

Методика оценки энергозатрат при движении форвардера

О. Н. Галактионов¹

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Предлагается методика оценки энергозатрат лесных машин. Основой методики является определение энергии на деформацию почвы. Приведены результаты сравнения с реальными данными о расходе топлива. Показано практическое соответствие расчетных и практических затрат топлива.

Ключевые слова: лесные машины, деформация грунта, трелевочный волок.

SUMMARY

The methods of estimating power consumption of forest machines. The basis of the method is the definition of energy for the deformation of the soil. Present the results of a comparison with the actual data on the consumption of fuel. It showed small agreement between the calculated and practical fuel costs.

Keyword: forestry machinery, deformation of ground, skidroad.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Механические потери при трелевке древесины по волокам, по разным оценкам, достигают до 25-30 % от общей выработки энергии двигателем лесной машины [1, 2]. Следовательно, критическим элементом процесса лесозаготовок является трелевка заготовленных лесоматериалов к верхнему складу.

Другая сторона проблемы – производительность форвардера и вообще трелевочной машины. Основным параметром, задающим уровень производительности, при прочих равных условиях является скорость передвижения [3].

Основные затраты энергии при передвижении машины связаны с деформацией грунта [6, 7, 8]. На лесосеках деформация грунтов встречается в широком диапазоне величин, от 20-40 мм (рис. 1а, б) до 600 мм (рис. 2).

Основной путь борьбы с этим явлением – использование лесосечных отходов [9]. Для того чтобы получить методологическую базу для экономической оценки эффективности этого мероприятия, необходимо определить величину деформации и затраты энергии на деформирование поверхности лесного грунта.



Рис. 1 Формирование колеи колесным форвардером: а – один холостой проход; б – один рабочий проход;



Рис. 2 Движение форвардера вблизи погрузочного пункта

МЕТОДИКА

Для оценки энергозатрат предположим, что энергия на мягких грунтах уходит исключительно на деформацию грунта. Подтверждением этому может служить практически мгновенная остановка трелевочной машины на горизонтальном участке, когда воздействие других сопротивлений движению минимально. Кроме того, по данным [4], на мягких грунтах деформации колеса (покрышки) не происходит.

Уравнение баланса энергии при движении лесозаготовительной машины с учетом вышесказанного выглядит следующим образом:

$$W - W_0 = A_1 + A_2 + A_3, \quad (1)$$

где W , W_0 – начальная и конечная кинетическая энергия, Дж;

¹ Автор – доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса, сотрудник отдела ИПРИПИ © Галактионов О. Н., 2012

A_1 – работа сил тяги, Дж;
 A_2 – работа сил трения, Дж;
 A_3 – работа сил деформирования опоры, Дж.

Работа сил тяги

$$A_1 = F_T L, \quad (2)$$

работа сил трения

$$A_2 = -F_{Tp} L, \quad (3)$$

работа силы деформирования поверхности

$$A_3 = F_D h, \quad (3)$$

где F_T, F_{Tp}, F_D – соответственно сила тяги, сила трения, сила деформирования поверхности, Н;

L – длина пути транспортировки, м;

h – глубина деформации на каждом проходе, м.

Сила тяги составляет:

$$F_T = \frac{P}{r_k \omega_k}, \quad (5)$$

сила трения (сопротивления качению):

$$F_{Tp} = f_k \frac{G_k}{r_k}, \quad (6)$$

сила деформирования поверхности (простое сжатие):

$$F_D = \frac{\lambda h^2}{2}, \quad (7)$$

где P – мощность двигателя, Вт;

r_k – радиус качения колеса, м;

ω_k – угловая скорость колеса, рад⁻¹;

G_k – вес, приходящийся на одно колесо, Н;

b – ширина деформируемой полосы (колеи, колеса, гусеницы), м;

s – длина деформируемого участка, м;

ϵ – относительная деформация;

λ – жесткость материала поверхности, Па;

f_k – коэффициент трения качения, м.

Предполагая постоянство скорости движения лесозаготовительной машины, а также то, что деформируемый участок в формуле (3) равен расстоянию транспортировки – L , запишем энергетический баланс движения машины по отходам лесозаготовок в виде:

$$W = \frac{LP}{r_k \omega_k} + f_k \frac{LG_k}{r_k} + \frac{\lambda h^2}{2}, \quad (8)$$

а для движения по чистому грунту, рассматривая его как ряд деформируемых цилиндров, используем выражение из [4]:

$$W = \frac{LP}{r_k \omega_k} + f_k \frac{LG_k}{r_k} + \frac{G^2 \Lambda h}{2ES} \quad (9)$$

Вместо модуля упругости для расчета движения по грунту используем модуль деформируемости грунта [5].

РАСЧЕТЫ

Условия, в которых проводились расчеты: расстояние трелевки 400 м, мощность двигателя 140 кВт, радиус качения колеса 0,6 м, угловая скорость колеса 1,047 рад⁻¹, вес, приходящийся на одно колесо, 36 кН, жесткость материала поверхности 25·10⁶ Па [5], ширина деформируемой полосы 0,6 м, относительная деформация 0,2, коэффициент трения качения 0,05, глубина деформации на каждом проходе 0,005 м.

