

ли. В случае исключения колебаний в трансмиссии, но с учетом вертикальной динамики машины может использоваться шестимассовая модель.

При движении по плоской поверхности и жесткой связи между колесами и валом двигателя, т.е. $\varphi_{дв} = \varphi_{к} i_{тр}$, где $i_{тр}$ - передаточное число трансмиссии, будем иметь известное уравнение тягового баланса машины.

$$\left(M + \sum_{i=1}^n I_{тp_i} \frac{1}{r_{ki}} \right) \ddot{x} + M_d \sin \alpha - P_k + P_f + P_w + P_{кр} = 0$$

или

$$P_j \pm P_i + P_f + P_w + P_{кр} = M_{дв} \eta_{тр} \frac{i_{тр}}{r_k}.$$

Отнесенная к категории внешних сопротивлений крюковая сила в зависимости от поставленной задачи, типа прицепного состава и конструкции сцепного устройства может приниматься постоянной, т.е. $P_k = \text{const}$ или в виде функции, зависящей от времени. Вид функции определяется режимом движения и взаимодействием колес прицепа с неровностями микропрофиля дороги. В общем такой же подход сохраняется и в случае седельных или лесовозных автопоездов. Однако для автопоезда возможно также получение уравнения движения на основе рассмотрения общей расчетной динамической схемы автопоезда.

УДК 630*323

А.С.Федоренчик, доц.;

А.В.Жорин, асс.;

Д.В.Клоков, асс.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ЛЕСНЫХ МАШИН ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

The comparative energy consumption assessment of operation of forest machines for Belarus Republic conditions is presented.

Одним из критериев оценки эффективности работы машины в конкретных природно-производственных условиях являются затраты энергии, которые могут использоваться как для сравнительного анализа машин, так и определения влияния различных факторов на рабочий процесс машины.

В основу расчета положена методика, разработанная в лесотехнической академии г. Санкт-Петербурга. Выражения для энергозатрат на работу трелевочной машины, форвардера и харвестера получены на кафедре лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ, при этом операция об-

резки сучьев обшчитывалась с использованием регрессионной зависимости, полученной Сидоровым Б.А. [1].

В качестве показателей для анализа использовались затраты энергии, отнесенные к 1 га площади лесосеки (кВт·ч/га), и удельные затраты энергии (кВт·ч/м³ заготовленного леса), удельные затраты энергии на выполнение транспортной работы (кВт·ч/м³·км), что позволило учитывать природно-производственные условия эксплуатации машин в республике.

С учетом изложенного рассмотрим энергоемкость процесса работы машин, используемых для подвозки древесины.

Энергоемкость процесса раскладывается следующим образом: при холостом пробеге вся энергия затрачивается на самопередвижение машины; при ходе с грузом на самопередвижение машины и перемещение пакета древесины; при сборе и разгрузке пакета энергия затрачивается на работу технологического оборудования и передвижения машины между стоянками.

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}} = \mathcal{E}_{\text{тр.}} + \mathcal{E}_{\text{пер.пач.}} + \mathcal{E}_{\text{тех.об.}}$$

где обозначены затраты энергии, кВт·ч/га, на выполнение; $\mathcal{E}_{\text{тр.}}$ - самопередвижения машины; $\mathcal{E}_{\text{пер.пач.}}$ - перемещения пачки; $\mathcal{E}_{\text{тех.об.}}$ - работы технологического оборудования.

После проведения необходимых преобразований выражения для суммарных затрат энергии процесса работы трелевочной машины ($\mathcal{E}_{\text{общ.тр.}}$) и форвардера ($\mathcal{E}_{\text{общ.фр.}}$) принимают вид

$$\mathcal{E}_{\text{общ.тр.}} = c \cdot g \cdot k_o \cdot v_o \cdot n_{\text{п}} / \eta_{\text{тр.}} \cdot \left[l_{\text{ср.}} \cdot (\varphi_{\text{п}} + 2 \cdot m_{\text{м}} / m_{\text{п}} \cdot \varphi_{\text{м}}) + \right. \\ \left. + (m_{\text{м}} \cdot \varphi_{\text{м}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot k_{\text{ш}} + m_{\text{п}} \cdot \varphi_{\text{п}} \cdot l_{\text{пср}}) \right];$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ.фр.}} = c \cdot g \cdot n_{\text{п}} \cdot \left[\varphi_{\text{м}} \frac{k_o \cdot v_o}{\eta_{\text{тр.}}} \cdot (2 \cdot m_{\text{м}} \cdot l_{\text{ср.}} + m_{\text{п}} \cdot l_{\text{ср.}} - 0,5 \cdot m_{\text{п}} \cdot l_{\text{п,пер}}) + \right. \\ \left. + m_{\text{п}} \cdot \Delta \cdot \frac{k_{o1} \cdot v_{\text{м}}}{a_2 \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{м}}} \right],$$

