

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БАГАТООПЕРАЦІЙНИХ ЛІСОВИХ МАШИН

Борис М.М., доцент, к.т.н., Герис М.І., доцент, к.т.н., Шевченко Н.В., к.т.н.

*Національний лісотехнічний університет України (м. Львів)*

**Гром'як Ю.О., к.с.-г.н.**

*Львівське обласне управління лісового та мисливського господарства*

*Подано методику розрахунку продуктивності форвардера та встановлено чинники, які на неї впливають. З використанням ПК апробовано запропоновану методику і встановлено доцільність її застосування для обґрунтування оптимальної потужності двигуна багатоперацийних лісових машин, створених за блоковим принципом.*

**Ключові слова:** *сортиментна технологія, колісні лісотранспортні машини, форвардер, продуктивність, математичне моделювання.*

**Постановка досліджуваної проблеми.** Сортиментна технологія лісозаготівлі, яка є істотним засобом підвищення продуктивності праці та культури виробництва у лісовій галузі, набула широкого розповсюдження у Скандинавських країнах, Європі та Америці [1-3]. Ця технологія базується на використанні сучасних багатоперацийних машин, особливістю яких є висока продуктивність, екологічність, надійність та безпечність в роботі.

Стрімкий технічний прогрес, розвиток машинобудівної індустрії, бажання удосконалити і полегшити спосіб лісозаготівлі – всі ці чинники призвели до розроблення і створення широкої гами високотехнологічних і багатофункційних машин, зокрема харвестерів і форвардерів (рис. 1). З кожним роком ці машини все ширше використовуються на підприємствах лісового сектора економіки України.



Рис. 1. Багатофункційні лісові машини компанії Komatsu Forest: харвестер 941.1 (а) і форвардер 895 (б)

Під час створення нових конструкцій лісових машин постає проблема обґрунтованого вибору енергетичного модуля для них. Одним із способів вирішення цього питання є блоковий принцип побудови машин – за базу береться існуюча модель сільськогосподарського чи промислового трактора, на якому встановлюється відповідне змінне технологічне обладнання. Головною перевагою такого підходу є нижча собівартість виготовлення машини.

Для забезпечення модернізації існуючих та високого рівня створюваних лісових машин необхідним є розроблення методів їх проектування, розрахунку та експериментальних випробувань. Однак до цього часу на теренах СНД не напрацьована єдина технічна політика у сфері створення системи машин для сортиментної технології лісозаготівлі, а також відсутня методика обґрунтування оптимальних параметрів, що визначають основні експлуатаційні властивості машини: потужності двигуна, її маси і вантажності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел показав, що на сьогодні достатньо повно вивчено питання визначення ефективності роботи трелювальних тракторів і лісовозних автопотягів [2,4]. Огляд результатів досліджень багатоопераційних лісових машин показав, що, незважаючи на великий обсяг існуючих досліджень, моделювання їх роботи і оптимізація параметрів цих машин залишаються маловивченими, що пояснюється істотним впливом на показники експлуатаційних властивостей значної кількості чинників, серед яких: природно-кліматичні, технологічні тощо [5,6]. Практично відсутні дослідження, пов'язані з вивченням ефективності роботи лісових машин багатофункційного призначення в умовах Карпатського регіону.

Критеріями оптимальної потужності двигуна доцільно приймати основні експлуатаційні властивості машини: технічну продуктивність, питому технологічну витрату пального тощо [2,4]. Ці критерії визначають окрім того, низку техніко-економічних показників машин, на основі яких у подальшому може бути виконана їх вартісна оцінка. Оскільки комплекс для сортиментної технології заготівлі деревини складається з двох машин, які істотно відрізняються робочим циклом і функціями, визначення оптимальної потужності двигуна доцільно здійснювати окремо для кожної машини, враховуючи особливості їх роботи [4].

**Метою дослідження** є розроблення методики визначення продуктивності машин для сортиментної технології заготівлі деревини, яка би максимально враховувала чинники, що на неї впливають.

**Виклад основного матеріалу.** Одним із головних показників ефективності лісозаготівельних машин є продуктивність. Продуктивність, як показник ефективності, є важливою під час оцінки якості організації та функціонування систем машин на різних схемах розробок лісосік та видів рубань [4,7].

В загальному вигляді технічну (розрахункову) продуктивність форвардера доцільно визначати за такою формулою [2,4]:

$$\dot{I}_o = \frac{3600 \cdot Q_i \cdot k_o}{T_o}, \quad \dot{I}_o \text{ в } \frac{3}{\text{год}}, \quad (1)$$

де  $Q_n$  – об'єм транспортованого пакета деревини, м<sup>3</sup>;  $k_o$  – коефіцієнт використання розрахункового об'єму пакета деревини;  $T_u$  – тривалість повного технологічного циклу транспортування пакета деревини, с.

Коефіцієнт використання розрахункового об'єму пакета деревини може визначатися з виразу:

$$k_o = \frac{Q_i}{Q_n}, \quad (2)$$

де  $Q_n$  – номінальний об'єм пакета деревини (вантажність форвардера), м<sup>3</sup>.

