

### Список литературы

1. Farfan-Ramos, L. Real-time fault diagnosis of automotive electrical power generation and storage system B.S., Wright State University, 2009
2. Scacchioli, A., Rizzoni, G., Pisu, P. (2006). Model-Based Fault Diagnosis for an Electrical Automotive System. Conference Proceedings of ASME 2006, Chicago, IL
3. Hashemi, Ali. Model-based system fault diagnosis utilizing adaptive threshold with application to automotive electrical systems (2011). All Theses. p. 1168.
4. Соколов, Л.А. Совершенствование изделий автотракторного электрооборудования по результатам диагностирования дефектов в процессе производства и эксплуатации: автореф. дисс. ... канд. техн. наук /Л.А. Соколов. – М., 2010. – 18 с.
5. Селихов, А.В. Повышение эффективности диагностирования технического состояния электрогенератора автомобиля электрорезистивным методом: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 /Селихов Алексей Владимирович. – Орёл, 2017. – 274 с.
6. Пузаков, А.В. Методика диагностирования автомобильных генераторов по параметрам выходного напряжения: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 /Пузаков Андрей Владимирович. – Оренбург, 2016. – 185 с.
7. Пузаков, А.В. Экспресс-метод диагностирования автомобильных генераторов /А.В. Пузаков, М.И. Филатов // Научное обозрение. – 2015. – №16. – С. 190-198.

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФОРВАРДЕРОВ 4К4 ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОСНОВНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Д.В. Клоков<sup>1</sup>, Е.А. Леонов<sup>2</sup>, И.В. Франкевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный технологический университет*

**Аннотация:** Одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим и проанализировать влияние всевозможных факторов и лесорастительных условий на производительность машин, является энергоёмкость технологических операций. Оценить влияние природно-производственных условий на эффективную работу погрузочно-транспортной машины при заготовке древесины возможно лишь при известных параметрах, величины которых носят случайный характер. Грузочно-транспортная машина может работать в двух фазах лесозаготовительного процесса: в первой фазе сортименты трелюются к лесопогрузочному пункту (верхнему складу) лесосеки; во второй – сортименты транспортируются из лесосеки на промежуточный склад по лесовозной дороге, как правило, с гравийным покрытием. Получены новые данные по энергоёмкости рабочего процесса погрузочно-транспортной машины в условиях эксплуатации лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** лесная машина, энергоемкость, форвардер, технологическое оборудование, расстояние подвозки, движитель.

## FEATURES OF EXPLOITATION DURING FORWARDERS 4K4 MAJOR WORKS IN FOREST

D.V. Klokov<sup>1</sup>, E.A. Leonov<sup>2</sup>, I.V. Franskevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Belarusian National Technical University*

<sup>2</sup>*Belarusian State Technological University*

**Summary.** One of the indicators, using which you can make an objective assessment of how the newly created machines, and existing and analyze the impact of various factors and site conditions on the performance of machines, is the energy intensity of technological operations. To assess the effects of natural and production conditions for effective work of loading and transport machines during harvesting is possible only under certain parameters whose values are random. Loading and transport the machine can work in two phases logging process: in the first phase of the forest assortments move the loading point (the upper landing) cutting area; second – assortments are transported from the cutting area to the intermediate storage on a forest road, usually with gravel. New data on the energy consumption of the working process of loading and transport vehicles under operating conditions of forestry and logging enterprises of the Republic of Belarus.

**Key words:** forest machine, power consumption, forwarder, technological equipment, transport distance, propulsion.

При рассмотрении вопросов дальнейших преобразований и развития лесного комплекса Республики Беларусь правительством принято решение об утверждении Государственной программы «Белорусский лес» на 2016–2020 годы, предусматривающей увеличение объема переработки древесины внутри страны на 95% и обеспечение глубины ее переработки выше 80%. При этом объем заготовки древесного сырья многооперационными машинами в общем объеме заготовки должен составить 65% [1].