где c - коэффициент перевода кДж в кВт·ч ($c=1/3600$); g - ускорение свободного падения; $n_{\text{п}}$ - число пачек на 1 га площади лесосеки; $\varphi_{\text{м}}$ - коэффициент сопротивления движению машины; $\varphi_{\text{п}}$ - коэффициент сопротивления волочению пачки; k_o - коэффициент увеличения пути движения машины по отношению к расчетному ($k_o=1,05...1,2$); v_o - коэффициент увеличения затрат энергии за счет непроизводительных движений и трогания с места ($v_o=1,1...1,3$); $\eta_{\text{тр.}}$ - КПД трансмиссии машины; $k_{\text{ш}}$ - коэффициент,

учитывающий средний объем хлыста (1,05...1,2); k_{01} -коэффициент увеличения пути укладки сортиментов в пакетирующее устройство по отношению к расчетному ($k_{01}=1,05...1,2$); v_m - коэффициент, учитывающий увеличение затрат энергии за счет непроизводительных движений рабочих устройств машины ($v_m=1,1...1,3$); a_2 - коэффициент, учитывающий расположение ленты леса относительно продольной оси машины (при расположении ленты с одной стороны $a_2=1$; при расположении ленты с двух сторон $a_2=2$); η_m, η_T - КПД устройств, передающих энергию от двигателя машины к приводу технологического оборудования и соответствующего технологического оборудования; Δ - ширина разрабатываемой ленты леса, м; m_p - масса пачки, т; m_m - масса машины, т; l_{cp} - расстояние трелевки, м; $l_{ш}$ - расстояние передвижения трактора при штабелевке, м; $l_{п.пер}$ - расстояние, которое проходит машина, чтобы загрузить пачку, м ($l_{п.пер} = 10^4 / (n_p \cdot \Delta)$).

Как показали исследования [2], 95-98% энергии при формировании рейсовой нагрузки при подвозке древесины затрачивается на транспортные операции. Ниже представлено выражение для определения удельных затрат (кВт·ч/м³·км) на выполнение транспортной работы:

$$g_{тр} = c \cdot 10^3 \cdot g \cdot m_1 \cdot k_o \cdot v_o \cdot (\varphi_p + 2 \cdot a_3 \cdot \varphi_m) / \eta_{тр};$$

$$g_{фр} = c \cdot 10^3 \cdot g \cdot m_1 \cdot k_o \cdot v_o \cdot (\varphi_m + 2 \cdot a_3 \cdot \varphi_m) / \eta_{тр};$$

где $g_{тр}$, $g_{фр}$ -соответственно удельные затраты энергии на работу трелевочной машины и форвардера; m_1 - масса 1 м³ леса с учетом наличия коры, т; $a_3 = m_m / m_p$.

Приведенные выражения использовались для расчетов и сравнительного анализа работы образцов лесозаготовительной техники (рис. 1, 2, 3, 4, 5) в наиболее характерных для Республики Беларусь условиях.

В качестве сравниваемых трелевочных тракторов рассматривались: наиболее применяемый в стране гусеничный трактор ТДТ-55 Онежского тракторного завода (Россия); колесный трактор ТЛК 4-01 этого же завода; колесная трелевочная машина на базе сельскохозяйственного трактора МТЗ-82 (Минский тракторный завод); колесный трактор с шарнирно-сочлененной рамой Амкодор 2200 на базе погрузчика ТО-18 (Беларусь); колесные тракторы HSM 805 (Германия) и LKT-81 (Словакия).

Среди форвардеров для анализа были выбраны следующие машины: Valmet-860 (Финляндия); Велмаш (Россия); МЛПТ-354 (Беларусь); Timberjack 1010 - международного концерна с соответствующим названием, самого крупного производителя лесозаготовительной техники в мире

(Финляндия, Швеция, США, Канада и др.); VKS 9041 (Германия). Колесная формула данных машин изменялась от 4К4 до 6К6.

При сравнении многооперационных машин рассматривались: Valmet-901; Timberjack 1270; FARM; МЛ-20. Приведенные параметрические ряды машин были выбраны не случайно. Все они потенциально претендуют на рынок Беларуси и максимально удовлетворяют лесоводственно - экологическим требованиям.

