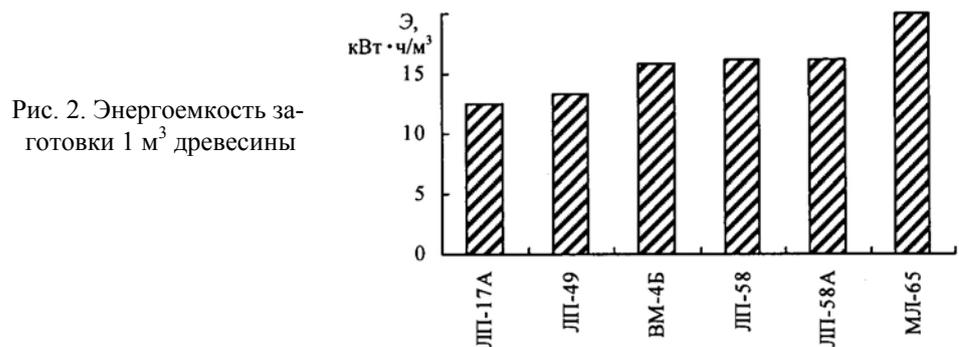


Рис. 2. Энергоёмкость заготовки 1 м³ древесины

Изменение энергонасыщенности ВТМ от мощности двигателя представлено на рис. 1, *a*. Ее значение прямо пропорционально мощности двигателя, что указывает на относительное уменьшение веса исследуемой валочно-трелевочной техники. Сменная производительность ВТМ практически не зависит от мощности двигателя (рис. 1, *б*), что связано с незначительным изменением рабочих скоростей движения. Таким образом, как показывают проведенные исследования [1], при небольшом росте сменной производительности повышение мощности двигателя приводит к улучшению плавности работы ВТМ, снижению числа переключений передач и, как следствие, повышению надежности трансмиссии.

Энергоемкость заготовки 1 м³ древесины исследуемыми ВТМ представлена на гистограмме (рис. 2). Как видим, для заданных условий менее затратной является заготовка ЛП-17А (энергоемкость 12,49 кВт·ч/м³). В свою очередь, МЛ-65, обладающая большими производительностью (на 5 %) и энергонасыщенностью (на 30 %), имеет наивысшую среди рассматриваемых ВТМ энергоемкость 20,04 кВт·ч/м³.

Зависимости энергоемкости от объема пачки и энергонасыщенности ВТМ представлены на рис. 3.

При использовании ВТМ на лесозаготовках с недостаточной по условиям эффективности работы плотностью древостоя уменьшается объем трелеваемой пачки и, как следствие, производительность машины в целом.

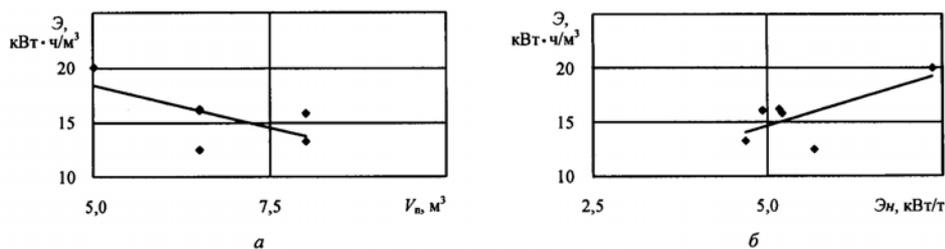


Рис. 3. Зависимость энергоемкости заготовки 1 м³ древесины от объема трелеваемой пачки (*a*) и энергонасыщенности ВТМ (*б*)

Увеличение мощности двигателя в целях повышения скоростей движения и силы тяги в заданных условиях оказывается неэффективным.

Результаты обработки данных подтверждают предположение, что в современных условиях использование ВТМ с большой энергонасыщенностью приводит к увеличению затрат энергии, а следовательно, и стоимости заготовки 1 м³ древесины. Дальнейшие исследования необходимо вести с учетом критерия энергоемкости, обобщающего все производственные затраты, отнесенные к единице продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров, В.А.* Механизация лесосечных работ в России [Текст] / В.А. Александров. – СПб.: СПбЛТА, 2000. – 208 с.
2. Лесные машины [Текст]: методич. указания к выполнению курсовой работы для студентов всех специальностей / А.И. Павлов, В.А. Грязин; сост. В.А. Грязин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 64 с.
3. *Матвейко, А.П.* Технология и оборудование лесозаготовительного производства [Текст]: учеб. / А.П. Матвейко. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 447 с.
4. *Ширнин, Ю.А.* Технология и оборудование лесопромышленных производств. Ч. 1. Лесосечные работы [Текст]: учеб. пособие / Ю.А. Ширнин. – М.: МГУЛ, 2004. – 446 с.

Поступила 21.11.07

V.A. Gryazin
Mari State Technical University

Energy Intensity as Factor of Felling-Skidding Machine Productivity

The results of determining the energy intensity of 1 m³ of timber hauled by felling-skidding machines are provided. The data received characterize the efficiency of forest-harvesting complex formation.

Keywords: forest harvesting, energy intensity, productivity, felling-skidding machines.
