

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*24 : 65.011.54

А. В. ЖУКОВ, А. С. ФЕДОРЕНЧИК, А. В. ЖОРИН

Белорусский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
МАЛОГАБАРИТНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА  
НА ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Рассмотрен вопрос о применении минитехники на рубках ухода и несплошных рубках главного пользования. Дана оценка работы трактора с использованием критерия энергоемкости.

The problem of using mini-machinery at thinning and partial harvest cutting has been considered. The estimation of the tractor operation by using energy capacity criterion has been given.

В последние годы за рубежом при рубках ухода и несплошных рубках главного пользования широко используют малогабаритные лесные тракторы. Наиболее известны машины типа «железный конь» фирмы «Хуксварна», которые успешно эксплуатируют в Швеции, Японии, Польше, других странах [4, 7].

В настоящее время на ряде машиностроительных предприятий СНГ (ОТЗ, МТЗ и др.) обсуждают вопрос о производстве машин указанного типа. Для определения целесообразности их применения в различных условиях эксплуатации необходимо провести соответствующие научные исследования.

Основная задача минитрактора — формирование пачки лесоматериалов и доставка ее к технологическому коридору или погрузочной площадке. Оператор передвигается по пасеке и ведет за собой минитрактор, осуществляет валку помеченного дерева, производит его первичную обработку в зависимости от вида заготавливаемого сырья (дерева, хлысты, сортименты), загружает лесоматериалы на минитрактор при помощи навесного технологического оборудования или вручную [2, 4, 7] и переходит к следующему дереву. Операции продолжают до полной загрузки машины. Пачку затем подтрелевывают к технологическому коридору или погрузочной площадке.

Практически для всех технологических процессов с использованием минитехники ее работа связана с передвижением между деревьями. Для насаждения с пуассоновским законом распределения деревьев по площади лесосеки [1] расстояние перехода малогабаритного трелевочного трактора от дерева к дереву определяют по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{100}{\sqrt{Q i / (100q)} - 1} + \sqrt{2 \left( \frac{100}{\sqrt{Q i / (100q)} - 1} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $l_{\text{ср}}$  — среднее расстояние между вырубаемыми деревьями, м;  
 $Q$  — запас древостоя, м<sup>3</sup>/га;  
 $q$  — средний объем дерева, м<sup>3</sup>;  
 $i$  — интенсивность изреживания, %.

Эту формулу использовали также для определения влияния параметров насаждений и интенсивности изреживания на энергоемкость процессов формирования пачки и подтрелевки лесоматериалов.

Методика определения энергозатрат разработана в ЛТА. Согласно ей энергозатраты на выполнение технологической работы и движение оцениваются раздельно. Для более глубокого анализа процесса трелевки будем рассматривать транспортную работу отдельно от процессов загрузки и разгрузки древесины [3].

С помощью данной методики и формулы (1) получено уравнение для определения затрат энергии при равномерном изреживании древостоя:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \mathcal{E}_{\text{тех}} + \mathcal{E}_{\text{р. х}} + \mathcal{E}_{\text{х. х}} \quad (2)$$

Здесь  $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{тех}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{р. х}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{х. х}}$  — затраты энергии, кВт · ч/га, соответственно на выполнение транспортной, технологической работы, рабочий и холостой ход машины.

Значения этих затрат находят по формулам

$$\mathcal{E}_{\text{тех}} = C \frac{k_0 v_0}{\eta_{\text{тр}}} f_{\text{п}} g l_{\text{ср}} \frac{V_{\text{п}}}{q} 0,5 m_{\text{п}} \frac{Q i}{100 V_{\text{п}}}; \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{\text{р. х}} = C \frac{k_0 v_0}{\eta_{\text{тр}}} f_{\text{т}} g l_{\text{ср}} \frac{V_{\text{п}}}{q} m_{\text{т}} \frac{Q i}{100 V_{\text{п}}}; \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{\text{х. х}} = C \frac{k_0 v_0}{\eta_{\text{тр}}} f_{\text{т}} g l_{\text{х. х}} m_{\text{т}} \frac{Q i}{100 V_{\text{п}}}, \quad (5)$$

где  $C$  — переводной коэффициент, равный 1/3600;  
 $k_0$  — коэффициент увеличения пути движения машины по отношению к расчетному,  $k_0 = 1,05 \dots 1,20$ ;  
 $v_0$  — коэффициент увеличения затрат энергии за счет непроизводительных движений и трогания с места,  $v_0 = 1,1 \dots 1,3$ ;  
 $\eta_{\text{тр}}$  — кпд трансмиссии машины;  
 $f_{\text{п}}$  — коэффициент сопротивления движению пачки;  
 $V_{\text{п}}$  — объем трелеваемой пачки;  
 $q$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  
 $m_{\text{п}}$  — масса пачки, т;  
 $Q$  — запас насаждения, м<sup>3</sup>/га;  
 $i$  — интенсивность прореживания, %;  
 $f_{\text{т}}$  — коэффициент сопротивления движению трактора;  
 $m_{\text{т}}$  — масса трактора, т;  
 $l_{\text{х. х}}$  — среднее расстояние холостого хода, м.