В результате расчетов установлено, что энергоемкость процесса подвозки древесины уменьшается с увеличением объема рейсовой нагрузки, пропорциональна расстоянию трелевки, массе машины и зависит от почвенно-грунтовых условий.

Анализ расчета для трелевочных машин показывает, что значения энергозатрат колесных тракторов незначительно отличаются и находятся в одном диапазоне. Увеличение энергоемкости процесса трелевки с использованием гусеничного трактора (на 43...28%) объясняется большими затратами на сопротивление движению машины.

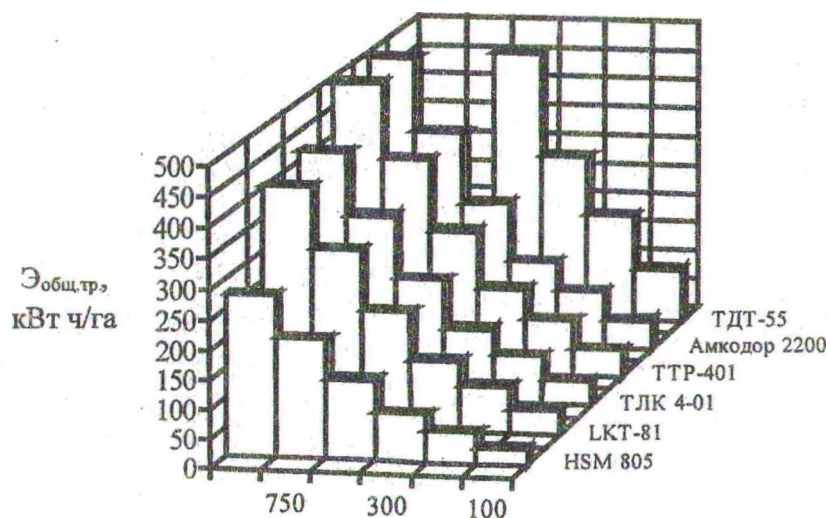


Рис. 1. Энергоемкость процесса трелевки (сплошная рубка, запас $230 \text{ м}^3/\text{га}$, средний объем хлыста $0,23 \text{ м}^3$)

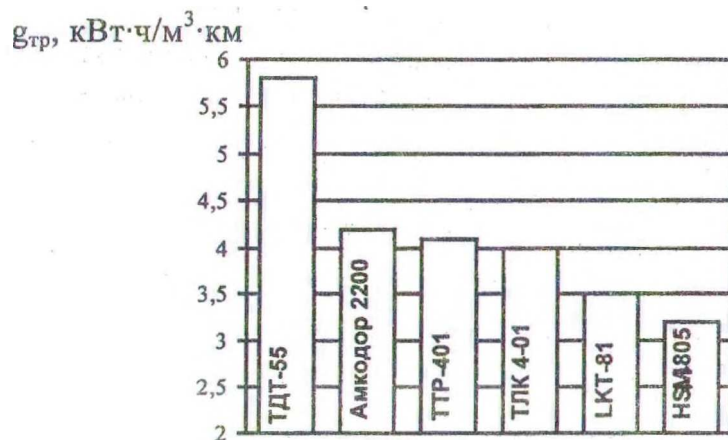


Рис.2. Удельная энергоёмкость процесса трелевки (сплошная рубка, запас 230 м³/га, средний объем хлыста 0,23 м³)

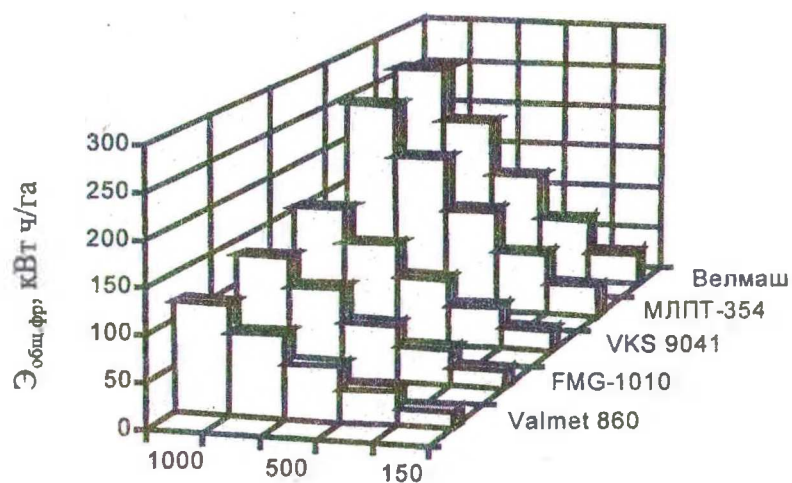


Рис.3. Энергоёмкость процесса подвозки древесины (сплошная рубка, запас 230 м³/га, средний объем хлыста 0,23 м³)