Тривалість повного технологічного циклу транспортування пакета деревини визначається за формулою:

$$T_u = t_{xx} + t_n + t_{ex} + t_p, \quad (3)$$

де  $t_{xx}$ ,  $t_n$ ,  $t_{ex}$  і  $t_p$  – тривалість відповідно холостого ходу, збирання і навантаження сортиментів за один рейс, вантажного ходу і розвантаження, с.

Тривалість холостого і вантажного ходів доцільно визначати за формулою:

$$t_{xx(ex)} = L / v_{xx(ex)}, \quad (4)$$

де  $L$  – відстань транспортування (вивезення), м;  $v_{xx(ex)}$  – швидкість холостого (вантажного) ходу, м/с.

Швидкість холостого (вантажного) ходу визначається за формулою:

$$v_{xx(ex)} = N_d k_z \eta_{TP} / P_{xx(ex)}, \quad (5)$$

де  $N_d$  – потужність двигуна, кВт;  $k_z$  – коефіцієнт завантаження двигуна за потужністю;  $\eta_{TP}$  – к.к.д. трансмісії;  $P_{xx(ex)}$  – сила опору рухові форвардера, кН.

Силу опору рухові форвардера доцільно визначати за формулою:

$$P_{xx(ex)} = (G_m + Q_n \rho_d) (f \pm i), \quad (6)$$

де  $G_m$  – вага машини, кН;  $\rho_d$  – щільність деревини, кН/м<sup>3</sup>;  $f$  – сумарний опір рухові машини;  $i$  – позовжній ухил дороги.

Тривалість навантаження (розвантаження) пакета сортиментів можна визначити за виразом:

$$t_{n(p)} = Q_n t_{n(p)}^c / q_c, \quad (7)$$

де  $t_{n(p)}^c$  – тривалість навантаження (розвантаження) одного сортимента, с;  $q_c$  – середній об'єм одного сортимента, м<sup>3</sup>.

Питома технологічна витрата пального, що характеризує енергомісткість процесу транспортування деревини, може бути визначена за формулою:

$$q_{II} = G_m / \Pi_T, \text{ кг/м}^3. \quad (8)$$

Для апробації запропонованої методики з використанням ПК виконано розрахунки, на підставі яких встановлено взаємозв'язок продуктивності форвардера від потужності його двигуна та рейсового навантаження (рис. 2). У розрахунках використовувалися таксаційні показники деревостанів і характеристики опорної поверхні руху, які є характерними для гірських і передгірських регіонів Карпат, а також результати виконаних авторами досліджень машин для сортиментної заготівлі деревини зарубіжного виробництва [5-7].

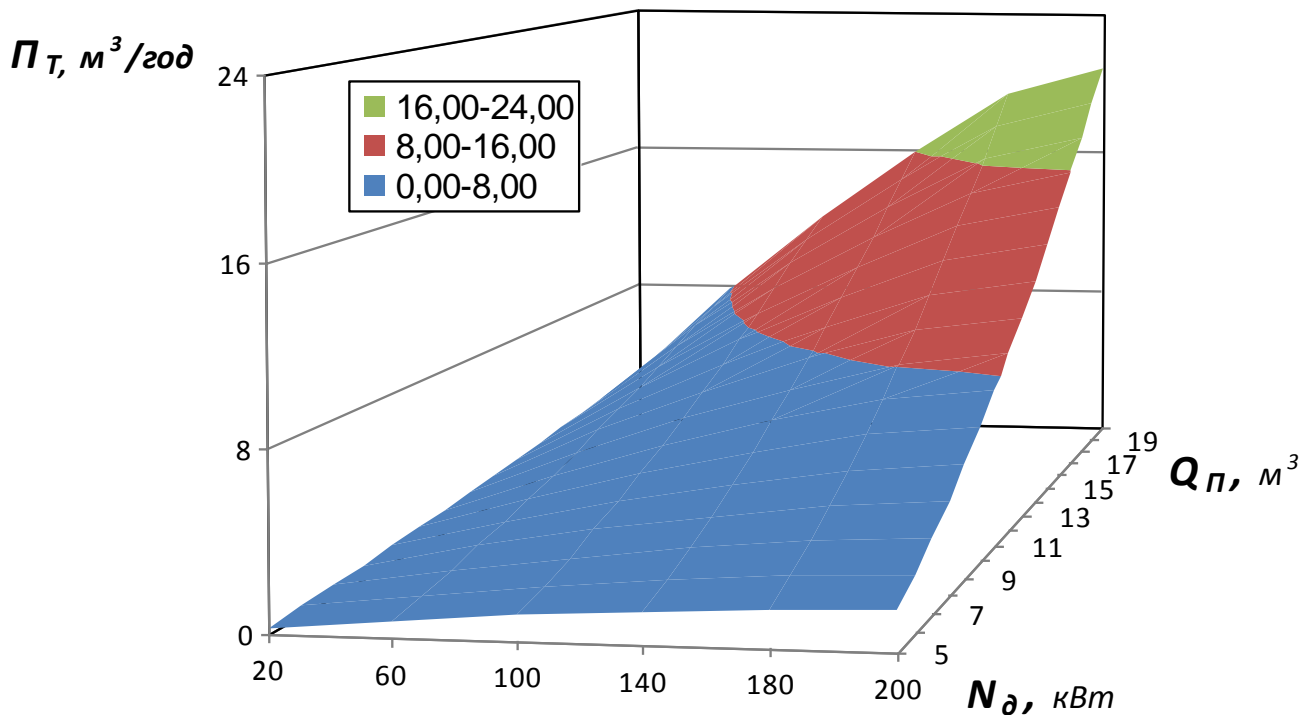


Рис. 2. Залежність технічної продуктивності форвардера від потужності його двигуна та об'єму транспортованого пакета деревини (рейсового навантаження)