Успешная реализация поставленных задач будет зависеть от эффективности работы организаций лесного комплекса, осуществляющих лесозаготовки на основе современных технологических процессов, а также активного развития отечественного лесного машиностроения. Значимость последнего фактора усиливают тенденции импортозамещения во всех сферах промышленного производства. Примером чему является участие в создании лесной техники целого ряда машиностроительных предприятий, и в первую очередь ОАО «Минский тракторный завод» холдинга «МТЗ-ХОЛДИНГ» и ОАО «АМКОДОР» – управляющей компании холдинга.

Основой для расширения типоразмерного ряда современных лесных машин в настоящее время являются выпускаемые серийно погрузочно-транспортные машины на базе шарнирно-сочлененного и двухзвенного шасси (четыре схемы компоновки форвардеров). Первая соответствует машине типа 4К4 (МЛПТ-344 и Амкодор 2641), вторая – машине типа 6К6 (МЛ-131, Амкодор 2631, Амкодор 2661-01, Амкодор 2662), третья –

машине типа 8К8 (Амкодор 2682-01, перспективный вариант) и четвертая – двухзвенной машине (МПТ-461.1, МПТ-471) [2-5].

Одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим и проанализировать влияние всевозможных факторов и лесорастительных условий на производительность машин, является энергоёмкость технологических операций [6]. Данный критерий используется многими исследователями при обосновании параметров лесозаготовительной техники, разработке и анализе технологических процессов.

Оценить влияние природно-производственных условий на эффективную работу погрузочно-транспортной машины при заготовке древесины возможно лишь при известных параметрах, величины которых носят случайный характер. Погрузочно-транспортная машина (форвардер) может работать в двух фазах лесозаготовительного процесса: в первой фазе сортименты трелюются к лесопогрузочному пункту (верхнему складу) лесосеки; во второй – сортименты транспортируются из лесосеки на промежуточный или нижний склад по лесным дорогам, как правило, с гравийным покрытием [7, 8].

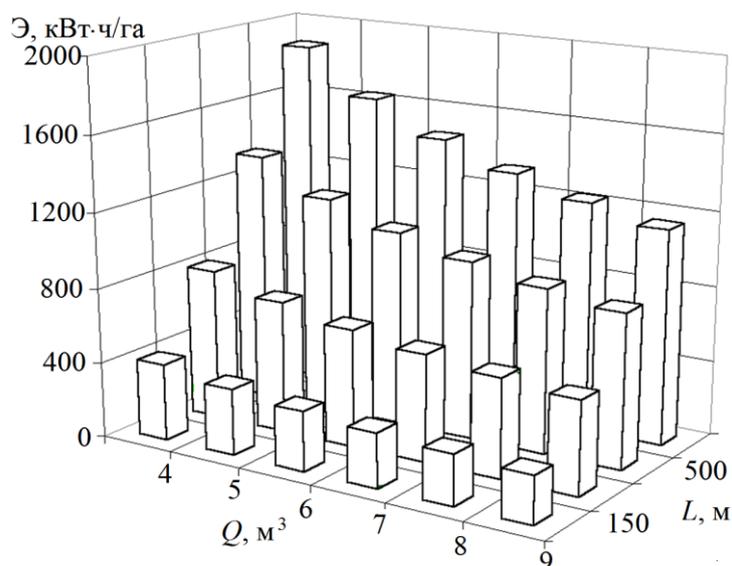
Удельные затраты энергии на трелевку лесоматериалов погрузочно-транспортной машиной будут составлять (с учетом сбора пакета и его загрузки и выгрузки):

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = c \cdot g \cdot n_{\text{п}} \cdot \left[ f_{\text{м}} \frac{k_0 \cdot v_0}{\eta_{\text{тр}}} \cdot (2 \cdot m_{\text{м}} \cdot l_{\text{ср}} + \right. \\ \left. + m_{\text{п}} \cdot l_{\text{ср}} - 0,5 \cdot m_{\text{п}} \cdot l_{\text{п.пер}}) + m_{\text{п}} \cdot \Delta \cdot \frac{k_{01} \cdot v_{\text{м}}}{a_2 \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{м}}} \right], \end{aligned}$$

