

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*32.002.5

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

Белорусский государственный технологический университет

Жуков Анатолий Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Белорусский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета, заведующий научно-исследовательской лабораторией механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет более 320 печатных работ в области лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем.



Федоренчик Александр Семенович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок, проректор по учебной работе Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 80 печатных работ по вопросам технологии и оборудования лесозаготовок главного и промежуточного пользования, комплексного использования биомассы дерева, механизации и автоматизации лесоскладских работ.



Жорин Андрей Васильевич родился в 1970 г., окончил в 1993 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет 2 печатные работы в области технологии и оборудования для заготовки древесины.



### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА НА ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Изложены результаты производственных испытаний опытного образца колесного трелевочного трактора.

Получены уравнения регрессии, описывающие его работу. Проведен сравнительный анализ энергоемкости процесса трелевки и производительности машины.

The results of testing the experimental model of wheeled skidder are presented. The regression equations are obtained, describing its operation. The comparative study of energy intensivity of skidding and skidder's productivity is carried out.

В настоящее время Республика Беларусь развивает собственное лесное машиностроение. В П/О Гомельдрев проводились производственные испытания опытного образца трелевочного трактора ТТР-401, конструкция которого разработана на Минском тракторном заводе с участием Белорусского государственного технического университета. Базовой моделью служил сельскохозяйственный трактор МТЗ-82М, оборудованный трелевочным приспособлением, отвалом и специальными ограждениями. Цель испытаний — изучить работоспособность конструкции, оценить энергоемкость процесса трелевки и производительность машины по сравнению с ТДТ-55.

Применительно к цели испытаний входной величиной исследуемой модели был выбран один фактор — объем трелеваемой пачки, который изменялся в диапазоне 0,15...2,20 м<sup>3</sup> и ограничивался грузоподъемностью трактора.

Испытания проводили на сплошных и выборочных рубках. Вид заготавливаемого сырья — хлысты. Валку и обрезку сучьев у пня выполняли бензиномоторной пилой. Вначале посередине пасеки разрабатывали пасечные волокни шириной 5 м, затем поочередно полупасеки, ширина пасеки 20...25 м. Деревья валили под углом 45...60° к трелевочному волоку с расчетом трелевки комлями вперед. Трелевочный волок укрепляли сучьями. Пачки формировали трактором непосредственно на волоке и трелевали только по волоку.

Состав древостоя на опытных лесосеках 6С2Д2Б, средний объем хлыста 0,23 м<sup>3</sup>, среднее расстояние трелевки 150, 250, 350 м.

Очередность операций следующая: трелевочная машина разворачивается на волоке, щит опускается на землю; тракторист выходит из трактора, разматывает трос и чокерует хлысты; управляя приводом лебедки из кабины, он подтаскивает хлысты до упора в щит; затем он поднимает щит и начинает движение трактора с хлыстами в полупогруженном положении на погрузочную площадку; там пачка сбрасывается, при необходимости производится штабелевка и выравнивание хлыстов.

При проведении наблюдений регистрировали затраты времени по элементам рабочего цикла работы машины, рейсовую нагрузку  $q$ , м<sup>3</sup>, расстояние транспортировки древесины  $l$ , м. Замеры проводили в течение трех контрольных рабочих смен общей продолжительностью 18 ч. Для каждого расстояния трелевки выполнено не менее 30 наблюдений.

По результатам замеров получены эмпирические зависимости скорости движения трактора с грузом  $v_{p,x}$ , м/с, и затрат времени на чокеровку  $t_4$  от рейсовой нагрузки:

$$v_{p,x} = 1,527 - 0,142 q, \quad r = -0,78; \quad (1)$$

$$t_4 = 69,37 + 60,88 q, \quad r = 0,89, \quad (2)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции.

Установлено, что эти операции оказывают наибольшее влияние на время рабочего цикла данной машины.

С использованием выражений (1), (2) получена формула для определения часовой производительности  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$\Pi = \frac{3600kq}{104,1 + 91,32q + L(1/(1,53 - 0,142q) + 1/(1,99 - 0,19q))}, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент использования рабочего времени (0,6...0,8);

$L$  – расстояние трелевки, м;

$q_r$  – грузоподъемность трелевочного трактора, м<sup>3</sup>.

Лесосечные работы, в том числе и операция трелевки, характеризуются большим разнообразием факторов, многие из которых являются неуправляемыми или трудно управляемыми. Регрессионные модели, используемые для описания производственных процессов такого типа, не отличаются достаточной полнотой, что объясняется особенностями метода регрессионного анализа в применении к многофакторному пассивному эксперименту [2].

Информационную содержательность уравнений регрессии оценивали  $F_u$  - отношением:

$$F_u = S_c^2 / S_{ост}^2, \quad (4)$$

где  $S_c^2$  – дисперсия относительно среднего значения отклика;

$S_{ост}^2$  – остаточная дисперсия.

Использование функции  $F_u$  объясняется отсутствием дублированных опытов, что является естественным следствием пассивности эксперимента. Эмпирическая зависимость считается эффективной, если  $F_u > 3$  [2]. Для выражения (1) получено  $F_u = 3,18$ , для выражения (2)  $F_u = 3,45$ .