Глубина деформации определена из натуральных измерений и следующих соображений: при проведении измерений в Олонецком леспромхозе было отмечено, что форвардеры начали производить трелевку касаясь защитой картера двигателя грунта (рис. 2).

Запас на лесосеке известен (2487 м³), на момент измерений стреловано 44 % древесины, работы производили два форвардера, средняя нагрузка на рейс 9,8 м³, следовательно, сделано 115 рейсов, клиренс составляет 530 мм, таким образом, в среднем деформация за один проход груженого трактора составляла 4,641 мм (холостые проходы учитываем в грузовых).

Теплота сгорания дизельного топлива $q_{dm} = 42,7 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность $\rho_{dm} = 810$ кг/м³. Расход дизельного топлива на передвижение:

$$V_{dm} = \frac{W * 1000}{\rho_{dm} m_{dm}}$$

Результаты моделирования потребления топлива в указанных условиях при различной протяженности трелевки приведены на рисунке 3.

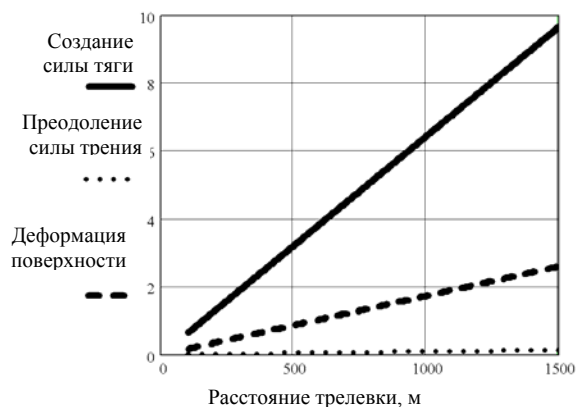


Рис. 3. Затраты топлива по составляющим сопротивления движению

Распределение затрат топлива между указанными величинами составило: на создание силы тяги – 78 %, на преодоление силы трения – 1%, на деформацию поверхности – 21 %.

Полученные результаты, с учетом КПД, согласуются с данными, полученными в ОАО «Лескарел», где по результатам нормирования расхода дизельного топлива для форвардера Tj-1010 был получен результат 1,35 л/м³.

При моделировании затрат топлива во всем диапазоне изменения параметров лесосеки и нагрузок трелевочной машины получим поверхность, показанную на рисунке 4.

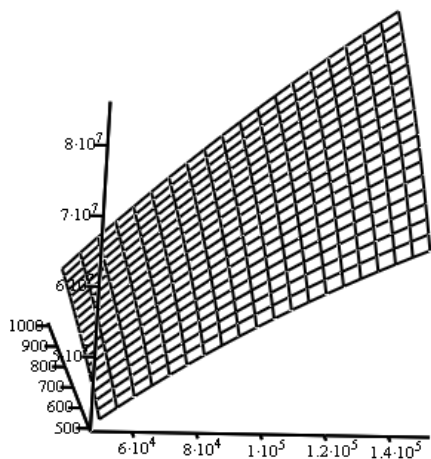


Рис. 4. Изменение затрат энергии при различных сочетаниях условий движения без использования отходов лесозаготовок

ВЫВОДЫ

Разработана методика оценки затрат энергии и топлива при движении лесной машины по волокам. Методика позволяет с достаточной для практических расчетов точностью планировать затраты топлива на выполнение лесозаготовительных операций. Создана

основа для экономической оценки мероприятий по укреплению трелевочных волоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоренчик А. С., Макаревич С. С., Протас П. А. Деформация грунтов на технологических элементах лесосеки, укрепленных отходами лесозаготовок // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2004. – № 4. – С. 33 – 39.
2. Галактионов О. Н., Шегельман И. Р. Кузнецов А. В. Состояние нагруженности волоков при функционировании комплексных лесосечных систем // Вестник МАНЭБ. – №. 14(1). – СПб., 2009. – С. 68-72.
3. Шегельман И. Р. Анализ состояния и перспективы внедрения современной техники и технологии лесосечных работ / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. – 2008. – № 92. – С. 98-104.
4. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов / М. Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 368 с.
5. Беккер М. Г. Введение в теорию систем местность-машина / М. Г. Беккер. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
6. Серба Б. И. Грунты Карелии / Б. И. Серба, Ю. М. Левкин, В. А. Самохвалов. – Петрозаводск: Карелия, 1989. – 164 с.
7. Анисимов Г. М., Большаков Б. М. Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами / Г. М. Анисимов, Б. М. Большаков. – СПб. ЛТА, 1998. – 108 с.
8. Ansorge D. The effect of tyres and a rubber track at high axle loads on soil compaction, Part 1: Single axle-studies./ D. Ansorge; R. J Godwin // Biosystems Engineering [Elektronic resource]. – Elektronic data. – 2007. – № 98(1). – P. 115-126. – Mode access: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/1826/2485>.
9. Галактионов О. Н., Кузнецов А. В. Теоретические и экспериментальные исследования направлений промышленного освоения отходов лесозаготовок // Проблемы лесопромышленных регионов: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – М.: ИПИИ, 2002. – С. 21 – 22.