

УДК 630*36: 630*5

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



ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ ТРАКТОРАМИ С ЧОКЕРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Приведены результаты определения энергоемкости трелевки 1 м³ древесины тракторами с чокерным оборудованием. Получены регрессионные зависимости, выполнено ранжирование исследуемых факторов.

Ключевые слова: лесозаготовки, природные условия, машины, оборудование, трелевка, энергоемкость, моделирование.

Большинство технологических процессов, связанных с заготовкой леса в России, осуществляют, применяя системы машин, созданных для предприятий со значительными объемами переработки. При этом за основной показатель работы принимали производительность труда. Изменившаяся качественная и количественная характеристика лесов вызвала необходимость расширять обрабатываемые площади, сменять состав системы машин, существующую технологию лесозаготовок, учитывать их влияние на окружающую среду. Одним из обобщающих показателей становится энергоемкость производства продукции.

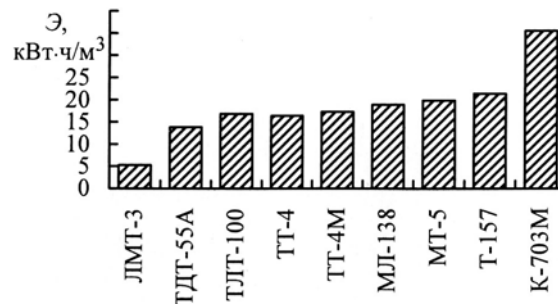
Активное внедрение сложных машин и их систем с применением трелевки требует дополнительно проанализировать эффективность лесозаготовок при варьировании природных факторов. Это позволяет определить условия, при которых энергоемкость лесозаготовительных операций минимальна. Данная задача решается с использованием принципов совместимости назначения (цели) системы со средой функционирования (окружением), а также отображения назначения техническими функциями системы и рассмотрения их совместно со структурой системы в целом [3].

Исходя из цели исследования, трелевку можно представить в виде системы «черный ящик» [1], а математическую модель влияния факторов на цикл и значение энергоемкости трелевки 1 м³ древесины (Э) описать уравнением

$$\text{Э} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n),$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – факторы, характеризующие природные условия;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – параметры трелевочного трактора.

Рис. 1. Энергоемкость трелевки 1 м³ древесины

При такой формализации процесса трелевки, независимо от его внутренней структуры (компоновка машин, особенности рабочего процесса, организационные вопросы и пр.) для определения выходного показателя достаточно знать входные параметры. Учтены средний объем хлыста, рейсовая нагрузка, расстояние трелевки, уклон волока, характеристика грунта; для трелевочного трактора – мощность двигателя, КПД ходовой части, грузоподъемность, вес.

Исследована работа следующих трелевочных машин с чокерным оборудованием: ТТ-4, ТТ-4М, ТЛТ-100, ТДТ-55А, К-703М, ЛМТ-3, МЛ-138, МТ-5 и Т-157К. Для определения зависимости энергоемкости от природно-производственных факторов разработана методика исследований с использованием теории планирования многофакторного эксперимента. В качестве исходных данных для анализа приняты: КПД трансмиссии $\eta_{тр} = 0,85$ и гусеничного движителя $\eta_{г} = 0,95$; среднее расстояние подачи собирающего каната $l = 30$ м; коэффициент распределения веса трелеваемой пачки $K = 0,65$; один чокеровщик; плотность древесины $\rho = 830$ кг/м³.

При прочих равных условиях (средний объем хлыста $V_{ср} = 0,15$ м³, расстояние трелевки $S = 300$ м) распределение энергоемкости трелевки 1 м³ древесины для исследуемых тракторов представлено на рис. 1. Наименее затратной оказалась трелевка малогабаритным трактором ЛМТ-3 (энергоемкость 5,3 кВт·ч/м³), который обладает минимальным показателем энергонасыщенности 5,5 кВт/т. Обладая колесной базой и невысокой производительностью, ЛМТ-3 не получил широкого распространения на лесозаготовках, поэтому в дальнейшем в качестве объекта исследования были приняты наиболее распространенные гусеничный трактор ТТ-4М и колесный К-703М.