Параллельно с испытаниями опытного образца в тех же природно-производственных условиях проводилась заготовка древесины с использованием трактора ТДТ-55. В таблице представлены затраты времени на грузовой и холостой ход, загрузку и отцепку пачки, часовая производительность и стоимость трелевки 1 м<sup>3</sup> при средней рейсовой нагрузке для ТТР-401 и ТДТ-55 соответственно 1,20 и 2,87 м<sup>3</sup>.

Как видим, удельные затраты времени на загрузку и разгрузку с использованием на трелевке ТТР-401 примерно в 2 раза меньше, чем для ТДТ-55. Удельные затраты времени на пробег с увеличением расстояния трелевки изменяются неравномерно, для ТДТ-55 они

Показатели	Расстояние трелевки, м	Значения показателей	
		ТТР-401	ТДТ-55
Затраты времени на загрузку и разгрузку, мин/м <sup>3</sup>	-	3,0...3,2	6,6...6,8
Затраты времени на передвижение, мин/м <sup>3</sup>	150	2,96	3,2
	250	5,06	5,5
	350	6,49	7,6
Часовая производительность, м <sup>3</sup>	150	6,06	9,94
	250	4,92	7,31
	350	4,20	6,24
Стоимость трелевки 1 м <sup>3</sup> , \$	150	0,68	0,79
	250	0,84	1,08
	350	0,97	1,26

возрастают более интенсивно. Так, с увеличением расстояния трелевки от 150 до 250 м затраты для ТТР-401 повышаются в 1,71, для ТДТ-55 в 1,72 раза, от 250 до 350 м – соответственно в 1,27 и 1,38 раза.

К критериям оценки эффективности работы машины в конкретных природно-производственных условиях относятся затраты энергии  $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ , кВт · ч/га, отнесенные к 1 га, и удельные затраты энергии на выполнение транспортной работы  $g_{\text{тр}}$ , кВт · ч/(м<sup>3</sup> · км).

Выражения для затрат энергии могут использоваться для сравнительного анализа машин, определения влияния различных факторов на рабочий процесс [1].

Суммарные затраты энергии на выполнение транспортной и технологической работы находим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = c g k_0 v_0 (l_{\text{ср}} (\psi_{\text{п}} + 2a_3 \psi_{\text{м}}) + (m_{\text{м}} \psi_{\text{м}} l_{\text{ш}} k_{\text{ш}} + m_{\text{п}} \psi_{\text{п}} l_{\text{пер}})) n_{\text{п}} / \eta_{\text{тр}}, \quad (5)$$

где  $c$  – коэффициент (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,  $v_0 = 1,1 \dots 1,3$ ;

$l_{\text{ср}}$  – расстояние трелевки, м;

$\psi_{\text{п}}$  – коэффициент сопротивления движению пачки;

$\psi_{\text{м}}$  – коэффициент сопротивления движению машины;

$m_{\text{м}}, m_{\text{п}}$  – соответственно масса трактора и пачки, т;

$a_3 = m_{\text{м}} / m_{\text{п}}$ ;

$l_{\text{ш}}$  – расстояние передвижения трактора при штабелевке, м;

$k_{\text{ш}}$  – коэффициент, учитывающий средний объем хлыста,  $k_{\text{ш}} = 1,05 \dots 1,20$ ;

$l_{\text{пер}}$  – среднее расстояние подтаскивания древесины при формировании пачки и загрузке, м;

$n_{\text{п}}$  – число пачек на 1 га площади лесосеки;

$\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии машины.

При расчете энергоемкости основной составляющей являются затраты на передвижение. Используя выражение (5) и данные экспериментальных исследований, установим удельные затраты энергии на выполнение транспортной работы тракторами ТТР-401 и ТДТ-55 (запас 230 м<sup>3</sup> на 1 га, средний объем хлыста 0,23 м<sup>3</sup>, среднее значение рейсовой нагрузки соответственно 1,20 и 2,87 м<sup>3</sup>).

Формула для определения удельных затрат имеет вид

$$g_{\text{тр}} = 10^3 c g m_1 k_0 v_0 (\psi_n + 2 a_{3\psi_m}) / \eta_{\text{тр}}, \quad (6)$$

где  $m_1$  – масса 1 м<sup>3</sup> леса с учетом наличия коры и крон, т.

Затраты энергии соответственно составляют 4,12 и 6,24 кВт·ч/(м<sup>3</sup>·км).

В результате производственных испытаний установлено, что при среднем объеме хлыста в насаждении 0,22...0,25 м<sup>3</sup>, грунтовых условиях I типа местности и отсутствии глубокого снега эффективнее использовать колесный трелевочный трактор на базе МТЗ. При этом удельная энергоемкость процесса снижается в 1,2...1,5 раза, стоимость проведения работ на 14...23 %. С увеличением расстояния трелевки эффективность использования ТТР-401 возрастает, значительно меньше повреждаются напочвенный покров и подрост. Машина может быть использована на небольших разрозненных лесосеках.

В ходе испытаний были выявлены конструктивные недостатки технологического оборудования: отсутствие тормоза инерционного вращения барабана, недостаточная прочность несущей конструкции трелевочного приспособления. В настоящее время ведется доработка конструкции с учетом результатов испытаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. для вузов - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 392 с. [2]. Пижурин А.А., Роземблит М.С. Исследования процессов деревообработки. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 232 с.

Поступила 29 марта 1996 г.