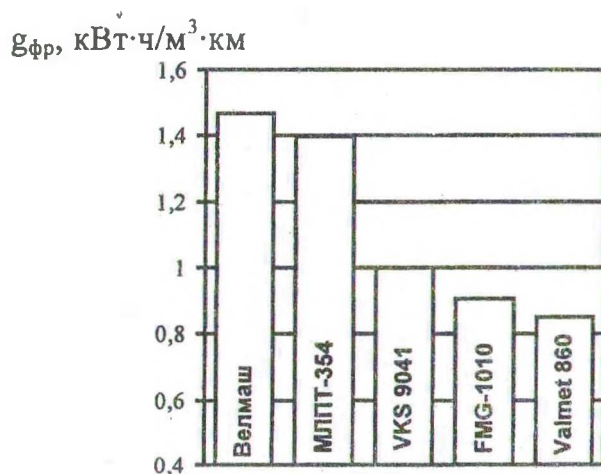


Рис. 4. Удельная энергоёмкость процесса подвозки древесины (сплошная рубка, запас $230 \text{ м}^3/\text{га}$, средний объем хлыста $0,23 \text{ м}^3$)

Результаты расчетов для форвардеров показывают преимущества зарубежных машин, их использование по сравнению с отечественными тракторами дает снижение энергоёмкости процесса подвозки древесины на 29...50%, что в значительной мере определяется отношением массы машины к массе транспортируемого пакета.

$\text{Э}_{\text{хар}}$, кВт·ч/га

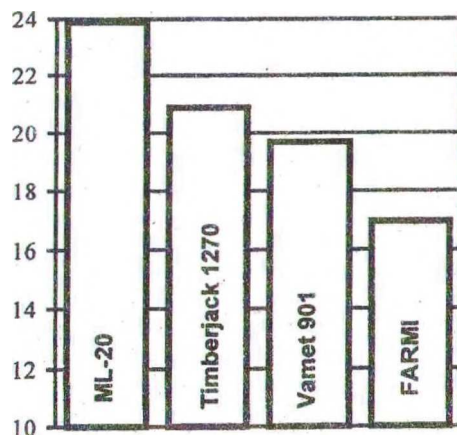


Рис. 5. Энергоёмкость процесса заготовки древесины с использованием харвестера (сплошная рубка, запас $230 \text{ м}^3/\text{га}$, средний объем хлыста $0,23 \text{ м}^3$)

При сравнении работы многооперационных машин особый интерес представляет харвестер FARMИ как наиболее дешевый, прототип которого может быть выполнен на базе тракторов МТЗ в республике.

Количественные показатели затрат энергии дают возможность установить влияние различных факторов на показатели работы машин с учетом различных природно-производственных условий эксплуатации, однако оценка эффективности применения машин требует комплексного подхода с учетом стоимости машин, затрат на обслуживание и ремонт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров Б.А. Исследование процесса обрезки сучьев самоходными сучкорезными машинами с непрерывным протаскиванием: Дис. канд. тех. наук: 05.06.02. - Ленинград, 1981.
2. Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ. - М.: Лесная промышленность, 1990.

УДК 634.377

В. А. Симанович, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ТРЕЛЕВКЕ ПАЧКИ ДЕРЕВЬЕВ В ЗАХВАТЕ

The dynamic load of wheeled skidder for different working conditions is investigated.

Трелевка деревьев в полуподвешенном состоянии при формировании пачки челюстным захватом отличается от обычной тем, что сформированный пакет необходимо постоянно сжимать, что обусловлено увеличенным сопротивлением движению при транспортировке. Сжатие комлевой части пачки увеличивает ее жесткость, изменяет распределение нагрузки между трелевочным трактором и волоком. Основной составляющей нагрузки на трактор является вертикальная, которая меняется в определенных пределах в зависимости от высоты подъема комлевой части.

Нами были проведены исследования нагруженности трелевочного трактора ЛТ-171А на установившихся режимах движения. Испытания проводились на пасечном и магистральном волоках при различной высоте подъема комлевой части. При этом, кроме показателей вертикальной составляющей, определялись показатели нагруженности полуосей трактора при серийном исполнении и введении в него упругих элементов.

В таблице приведены статистические показатели по нагруженности трансмиссии и величин вертикальной составляющей от пачки деревьев ($Q=4.8\text{м}^3$, $h=1.2\text{м}$).