После подстановок формула (2) принимает вид

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = C \frac{k_0 v_0}{\eta_{\text{тр}}} \frac{Q i}{100 V_{\text{п}}} g \left[ l_{\text{ср}} \frac{V_{\text{п}}}{q} (f_{\text{п}} \cdot 0,5 m_{\text{п}} + f_{\text{т}} m_{\text{т}}) + f_{\text{т}} l_{\text{х. х}} m_{\text{т}} \right]. \quad (6)$$

В уравнении (3) для определения затрат энергии на выполнение технологической работы использовали среднюю массу пачки, поскольку работа минитрактора представляет собой собирательный процесс, т. е. пакет наполняется постепенно в течение всего технологического цикла.

Выражение (6) использовали для теоретического исследования энергоемкости процесса подтрелевки для конкретных лесорастительных условий Республики Беларусь на основании нормативных материалов по таксации леса [6] и нового наставления по рубкам ухода [5].

Средний объем вырубаемых деревьев был принят равным среднему объему дерева в насаждении на момент прореживания, что обусловливается преобладанием комбинированного метода рубки, предусматривающего уход в нижнем и верхнем ярусах [5].

Согласно нормативным материалам по таксации леса и новому наставлению по рубкам ухода для региона Республики Беларусь полнота древостоев, подлежащих прореживанию, изменяется от 0,8 до 0,9, максимально допустимая полнота после прореживания 0,7, что фактически ограничивает интенсивность рубки. Так, для сложных сосновых насаждений интенсивность может меняться от 12 до 26 %, для сложных еловых насаждений от 12 до 22 %. Рекомендуемая повторяемость рубок 10...20 лет.

На рис. 1 представлен график зависимости энергозатрат  $\mathcal{E}_p$  от возраста древостоя  $A$  и интенсивности прореживания  $i$  для сложных еловых и сосновых насаждений. Как видим, при повышении возраста прореживания от 20 до 30 лет они уменьшаются в среднем на 40...45 %, от 30 до 70 лет — всего на 10 %. Наибольшие затраты энергии наблюдаются при изреживании 20-летних насаждений, что объясняется большой густотой насаждений в этом возрасте и малым объемом заготавливаемых деревьев. При увеличении интенсивности прореживания отмечается равномерное возрастание энергозатрат. На графике обозначена также зона допустимой интенсивности прореживания.

Рис. 1. Изменение энергозатрат на транспортную работу в зависимости от возраста древостоя и интенсивности прореживания

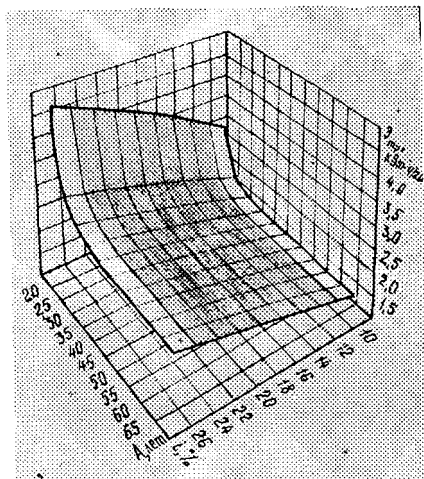
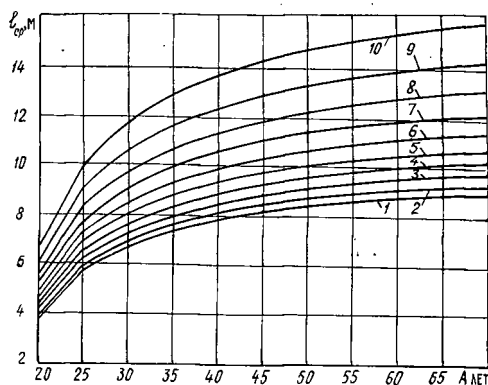


Рис. 2. Изменение среднего расстояния между вырубемыми деревьями в зависимости от возраста древостоя и интенсивности прореживания: 1—10 — соответственно 28, 26, 24, 22, 20, 18, 16, 14, 12 и 10 %



При моделировании исследуемого процесса предполагали, что оператор подходит к каждому из прореживаемых деревьев. Однако при прореживаниях 20-летних древостоев можно обрабатывать несколько