Аналіз отриманих залежностей  $P_T = f(N_d)$  і  $P_T = f(Q_n)$  показує, що із зростанням потужності двигуна форвардера, збільшується й продуктивність, однак темп її зростання починає зменшуватися, починаючи з певного рівня  $N_d$ . Збільшення рейсового навантаження призводить до зростання продуктивності. Встановлено, що чим більшою є дальність вивезення, тим довше зберігається вплив потужності на зростання продуктивності. Розрахунки показали, що зростання продуктивності супроводжується збільшенням витрати пального на одиницю продукції, темп якого із зростанням потужності двигуна дещо знижується.

В цілому, аналіз отриманих результатів показує, що для форвардера масою 10-11 т і вантажністю 9-10 т, раціональні значення потужності двигуна повинні становити 60-75 кВт (питома потужність – 6,0-7,5 кВт/т). Аналізом технічних характеристик аналогічних машин зарубіжних фірм-виробників [4], встановлено, що основне число моделей форвардерів, що припадають на групу з масою 10-11 т, мають потужність двигуна 62-80 кВт, що є достатньо близьким до отриманих вище значень.

Оскільки отримані розрахункові значення співпадають з даними технічних характеристик, ймовірно, що під час вибору оптимальної потужності двигуна системи машин для сортиментної технології заготівлі деревини, оптимальні величини потужності двигунів форвардера і харвестера можуть бути близькими один до одного, що дало би змогу їх уніфікувати.

**Висновки.** На підставі аналізу літературних джерел запропоновано методику розрахунку продуктивності машин для сортиментної заготівлі деревини (на прикладі форвардера). Встановлено доцільність її застосування для обґрунтування оптимальної потужності двигуна системи машин для сортиментної заготівлі деревини за критерієм підвищення технологічної продуктивності та зниження питомої технологічної витрати пального.

Апробація запропонованої методики, підтверджена результатами експериментальних досліджень, дозволяє рекомендувати для форвардера масою 10-11 т раціональні значення потужності двигуна в діапазоні 60-75 кВт.

### **Список літератури**

1. Морозов Е.В., Шегельман И.Р., Будник П.В. Вероятностно-статистический анализ процесса заготовки сортиментов// Перспективы науки, 2011. – №7(22). – С. 183-186.

2. Кочегаров В.Г. и др. Технология и машины лесосечных работ: Учебник для вузов / В.Г. Кочергов, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 392 с.

3. Герасимов Ю.Ю. Лесосечные машины для рубок ухода: компьютерная система принятия решений / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сюнёв. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. – 236 с.

4. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин/ Герасимов Ю.Ю., Сибиряков К.Н., Мошков С.Л., Вяльккю Э., Карвинен С. – Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2009. – 46 с.

5. Ширнин Ю.А. Моделирование процессов заготовки сортированных деревьев и хлыстов: монография. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 204 с.

6. Суханов Ю.В., Селиверстов А.А., Соколов А.П., Перский С. Н. Имитационное моделирование операций трелевки форвардером: алгоритмы и реализация// Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – С. 58-61.

7. Чайка О.Р. Моделирование работы манипуляторной машины на несплошных рубках в естественных лесах// Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса. Ленинградская лесотехническая академия им. С.М. Кирова. – Л. – 1991. – С. 56-60.

### **Аннотация**

#### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН**

Борис Н.М., Герис Н.И., Шевченко Н.В., Громяк Ю.О.

*Предложена методика расчета производительности форвардера и установлены факторы, которые на нее влияют. С использованием ПК апробирована предложенная методика и установлена целесообразность ее*

*применения для обоснования оптимальной мощности двигателя многооперационных лесных машин, созданных за блочным принципом.*

**Ключевые слова:** *сортиментная технология, колесные лесотранспортные машины, форвардер, производительность, математическое моделирование.*

## **Abstract**

### **THE EFFICIENCY DETERMINING METHOD OF MULTIOPERATIONAL FOREST MACHINES**

Borys M.M., Herys M.I., Shevchenko N.V., Gromiak Yu.O.

*It was presented the methodology for calculating a forwarder productivity and the factors that affect it was established. The proposed methodology was tested using PC and the feasibility of its application to study optimal engine of multioperational forest machines created by block basis was established.*

**Keywords:** *cut-to-length logging, wheel timber transport machines, forwarder, productivity, mathematical modeling.*