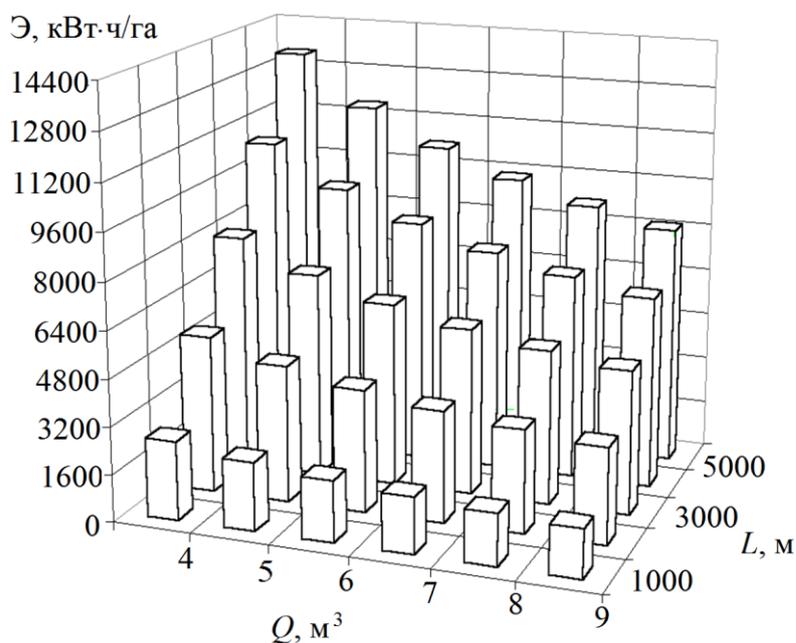
где  $c$  – коэффициент пропорциональности;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $n_{\text{п}}$  – число пачек на 1 га площади лесосеки;  $f_{\text{м}}$  – коэффициент сопротивления движению машины;  $k_0$  – коэффициент увеличения пути движения машины по отношению к расчетному;  $v_0$  – коэффициент увеличения затрат энергии за счет непроизводительных движений и трогания с места;  $\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии машины;  $m_{\text{м}}$  – масса машины, т;  $m_{\text{п}}$  – масса пачки, т;  $l_{\text{ср}}$  – расстояние трелевки, м;  $l_{\text{п.пер}}$  – расстояние, которое проходит машина, чтобы загрузить пачку сортиментов, м;  $\Delta$  – ширина разрабатываемой ленты леса, м;  $k_{01}$  – коэффициент увеличения пути укладки сортиментов в пакетирующее устройство по отношению к расчетному;  $v_{\text{м}}$  – коэффициент, учитывающий увеличение затрат энергии за счет непроизводительных движений рабочих устройств машины;  $a_2$  – коэффициент, учитывающий расположение ленты леса относительно продольной оси машины (при расположении ленты с одной стороны  $a_2 = 1$ ; с двух сторон  $a_2 = 2$ );  $\eta_{\text{т}}$ ,  $\eta_{\text{м}}$  – КПД устройств, передающих энергию от двигателя машины к приводу технологического оборудования и соответствующего технологического оборудования.

Использование данной методики позволяет произвести оценку эффективности применения погрузочно-транспортной машины в различных природно-производственных условиях.

На рисунке 1 представлены графические зависимости удельной энергоемкости процесса трелевки древесного сырья, включающего операции: холостой ход, сбор и выгрузка пачки, грузовой ход, от величины рейсовой нагрузки форвардера 4К4 при первой и второй фазах транспортировки сортиментов.



*a*



*б*

Рис. 1. Зависимость удельной энергоемкости трелевки сортиментов погрузочно-транспортной машиной 4К4 от рейсовой нагрузки ( $Q$ ) и расстояния перемещения ( $L$ ) при первой (*a*) и второй (*б*) фазе лесозаготовительного процесса

Интенсивность изменения удельной энергоемкости неравномерная. При уменьшении величины рейсовой нагрузки от 9 до 8 м<sup>3</sup> увеличение энергозатрат составляет 8,7%, при дальнейшем уменьшении рейсовой нагрузки до 7,6 и 5 м<sup>3</sup> энергозатраты возрастают соответственно на 16,8, 27,6 и 35,3%.

Проведенный анализ показал, что затраты на передвижение форвардера являются наибольшей составляющей при расчете суммарной энергоемкости процесса.