Согласно зависимостям сменной производительности трелевочных тракторов [2] имеем

$$\mathcal{E}_i = N_{ei} T_{см} / \frac{(T_{см} - t_{п.з}) \varphi_1 Q_i}{\frac{dS}{v_r} + \frac{dS}{v_x} + t_{п.и} + t_{о.и}}; \quad (1)$$

$$N_{ei} = \frac{P_{к.и} v_i}{3600 \eta_{тр} \eta_{г}};$$

$$P_{к.и} = (G_{тр.и} + g\rho K Q_i) df_1 \cos \alpha + g\rho(1 - K) Q_i df_2 \cos \alpha + (G_{тр.и} + g\rho Q_i) \sin \alpha,$$

где \mathcal{E}_i – энергоемкость i -го трактора;
 N_{ei} – мощность ДВС i -го трактора;
 $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены;
 $t_{п.з}$ – время на подготовительно-заключительные операции;
 ϕ_1 – коэффициент использования рабочего времени;
 Q_i – объем трелюемой пачки;
 $t_{пр_i}$ – время на чокерровку деревьев (хлыстов) и формирование пачки;
 t_{o_i} – время на отцепку пачки и чокеров на погрузочном пункте, выравнивание комлей;
 v_g, v_x – скорость движения с грузом и без груза (холостой ход);
 P_{ki} – касательная сила тяги i -го трактора;
 v_i – скорость перемещения по волоку;
 $G_{тр_i}$ – вес i -го трактора;
 ρ – плотность древесины, кг/м³;
 f_1, f_2 – коэффициент сопротивления движению и перемещению пачки;
 α – угол уклона волока.

Энергоемкость трелевки 1 м³ древесины меняется незначительно от коэффициента сопротивления как движению трактора f_1 (на 1,1...1,6 %), так и перемещению волочащейся части пачки f_2 (на 0,15...0,30 %). Несколько большее влияние (на 1,9...2,0 %) оказывают угол уклона волока α и среднее расстояние трелевки S (на 1,6...1,7 %).

В общем виде зависимость энергоемкости трелевки 1 м³ древесины от перечисленных выше параметров с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9998...1,0000$ можно представить уравнением регрессии

$$\mathcal{E}_i = ax_i + b, \quad (2)$$

где x_i – параметр процесса;

a, b – регрессионные коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1

Тип и марка машины	Значения регрессионных коэффициентов для параметров трелевки							
	f_1		f_2		i		S	
	a	b	a	b	a	b	a	b
ЛМТ-3	1,816	5,13	0,103	5,28	0,065	4,91	0,0018	4,75
ТДТ-55А	1,408	13,62	0,109	13,73	0,051	13,45	0,0015	13,32
ТЛТ-100	1,370	16,61	0,109	16,71	0,050	16,44	0,0014	16,32
ТТ-4	0,901	16,26	0,109	16,32	0,034	16,14	0,0010	16,05
ТТ-4М	0,902	17,17	0,109	17,22	0,034	17,05	0,0010	16,95
МЛ-138	1,238	18,78	0,109	18,87	0,046	18,62	0,0013	18,51
МТ-5	0,879	19,73	0,109	19,79	0,033	19,61	0,0010	19,52
Т-157	1,437	21,24	0,104	21,36	0,053	21,07	0,0015	20,94
К-703М	1,924	35,41	0,104	35,57	0,069	35,18	0,0019	35,02

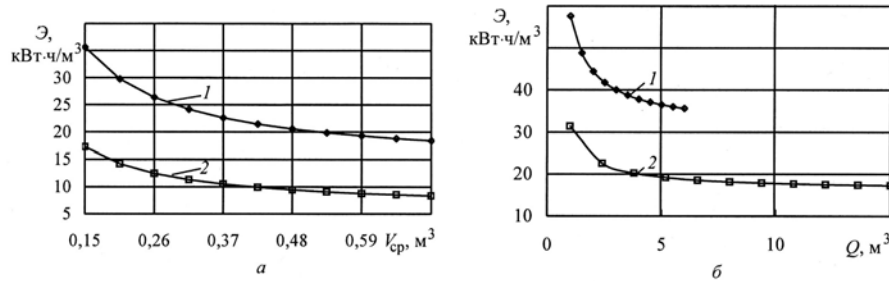


Рис. 2. Зависимость энергоёмкости трелёвки 1 м³ древесины от среднего объема хлыста (а) и объема пачки (б): 1 – К-703 М; 2 – ТТ-4М

Таблица 2

Тип и марка машины	Значения регрессионных коэффициентов для параметров трелёвки						
	V_{cp}		Q				
	c	d	e	f	g	h	m
ЛМТ-3	5,271	0,1688	0,0007	0,0256	0,3482	2,0217	7,937
ТДТ-55А	13,801	0,2746	0,0580	0,9858	6,2417	18,1130	35,609
ТЛТ-100	16,025	0,2887	0,0030	0,1158	1,5751	9,1449	36,160
ТТ-4	16,457	0,2995	0,0700	1,1907	7,5391	21,8780	43,623
ТТ-4М	17,395	0,3107	0,0033	0,1263	1,7182	9,9753	39,314
МЛ-138	19,031	0,3036	0,0879	1,4951	9,4669	27,4720	53,418
МТ-5	19,987	0,3133	0,0037	0,1429	1,9435	11,2840	44,041
Т-157	21,460	0,2790	0,0856	1,4562	9,2206	26,7570	53,662
К-703М	35,727	0,2810	0,1397	2,3758	15,0430	43,6530	88,251

Коэффициент b уравнения (2) характеризует начальное смещение графиков энергоёмкости относительно нуля, очень существенное для общего значения \mathcal{E}_i .

Основным фактором при выборе системы машин для заготовки леса является размер деревьев в разрабатываемых насаждениях. Распределение деревьев по группам крупности и расчетные средние объемы хлыстов показывают, что в большинстве древостоев всех лесопромышленных районов страны средний объем хлыста не превышает 0,3 м³ [4]. От его значения зависит время, затрачиваемое на сбор пачки, энергоёмкость меняется на 93...107 % (рис. 2, а). Кроме того, на энергоёмкость влияет также объем трелюемой пачки (на 61,8...81,8 %) – рис. 2, б.

При изменении среднего объема хлыста энергоёмкость процесса трелёвки с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,997...0,999$ можно определить по формуле

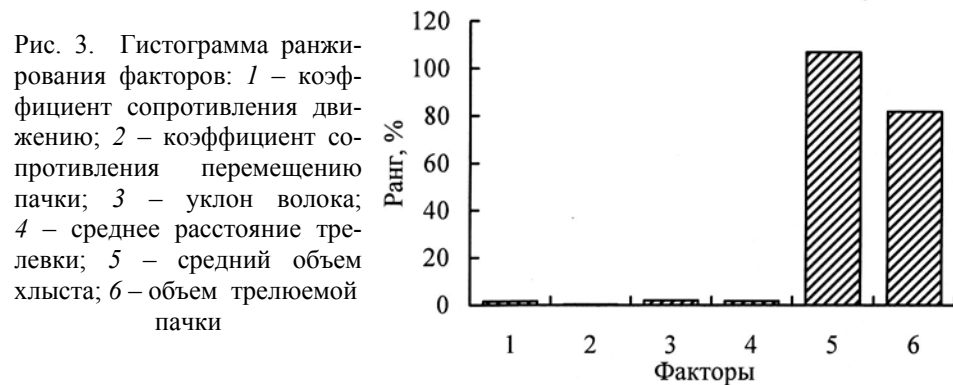
$$\mathcal{E}_i = cx_i^{-d}, \quad (3)$$

где c, d – регрессионные коэффициенты (табл. 2),

при изменении объема трелюемой пачки – с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9859...0,9987$ по формуле

$$\mathcal{E}_i = ex_i^4 - fx_i^3 + gx_i^2 - hx_i + m, \quad (4)$$

где e, f, g, h, m – регрессионные коэффициенты (табл. 2).



В результате обработки полученных данных составлена гистограмма ранжирования рассматриваемых факторов (рис. 3). Данную зависимость следует учитывать при построении математических моделей влияния природно-производственных условий на технико-экономические показатели как отдельных лесозаготовительных машин, так и их системы.

Выводы

1. Природные условия существенно влияют на сменную производительность и энергоемкость трелевки тракторами с чокерным оборудованием.
2. Средний объем хлыста влияет на эффективность трелевки вследствие изменения времени на погрузку и формирование пачки (до 3-кратного), что в реальных условиях вызывает значительные простои техники.
3. Уменьшение объема трелюемой пачки снижает эффективность использования трелюемых машин, приводит к увеличению числа проходов по волоку и усилению экологического ущерба.
4. Исходя из специфики поставленной задачи, при подборе системы машин следует учитывать все исследуемые факторы, так как они определяют область применения и эффективность использования лесозаготовительных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейтер, В.С. Оценка совместного воздействия природно-производственных факторов на работу лесозаготовительных машин [Текст] / В.С. Брейтер // Перспективная технология и организация лесозаготовительного производства: тр. ЦНИИМЭ. – М.; Химки: ЦНИИМЭ, 1977. – С. 21–29.
2. Матвейко, А.П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства [Текст]: учеб. / А.П. Матвейко. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 447 с.
3. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок [Текст]: учеб. для вузов / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.
4. Типизация природно-производственных условий лесозаготовительных районов [Текст]. – Химки: ЦНИИМЭ, 1986. – 25 с.

Поступила 21.11.07

V.A. Gryazin

Mari State Technical University

Influence of Natural Conditions on Energy-capacity of Skidding by Tractors with Cable Equipment

The study results of determining energy-consumption when skidding 1 m³ of wood by skidding tractors with cable equipment are provided. The regression dependencies are obtained and ranking of the factors studied is carried out.

Keywords: forest harvesting, natural conditions, machines, equipment, skidding, energy-capacity, simulation.