Для определения оптимальных значений факторов, влияющих на рабочий процесс машины, решалась задача однокритериальной многопараметрической оптимизации с граничными условиями, которую в общем виде можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \Xi = f(L, Q, l_{\text{ман}}) \rightarrow \min \rightarrow \text{ЦФ}; \\ 100 \leq L_{\text{тр}} \leq 1300, \\ 2 \leq Q \leq 7, \\ 5 \leq l_{\text{ман}} \leq 10 \end{array} \right\} \rightarrow \text{ГРУ},$$

где  $L$  – расстояние подвозки сортиментов, м;  $Q$  – объем рейсовой нагрузки, м<sup>3</sup>;  $l_{\text{ман}}$  – вылет гидроманипулятора, м.

Оптимизация параметров погрузочно-транспортной машины проводилась для наиболее характерных природно-производственных условий – движение с грузом по пасечному и магистральному волокам с коэффициентом сопротивления движению  $f = 0,12–0,16$ .

Установлено, что наиболее приемлемыми методами решения задач оптимизации факторов, влияющих на рабочий процесс технических систем, являются методы нелинейного программирования, в связи с чем для получения статистической зависимости критерия оптимизации от исследуемых факторов выбран В-план второго порядка с проведением опытов на трех уровнях варьирования.

Анализ полученных результатов показывает, что величину  $L$  рекомендуется принимать в диапазоне 200–300 м,  $Q$  – 7,1–8,9 м<sup>3</sup>, вылет гидроманипулятора  $l_{\text{ман}}$  – 8,1–9,3 м. Применение указанных оптимизированных параметров позволит снизить затраты энергии на трелевку сортиментов и повысить экологическую совместимость машины с лесной средой, что связано с уменьшением числа проходов машины по одному следу.

Приведенные оценочная методика и расчетные значения удельной энергоемкости дают возможность установить влияние природно-производственных факторов на технико-эксплуатационные показатели работы машин типа БК6, обеспечить комплексный подход к оценке эффективности их применения с учетом капиталовложений и эксплуатационных затрат.

## Список литературы

1. «Белорусский лес»: 2016-2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bellesbumprom.by/ru/press-tsentr/novost/1045-beloruskij-les-2016-2020> (дата доступа: 25.10.2017).
2. Клоков Д.В., Турлай И.В., Леонов Е.А. Оборудование лесопромышленных предприятий. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2015. 200 с.
3. Матвейко А.П., Клоков Д.В., Протас П.А. Технология и оборудование лесосечных и лесоскладских работ. Практикум. Минск: БГТУ, 2013. 199 с.
4. Федоренчик А.С., Клоков Д.В., Леонов Е.А. Энергетическое использование древесной биомассы. Практикум. Минск: БГТУ, 2015. 212 с.
5. Федоренчик А.С., Клоков Д.В., Леонов Е.А. Технология и оборудование лесосечных и лесоскладских работ. Минск: БГТУ, 2016. 204 с.
6. Клоков Д.В., Ермалицкий А.А., Леонов Е.А. Особенности эксплуатации форвардеров 6К6 при проведении основных лесозаготовительных работ // Труды БГТУ. 2016. №2: Лесная и деревообр. пром.-сть. С. 28–30.
7. Клоков Д.В., Леонов Е.А., Турлай И.В. Модель работы форвардера с учетом надежности // Труды БГТУ. 2015. № 2: Лесная и деревообраб. пром.-сть. С. 23–26.
8. Леонов Е.А., Клоков Д.В. Обоснование межоперационных запасов сырья на лесоэнергетических терминалах с учетом загрузки основного технологического оборудования // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2017. № 2 (198). – С. 232–237.

## О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРКА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

И.С. Копылов

АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод»  
Рубцовский филиал

**Аннотация.** В статье приводится краткий анализ состояния отечественного машинно-технического парка лесозаготовительной промышленности, позволяющий оценить потребности рынка в лесозаготовительных машинах и сориентировать машиностроительные предприятия России.

**Ключевые слова:** лесозаготовительные машины, форвардер, рынок, уровень развития.

## ABOUT PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE NATIONAL PARK OF FORESTRY MACHINES

I.S. Kopylov

JSC «Research and production corporation «Uralvagonzavod», Rubtsovsk